

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ORGANIZAÇÕES E MERCADOS



Dissertação

Ensaaios Sobre Capital Humano e Inovação

Silvio da Rosa Paula

Pelotas

2019

SILVIO DA ROSA PAULA

Ensaaios Sobre Capital Humano e Inovação

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados da Universidade Federal de Pelotas como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Daniel de Abreu Pereira Uhr

Pelotas

2019

SILVIO DA ROSA PAULA

Ensaaios Sobre Capital Humano e Inovação

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados da Universidade Federal de Pelotas como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia Aplicada.

Aprovado pela Banca Examinadora em:

BANCA EXAMINADORA:

Professor Doutor Daniel de Abreu Pereira Uhr (PPGOM/UFPEL)

Professor Doutor Rodrigo Nobre Fernandez (PPGOM/UFPEL)

Professora Doutora Mariana Fialho Ferreira (UFES)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, meu agradecimento especial é para Dianifer Leal Borges, por todo amor, carinho e apoio nesta árdua jornada que trilhamos juntos.

Ao meu orientador de graduação e mestrado, Daniel de Abreu Pereira Uhr, pela atenção, dedicação e paciência na orientação desse trabalho.

Aos professores Mariana Fialho Ferreira, Marcelo de Oliveira Passos e Julia Gallego Ziero Uhr e pela ajuda imprescindível.

Aos meu pais que sempre me apoiaram e motivaram ao longo deste caminho.

Ademais, agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados que contribuíram para minha formação e aprendizado.

“Mais importante que as riquezas naturais são as riquezas artificiais da educação e tecnologia.”

Roberto Campos

RESUMO

Este estudo tem como objetivos avaliar os aspectos relacionadas ao capital humano, inovação e crescimento econômico no Brasil. Para tal são elaborados dois ensaios. O primeiro ensaio testa o efeito do capital humano sobre o crescimento econômico das unidades federativas do Brasil através dos canais de “acumulação de fatores” e canal de “produtividade total dos fatores” derivados dos modelos de Solow (1956) aumentado e Nelson e Phelps (1966) respectivamente, para o período de 1996 a 2015. O segundo ensaio tem como objetivo testar a hipótese de que a inovação influencia o crescimento econômico dos 26 estados do Brasil mais o Distrito Federal para o período de 2000 a 2015. A análise empírica de ambos ensaios é conduzida pela técnica de painel dinâmico, *Two-Step System-GMM* (Arellano e Bover, 1995; Blundell e Bond, 1998) com correção dos erros padrão para amostra finita de Windmeijer (2005). Os resultados encontrados indicam que tanto o capital humano quanto a inovação medida por patentes contribuem positivamente para o crescimento econômico de curto e longo prazo das unidades federativas do Brasil. A contribuição do estudo para a literatura de capital humano e inovação no Brasil, recai sobre as novas *proxies* para capital humano e métodos de estimação que geram menor viés, bem como maior robustez. Ademais, os resultados encontrados, pode servir como instrumento para orientar os formuladores de políticas públicas, que tenham objetivo de fomentar o crescimento econômico por meio do capital humano e inovação no Brasil.

Palavras-chave: Capital humano; Inovação; crescimento econômico; patentes; método dos momentos generalizados (*GMM*); modelos dinâmicos de dados em painel.

Classificação do C23; C33; E24; O31; O32; O47

ABSTRACT

This study aims to evaluate the aspects related to human capital, innovation and economic growth in Brazil. Two essays are elaborated. The first essay tests the effect of human capital on the economic growth of the federative units of Brazil through the channels of "accumulation of factors" and channel of "total productivity of factors" derived from the Solow (1956) models increased and Nelson and Phelps (1966) respectively, for the period from 1996 to 2015. The second essay aims to test the hypothesis that innovation influences the economic growth of the 26 states of Brazil plus the Federal district for the period from 2000 to 2015. The empirical analysis of both assays is conducted by the dynamic panel technique, Two-Step System-GMM (Arellano and Bover, 1995; Blundell and Bond, 1998) with correction of standard errors for finite sample of Windmeijer (2005). The results indicate that both the human capital and the innovation measured by patents contribute positively to the economic growth of the short and long term of the federative units of Brazil. The study's contribution to the literature of human capital and innovation in Brazil rests on the new proxies for human capital and estimation methods that generate less bias, as well as greater robustness. Moreover, the results found, can serve as an instrument to guide the formulators of public policies, which have the goal of fostering economic growth through human capital and innovation in Brazil.

Keywords: *Human capital; Innovation; economic growth; patents; generalized moments method (GMM); dynamic panel data models.*

JEL Classification: C23; C33; E24; O31; O32; O47

LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS

Gráfico 1: Depósitos de pedidos de patentes de invenção por milhão de habitantes	42
Gráfico 2: Concessões de patentes de invenção por milhão de habitantes.....	43
Gráfico 3: pedidos de patentes de modelos de utilidade por milhão de habitantes	43
Gráfico 5: Dispêndios em P&D por milhão de habitantes e PIB em valores constantes de 2010.	45
Tabela 1: Descrição das variáveis.	16
Tabela 2: Estatísticas descritivas.	16
Tabela 3: Resultados Two-Step System-GMM com PCA.	19
Tabela 4: Efeitos de longo prazo	21
Tabela 5: Resultados do Two-Step System-GMM com laglimits e collapse.	23
Tabela 6: Resultados do Two-Step System-GMM com laglimits.....	24
Tabela 7: Resultados do Two-Step System-GMM com collapse.....	25
Tabela 8: Tabela resumo de estudos empíricos sobre inovação e crescimento econômico. ...	38
Tabela 9: Descrição das variáveis utilizadas.	50
Tabela 10: Estatísticas Descritivas.	50
Tabela 11: Matriz de correlação das variáveis.	51
Tabela 12: Resultados Two-Step System-GMM para depósito de pedidos de patentes de invenção.....	54
Tabela 13: Efeitos de longo prazo para Two-step System-GMM.....	55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. CANAIS DE CRESCIMENTO ECONÔMICO A PARTIR DO CAPITAL HUMANO: UMA ANÁLISE EM PAINEL DINÂMICO PARA O BRASIL.....	3
2.1. INTRODUÇÃO	4
2.2 REFERENCIAL TEÓRICO	6
2.3. ESTRATÉGIA DE IDENTIFICAÇÃO	10
2.3.1. Método	10
2.3.2. Dados	13
2.4. RESULTADOS	17
2.5. ANÁLISE DE ROBUSTEZ	22
2.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS	28
3. INOVAÇÃO E CRESCIMENTO ECONÔMICO: UMA ANÁLISE EM PAINEL DINÂMICO PARA O BRASIL.....	33
3.2 REVISÃO DE LITERATURA	35
3.3 MOTIVAÇÃO	40
3.3.1 Patentes, conceitos e definições.....	40
3.3.2 Modelo Teórico.....	45
3.4 ESTRATÉGIA DE IDENTIFICAÇÃO	47
3.4.1 Método	47
3.4.2 Dados	48
3.5 RESULTADOS	51
3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	56
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
REFERÊNCIAS	63

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos houve avanços importantes na literatura sobre crescimento econômico, capital humano e inovação. Estudos recentes buscam contornar as principais limitações quanto as *proxies* e buscando métodos de estimação mais adequados. No contexto internacional são numerosos os estudos que encontram uma relação positiva e significativa entre capital humano e crescimento econômico. Dentre os principais estudos podemos citar Romer (1990)a; Barro (1991); Kyriacou (1991); Benhabib e Spiegel (1992) e (1994); Barro e Lee (1993); Mulligan & Sala-i-Martin (1994) e (1995).

No que concerne à inovação, os estudos de Schumpeter lançaram luz ao debate acerca da importância do progresso tecnológico para o desenvolvimento econômico. Contudo somente a partir das contribuições Romer (1990) e Lucas (1988) que consolidam a ideia de que o progresso técnico é impulsionado tanto pelo capital humano quanto pela pesquisa e desenvolvimento que o pensamento de Schumpeter foi resgatado, emergindo assim ao debate a importância da inovação para o crescimento econômico. Nessa perspectiva diversos estudos corroboram a importância da inovação para o crescimento econômico das nações, dentre os estudos mais recentes podemos destacar Cândido (2010); Josheski e Koteski (2011); Guzmán Chávez, *et al.* (2012); bolívar e Arreola (2012); Galindo Martín *et al.* (2012); Maria Pece *et al.* (2015); Brima Sesay *et al.* (2018).

Diante dessas considerações, esta dissertação busca avaliar a importância do capital humano bem como da inovação para o crescimento econômico das unidades federativas do Brasil. O primeiro ensaio investiga efeito do capital humano sobre o crescimento econômico brasileiro através de dois canais para o período de 1996 a 2015. O primeiro canal é derivado do modelo de crescimento semelhante ao proposto Mankiw, Romer e Weil (1992), o qual descreve o “*Canal da Acumulação dos Fatores*”, onde o capital humano é considerado como fator de produção, de maneira que seu estoque produz efeitos sobre o crescimento do produto per capita. O segundo canal é derivado do modelo proposto por Nelson e Phelps (1966), o qual descreve o canal da “*Produtividade Total dos Fatores*” onde a fonte do crescimento é advinda da difusão tecnológica, que por sua vez é aprimorada pela educação. O segundo ensaio, tem o objetivo testar a hipótese que a inovação influencia o crescimento econômico das unidades federativas do Brasil para o período de 2000 a 2015.

A análise empírica de ambos ensaios é conduzida pela técnica de painel dinâmico, *Two-Step System-GMM* (Arellano e Bover, 1995; Blundell e Bond, 1998) com correção dos erros padrão para amostra finita de Windmeijer (2005). Além do mais, inovamos com a utilização da técnica de (*Principal Components Analysis - PCA*) para controlar os potenciais problemas de proliferação de instrumentos, comparando os resultados encontrados do *PCA* com os métodos tradicionais de controle *laglimits* e *collapse*. A técnica *PCA* de restrições dos instrumentos, minimiza a perda informacional e produz um conjunto menor de instrumentos, além de reduzir a arbitrariedade do pesquisador pois é uma técnica estatisticamente fundamentada e orientada por dados (MEHRHOFF, 2009; KAPETANIOS E MARCELLINO 2010; NG E BAI, 2010).

Em suma, esta dissertação, contribui para literatura de capital humano e inovação para o Brasil na medida em que propõe métodos mais eficientes de estimação, bem como novas *proxies* para o estoque de capital humano relacionadas a retornos educação formal, experiência e treinamento no local de trabalho, que não são afetadas pelas principais deficiências das medidas documentadas pela literatura, tais como as relacionadas às taxas de evasão escolar, à repetência e aos aspectos de produtividade da mão de obra (BARRO e LEE, 1993; MULLIGAN e SALA-I-MARTIN, 1995). Ademais, propomos uma nova *proxy* para o estoque de capital físico para unidades federativas do Brasil. No que concerne ao debate sobre inovação, é avaliado o impacto da inovação medida pelas patentes de invenção e modelos de utilidade produzida pelos residentes no crescimento econômico das unidades federativas.

Os principais resultados encontrados mostraram que o capital humano afeta o crescimento econômico por ambos canais de forma individual. No entanto, quanto considera-se as medidas de capital humano em níveis básico (ensino fundamental e médio) e avançado (ensino superior), este afeta o crescimento econômico somente via “*canal de acumulação dos fatores*”. No que tange às magnitudes dos coeficientes estimados, destacaram-se aquelas relacionadas ao capital humano em nível básico, que apresentam um impacto superior ao capital humano avançado. Com relação a inovação, os resultados encontrados indicam que tanto os depósitos de pedidos de patentes de invenção e modelos de utilidade, quanto, as concessões de ambos contribuem positivamente para o crescimento econômico das unidades federativas. Contudo, as medidas de concessões de patentes apresentam magnitudes superiores aos depósitos de pedidos de patentes.

2. CANAIS DE CRESCIMENTO ECONÔMICO A PARTIR DO CAPITAL HUMANO: UMA ANÁLISE EM PAINEL DINÂMICO PARA O BRASIL

Resumo

O objetivo deste artigo é testar o efeito do capital humano sobre o crescimento econômico brasileiro através dos canais de “acumulação de fatores” e canal de “produtividade total dos fatores” derivados dos modelos de Solow (1956) aumentado e Nelson e Phelps (1966) respectivamente. Propomos novas medidas de capital humano baseadas nos salários dos concluintes do ensino básico e avançado. Utilizamos dados para as unidades federativas do Brasil, para o período de 1996 a 2015. Na análise empírica utilizamos o método *Two-Step System GMM* (Arellano e Bover, 1995; Blundell e Bond, 1998), com a correção dos erros padrão para amostra finita de Windmeijer (2005), e análise dos componentes principais (*Principal Components Analysis - PCA*) para controle da proliferação dos instrumentos (Mehrhoff, 2009; Kapetanios e Marcellino 2010; Ng e Bai, 2010). Os resultados mostram que tanto a medida de capital humano agregado quanto as medidas de capital humano desagregado em básico e avançado impactam positivamente o crescimento econômico por ambos canais. Sendo que o maior efeito ocorre pelo “canal de acumulação dos fatores”.

Palavras-chave: Capital humano; crescimento econômico; método dos momentos generalizados (*GMM*); modelos dinâmicos de dados em painel.

Abstract

The objective of this article is to test the effect of human capital on Brazilian economic growth through the channels of factor accumulation and the "total factor productivity" channel derived from the models of Solow (1956), Nelson, and Phelps (1966) respectively. We propose new measures of human capital based on the salaries of the graduates of basic education and advanced. In the empirical analysis we used the Two-Step System GMM method (Arellano and Bover, 1995; Blundell and Bond, 1998), with the correction of the standard errors for the sample (2005), and Principal Component Analysis (PCA) for controlling the proliferation of instruments (Mehrhoff, 2009; Kapetanios and Marcellino 2010; Ng and Bai, 2010). The results show that both the aggregate human capital measure and the disaggregated human capital measures in basic and advanced have a positive impact on economic growth by both channels. The greatest effect is due to the "factor accumulation channel".

Keywords: Human capital; economic growth; GMM model; dynamic panel data.

JEL: E24; O47; C23; C33

2.1. INTRODUÇÃO

Os modelos teóricos de crescimento econômico destacaram a importância do capital humano a partir da perspectiva de obtenção de educação (NELSON e PHELPS, 1966; LUCAS, 1988; BECKER et al, 1990; MULLIGAN e SALA-I-MARTIN, 1993). Barro e Lee (2013) encontram efeito positivo e significativo da escolaridade dos trabalhadores, medida em total de anos de estudo, sobre o nível de produção dos países. Entretanto, como existem limitações na disponibilidade de medidas de educação para os diferentes países e regiões, diversas *proxies* são utilizadas pela literatura para a identificação do efeito do capital humano sobre o crescimento econômico (ROMER, 1990a; BARRO, 1991; KYRIACOU, 1991; BENHABIB e SPIEGEL, 1992, 1994; BARRO e LEE, 1993). Alguns exemplos destas *proxies* são anos de estudos na educação básica e avançada, dispêndios com educação total e por níveis de educação, taxas de matrículas, entre outras (PELINESCU, 2015; KOLAWOLE et al, 2018; LI e WANG, 2016; KAZMI et al, 2017).

Os estudos acerca da importância do papel do capital humano para o processo de crescimento econômico no Brasil têm avançado nos últimos anos. Diversas contribuições, tentam vencer as limitações quanto a mensuração do capital humano, considerando diferentes *proxies* para avaliar a importância do capital humano no crescimento. Por exemplo, De Lucas e Dias (2016) propuseram uma forma de estimar o estoque de capital humano e capital físico público e privado baseando as estimativas em Garafolo e Yamarik (2002) e Mincer (1974) para Brasil. Já Irffi et al (2016), considerando o estoque de indivíduos com ensino fundamental e médio concluídos como medida para o capital humano, investigam se o capital humano e a abertura comercial brasileira tiveram participação no crescimento econômico nos municípios cearenses. O trabalho de Guimarães et al (2017) investiga a evolução dos fatores totais de produtividade, levando em consideração a evolução do número de concluintes no ensino superior para o Brasil no período de 1971 a 2011.

Além disso, diversos são os métodos utilizados pela literatura para identificar o efeito do capital humano sobre o desempenho econômico. As análises empíricas consideram desde métodos de séries temporais com vetores auto-regressivos, vetores de correção de erros (DA SILVA SALGUEIRO et al, 2011; GUIMARÃES et al, 2017; KAZMI et al, 2017,), mínimos quadrados ordinários (F ROCHA, AC GIUBERTI 2005, MOREIRA, 2014; AZAMBUJA, 2014; CUNHA e STEPHANO, 2016; FULLY e TEIXEIRA, 2016; JAMEEL, ET AL ,2016), dados em painel (SILVA SALGUEIRO et al, 2011; BARRO e LEE, 2013; PELINESCU, 2015), econometria espacial (DALGUEIRO, et al 2012; FIRME e SIMAO, 2014; GAMA 2014), até mesmo painéis dinâmicos (CANGUSSU e NAKABASHI, 2010; FRAGA

GILBERTO 2011; CASTELLÓ-CLIMENT, 2013; SILVA e SUMARTO, 2014; BAYRAKTAR-SAGLAM e BAHAR, 2016; LI e WANG, 2016; IRFFI et al, 2016; DE LUCAS e DIAS, 2016; TEIXEIRA e QUEIRÓS, 2016; KOLAWOLE et al, 2018).

O objetivo deste artigo é examinar por quais canais o capital humano agregado e desagregado a nível básico e avançado afetam o crescimento econômico dos 26 estados Brasileiros mais o Distrito Federal. Ou seja, testaremos duas hipóteses: (i) se o capital humano em termos agregados afeta o crescimento através do “canal de acumulação dos fatores” ou através do “canal da produtividade”, ou ainda, se afetam o crescimento por ambos canais simultaneamente; e (ii) se o capital humano desagregados a nível básico e avançado afetam o crescimento através do “canal acumulação dos fatores” ou através do “canal da produtividade”, ou ainda, se afetam por ambos canais simultaneamente.

Este estudo contribui para a literatura de crescimento econômico e capital humano no Brasil, não só pela mensuração do efeito do capital humano pelos canais de acumulação de fatores, e canal de produtividade, mas, também, porque consideramos uma nova medida de capital humano representada pelo salário baseado na educação dos concluintes dos diferentes níveis educacionais para o Brasil, até onde sabemos nenhum outro trabalho utilizou essa variável para estes propósitos. Esta medida destaca-se das demais porque contorna as principais dificuldades encontradas pelas *proxies* de capital humano frequentemente utilizadas, ou seja, uma medida que represente o estoque de ao invés dos fluxos de acumulação de capital humano, e, além disso, que não desconsidere os problemas de evasão escolar, repetência e dos aspectos de produtividade da mão de obra, relacionados com retornos educação formal, experiência e treinamento no local de trabalho. Outra contribuição importante deste artigo recai sobre a análise econométrica. Isto é, o artigo inova ao utilizar o método *Two-Step System GMM* (Arellano e Bover, 1995; Blundell e Bond, 1998), com a correção dos erros padrão para amostra finita de Windmeijer (2005), e a análise dos componentes principais (*Principal Components Analysis - PCA*) para controle da proliferação dos instrumentos (MEHRHOFF, 2009; KAPETANIOS E MARCELLINO 2010; NG E BAI, 2010).

A dissertação está organizada da seguinte forma. A seção 2.2 apresenta o referencial teórico. A Seção 2.3 discute a estratégia de identificação, onde apresentamos o método e descrevemos os dados. Na seção 2.4 apresentamos os resultados das estimativas. A seção 2.5 apresenta a análise de robustez dos resultados encontrados na Seção 2.4. E, por fim, as observações finais são elencadas na seção 2.6.

2.2 REFERENCIAL TEÓRICO¹

Considere o seguinte modelo de crescimento de Solow aumentado com capital humano², semelhante aos propostos por Lucas (1988) e Mankiw, Romer e Weil (1992), com função de produção agregada no instante t dada por

$$Y_t = A_t K_t^\alpha H_t^\beta L_t^\gamma, \quad (1)$$

onde Y é o produto, A é o nível tecnológico, K é o capital físico, H é o capital humano e L é o trabalho e $\alpha + \beta + \gamma < 1$. Assume-se que o trabalho cresce à taxa de crescimento populacional n e que a tecnologia cresce exogenamente à taxa g :

$$L(t) = L(0)e^{nt}, \quad (2)$$

$$A(t) = A(0)e^{gt} \quad (3)$$

Denotando o produto per capita por $y_{it} \equiv \frac{Y_{it}}{L_{it}}$, o capital físico per capita por $k_{it} \equiv \frac{K_{it}}{L_{it}}$ e o capital humano per capita por $h_{it} \equiv \frac{H_{it}}{L_{it}}$, onde i denota o indivíduo analisado, a função de produção pode ser reescrita em termos per capita de acordo com

$$y_{it} = A_{it} k_{it}^\alpha h_{it}^\beta L_{it}^{\gamma+\alpha+\beta-1} \quad (4)$$

no mais, aplicando o logaritmo em ambos os lados da equação (4), obtém-se

$$\ln(y_{it}) = \ln(A_{it}) + \alpha \ln(k_{it}) + \beta \ln(h_{it}) + (\gamma + \alpha + \beta - 1) \ln(L_{it}), \quad (5)$$

Considerando (2) e (3), a equação de regressão para a contabilidade do crescimento pode ser expressa da seguinte forma:

$$\ln y_{it} = \theta_1 g_{it} + \theta_2 \ln(k_{it}) + \theta_3 \ln(h_{it}) + \theta_4 n_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (6)$$

A equação (6) descreve a primeira especificação a ser estimada. Onde g_{it} representa a taxa de progresso tecnológico exógena para a unidade i , e por hipótese considera-se constante, n_{it} representa a taxa de crescimento populacional da unidade i no instante t e $\varepsilon_{it} \sim iid(0, \sigma_\varepsilon^2)$, $i = 1, 2, \dots, N$, e $t = 1, 2, \dots, T$.

¹ Esta seção está baseada em Romer e Chow (1996).

² Esta seção segue as especificações do modelo utilizado por Li e Wang (2016).

Isto é, a equação (6) descreve o canal da *acumulação dos fatores*, uma vez que considera o capital humano como um fator de produção, de maneira que o estoque de capital humano produz efeitos sobre o crescimento do produto per capita.

Por sua vez, o canal de *produtividade total dos fatores* pode ser obtido a partir da abordagem proposta por Nelson & Phelps (1966), a qual sustenta que o tratamento reservado ao capital humano simplesmente como um fator de produção adicional representa uma má especificação da relação entre esta variável e o crescimento econômico. Segundo os autores, maiores níveis de capital humano são capazes de aumentar a habilidade que uma economia possui para inovar e/ou se adaptar a novas tecnologias. Isso equivale a dizer que níveis mais elevados de capital humano influenciam positivamente a taxa de progresso tecnológico.

De acordo com o modelo proposto, a principal fonte do crescimento é a difusão tecnológica que, por sua vez, é aprimorada pela educação, facilitando o processo de adoção e implementação de novas tecnologias. A taxa de crescimento do progresso tecnológico é, portanto, função crescente do capital humano per capita, h_{it} , e do gap entre o nível tecnológico sustentado pela teoria (ou fronteira tecnológica), T_{it} , e o nível de fato observado, A_{it} , dado pela razão $(T_{it} - A_{it})/A_{it}$, isto é:

$$g(h_{it}) = \Phi(h_{it}) \left[\frac{T_{it} - A_{it}}{A_{it}} \right], \quad \Phi(0) = 0, \quad \Phi'(\cdot) > 0 \quad (7)$$

Onde $g(h_{it})$ é a taxa de crescimento da tecnologia na unidade da federação i no instante t . Note que, a partir das modificações introduzidas, a taxa de progresso tecnológico passa a ser endógena, uma vez que depende do estoque de capital humano da economia. A função de produção deve refletir essas alterações³ e, de acordo com uma equação análoga à (6), a taxa de crescimento do produto per capita, além de ser afetada pela taxa de acumulação de capital humano, $\ln(h_{it})$, passa também a sofrer influência do nível desta variável, por meio do termo g_{it} , dando origem a uma equação de regressão alternativa para a contabilidade do crescimento, que leva em consideração tanto o canal de *acumulação dos fatores* quanto o de *produtividade total dos fatores*:

$$\ln y_{it} = \varphi_1 g(h_{it}) + \varphi_2 \ln(k_{it}) + \varphi_3 \ln(h_{it}) + \varphi_4 n_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (8)$$

A equação (8) mostra, portanto, de que forma a taxa de crescimento é afetada tanto pelo nível do capital humano per capita quanto pela taxa de crescimento desta variável, uma vez que

³ Assume-se $A_t = A(h_t)$ e, portanto, $Y_t = A(h_t)K_t^\alpha H_t^\beta L_t^\gamma$,

ambos os canais - de *acumulação dos fatores* e de *produtividade total dos fatores* – estão atuando simultaneamente sobre o crescimento.

Como, de acordo com (7), a taxa de progresso tecnológico é função crescente do estoque de capital humano per capita, pode-se reescrever (8) de maneira a explicitar essa relação, onde a taxa de crescimento da tecnologia é calculada pela taxa de acumulação do capital humano, txh_{it} :

$$\ln y_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 txh_{it} + \varphi_2 \ln(k_{it}) + \varphi_3 \ln(h_{it}) + \varphi_4 n_{it} + \varepsilon_{it} , \quad (9)$$

Se, por outro lado, admitir-se que o estoque de capital humano afeta o produto *apenas* por meio do canal da *produtividade total dos fatores*, isto é, por meio do termo de produtividade $A(h_t)$, deixando de considera-lo um fator de produção adicional, a função de produção agregada novamente deve ser modificada de maneira a refletir esta nova hipótese:

$$Y_t = A(h_t) K_t^\alpha L_t^\gamma , \quad (10)$$

Procedendo de maneira análoga visando à obtenção de uma terceira especificação para a equação de regressão, a função de produção (10) pode ser reescrita em termos per capita,

$$y_{it} = A(h_{it}) k_{it}^\alpha L_{it}^{\gamma+\alpha-1} , \quad (11)$$

a partir da qual obtém-se

$$\ln(y_{it}) = \ln(A(h_{it})) + \alpha \ln(k_{it}) + (\gamma + \alpha - 1) \ln(L_{it}) , \quad (12)$$

e da qual deriva-se a equação de regressão para a contabilidade do crescimento, que leva em consideração apenas o canal de *produtividade total dos fatores*⁴:

$$\ln y_{it} = \varphi_1 g(h_{it}) + \varphi_2 \ln(k_{it}) + \varphi_3 n_{it} + \varepsilon_{it} , \quad (13)$$

Reescrevendo (13) de maneira a explicitar essa relação crescente entre capital humano per capita e taxa de progresso tecnológico endógena:

$$\ln y_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \ln(k_{it}) + \varphi_2 txh_{it} + \varphi_3 n_{it} + \varepsilon_{it} , \quad (14)$$

A equação (14) mostra que, por meio do canal de *produtividade total dos fatores*, a taxa de crescimento desta variável é capaz de afetar o crescimento do produto per capita.

4 Similar à estimada em Benhabib e Spiegel (1994)

As equações de regressão para a contabilidade do crescimento formuladas servem ao objetivo deste trabalho, qual seja, analisar a importância relativa dos dois canais de acumulação do capital humano. É possível, a partir das equações (6), (14) e (9), respectivamente, investigar se o capital humano afeta o crescimento a partir (i) do canal de *acumulação dos fatores*, (ii) do canal de *produtividade total dos fatores*, ou (iii) de ambos os canais simultaneamente.

Assim, caso a hipótese (i) seja verdadeira, a equação (6) está corretamente especificada e o coeficiente estimado da taxa de crescimento do capital humano per capita deverá ser positivo e significativo. Por outro lado, caso a hipótese (ii) seja verdadeira, (14) está corretamente especificada e coeficiente estimado do nível do capital humano per capita deverá ser positivo e significativo. Por fim, caso (iii) seja verdadeira, (9) está corretamente especificada e os coeficientes estimados de ambos os termos que levam em consideração os capitais humanos devem ser positivos e significativos.

Ademais, é interessante examinar se diferentes níveis de capital humano afetam os canais de crescimento de forma diversa. Desagregando o capital humano em dois níveis, capital humano básico (obtenção de experiências/habilidades associada ao ensino fundamental e ao ensino médio), denotado por bh , e capital humano avançado (obtenção associada ao ensino superior), denotado por ah , as seguintes hipóteses conjuntas serão testadas: (A) o capital humano básico afeta o crescimento do produto a partir do canal de *acumulação dos fatores*; (B) o capital humano avançado afeta o crescimento a partir do canal de *produtividade total dos fatores*, ou (C) o capital humano básico via canal de *acumulação dos fatores* e o capital humano avançado via canal de *produtividade total dos fatores* afetam o crescimento de forma simultânea.

Formalmente, considerando as hipóteses adicionais (A), (B) ou (C), as regressões (6), (14) e (9) são adaptadas, respectivamente, da seguinte forma:

$$\ln y_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \ln(k_{it}) + \varphi_2 \ln(bh_{it}) + \varphi_3 n_{it} + \varepsilon_{it} , \quad (15)$$

$$\ln y_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \ln(k_{it}) + \varphi_2 txah_{it} + \varphi_3 n_{it} + \varepsilon_{it} , \quad (16)$$

$$\ln y_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \ln(k_{it}) + \varphi_2 txah_{it} + \varphi_3 \ln(bh_{it}) + \varphi_4 n_{it} + \varepsilon_{it} , \quad (17)$$

Por fim, como medida de robustez para os canais teóricos e, também, como análise de política pública de incentivo a algum determinado tipo de capital humano, pode-se inverter as medidas de capital humano para testar se o capital humano avançado afeta o crescimento via canal de *acumulação de fatores* e se o capital humano básico afeta via canal de *produtividade total dos fatores*, tanto individualmente quanto simultaneamente:

$$\ln y_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \ln(k_{it}) + \varphi_2 \ln(ah_{it}) + \varphi_3 n_{it} + \varepsilon_{it} , \quad (18)$$

$$\ln y_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \ln(k_{it}) + \varphi_2 txbh_{it} + \varphi_3 n_{it} + \varepsilon_{it} , \quad (19)$$

$$\ln y_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \ln(k_{it}) + \varphi_2 txbh_{it} + \varphi_3 \ln(ah_{it}) + \varphi_4 n_{it} + \varepsilon_{it} , \quad (20)$$

Uma vez que este trabalho pretende examinar por quais canais o capital humano agregado e desagregado em nível básico e avançado afetam o crescimento econômico brasileiro, na seção empírica deste artigo as nove regressões descritas pelas equações (6), (9) e de (14) a (20) serão testadas a partir da elaboração de um painel dinâmico utilizando dados para as unidades federativas do Brasil abrangendo o período de 1996 a 2015. Outras variáveis de controle convencionais da literatura de crescimento são consideradas nas regressões, como ficará claro em momento oportuno.

2.3. ESTRATÉGIA DE IDENTIFICAÇÃO

2.3.1. Método

A natureza do crescimento econômico é dinâmica, isto é, o crescimento tende a estar correlacionado no tempo. As principais considerações teóricas sobre o comportamento econômico inercial⁵ são que as razões tecnológicas, institucionais e psicológicas dos produtores não apresentam mudanças abruptas em seus hábitos após mudanças no nível de capital humano dos insumos de trabalho, por exemplo. Então, pode-se considerar que existe um *delay* na reação do produtor, de modo que a produção não é função apenas do capital físico, capital humano, e condições institucionais correntes, mas também das passadas. Além disso, para correta identificação dos canais do capital humano, deve-se considerar como variáveis de controle, os gastos regionais na educação, os efeitos dos choques macroeconômicos das crises financeiras⁶, e uma variável de tendência temporal. E, por fim, como o Brasil é um país continental, com diversas culturas e povos nas suas diferentes regiões, há necessidade de controlar os efeitos fixos regionais, μ_i . Desse modo, obtemos as regressões a serem estimadas:

$$\ln y_{it} = \alpha + \rho \ln y_{it-1} + \delta_1 \ln(k_{it}) + \delta_2 \ln(h_{it}) + \delta_3 n_{it} + \delta_4 Covariates + \mu_i + t + \varepsilon_{it} \quad (22)$$

$$\ln y_{it} = \alpha + \rho \ln y_{it-1} + \delta_1 \ln(k_{it}) + \delta_2 txh_{it} + \delta_3 n_{it} + \delta_4 Covariates + \mu_i + t + \varepsilon_{it} \quad (23)$$

⁵ Ver Pindyck, R., Rotemberg, J., 1982.

⁶ Controlamos as crises de 1997 dos gigantes asiáticos, 1998 a crise do rublo, 2001 - 2002 a crise da dívida da Argentina. E, por fim, a crise financeira mundial de 2008 a 2010.

$$\ln y_{it} = \alpha + \rho \ln y_{it-1} + \delta_1 \ln(k_{it}) + \delta_2 txh_{it} + \delta_3 \ln(h_{it}) + \delta_4 n_{it} + \delta_5 Covariates + \mu_i + t + \varepsilon_{it} \quad (24)$$

Então as equações a serem estimadas para identificar os efeitos do capital humano sobre o crescimento econômico devem controlar a variável dependente defasada como variável explicativa (de forma análoga para quando consideramos os diferentes níveis de capital humano). A estrutura de dados em painel na qual a variável dependente defasada é considerada como variável explicativa é conhecida pela literatura como Dados em Painel Dinâmico (*Dynamic Panel Data* - DPD). E os modelos de crescimento⁷ são usualmente estimados através de técnicas de DPD, principalmente pelo método dos momentos generalizados em sistema (*System GMM*) o qual foi proposto por Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998). Em termos gerais, os modelos de *GMM* são adequados quando se tem as seguintes situações: (i) poucos períodos de tempo e muitos indivíduos; (ii) relação linear funcional; (iii) a variável dependente de com características dinâmicas; (iv) variáveis explicativas que não são estritamente exógenas, e portanto, correlacionadas com suas realizações passadas e possivelmente com atuais do erro; (v) efeitos fixos individuais; (vi) heteroscedasticidade e autocorrelação nos indivíduos, porém não entre eles. (ROODMAN, 2006).

Blundell e Bond (1998) argumentam que o estimador *difference-GMM* proposto por Arellano-Bond (1991) pode apresentar persistência nas séries, e por consequência, as variáveis em nível tornam-se instrumentos fracos para a equação em diferença, implicando em viés e baixa precisão em amostras finitas. Então os autores impõem a condição de que as variáveis em diferença são não correlacionadas com os efeitos fixos individuais. Logo, mais instrumentos podem ser considerados, melhorando a eficiência do estimador de Arellano-Bond, e fornecendo condições de momentos adicionais para a regressão em nível. Assim, o *System-GMM* é formado pela equação em nível, a qual usa como instrumentos as defasagens em diferença, e a equação em diferença que usa as variáveis defasadas em nível como instrumentos.

Cabe destacar que tanto o estimador de Arellano e Bond (1991) e de Blundell-Bond (1998) apresentam variantes *one-step* e *Two-Step*. Para o estimador *one-step*, pressupõe-se que os termos de erros são independentes e homocedástico para cada cross-section no decorrer do tempo. No estimador *Two-Step*, os resíduos obtidos na primeira etapa são utilizados para construir uma estimativa consistente da matriz de variância covariância, relaxando as hipóteses de independência e homocedasticidade. O estimador *Two-Step* é assintoticamente mais eficiente que o *one-step*, porém em amostras pequenas os erros-padrão decorrentes podem ser

⁷ Ver em Bond et al (2001)

intensamente viesados para baixo. Windmeijer (2005) corrige esse problema dos erros-padrão subestimados em amostras finitas tornando o *Two-Step* robusto e mais eficiente. Dessa forma, para identificar os canais pelos quais o capital humano afeta o crescimento econômico no Brasil, utiliza-se o método *Two-Step System-GMM* para a análise.

Uma desvantagem do estimador *System-GMM* decorre da proliferação de instrumentos. Esse excesso de instrumentos cria um *trade-off* entre viés (*overfitting* de variáveis endógenas) e eficiência (condições adicionais de momento), gerando uma estimativa imprecisa da matriz de variância e covariância dos momentos e enfraquecendo o teste de validade conjunta dos instrumentos (BONTEMPI e MAMMI, 2012; ROODMAN, 2009). A proliferação de instrumentos ocorre de forma quadrática na dimensão temporal, e para controlar essa questão utilizaremos a condição de extração de componentes principais (*Principal Components Analysis – PCA*) da matriz de instrumentos (MEHRHOFF, 2009; KAPETANIOS E MARCELLINO 2010; NG E BAI, 2010).

Conforme Mehrhoff (2009), a técnica de análise de componentes principais (*PCA*) para o contexto de *System-GMM* é um processo de fatoração que condensa o conteúdo informacional do conjunto de instrumentos disponíveis reduzindo o risco de sobreidentificação. Além disso, a vantagem dos instrumentos fatorados sobre as demais condições de restrições dos instrumentos é que suas estimativas apresentam menor viés, bem como maior robustez, permitindo a substituição da arbitrariedade do pesquisador sobre a restrição dos instrumentos. Assim, através do uso do *PCA*, minimiza-se a perda informacional e obtém-se uma técnica estatisticamente fundamentada e orientada por dados, ou seja, minimamente arbitrária na delimitação dos instrumentos, produzindo um conjunto menor de instrumentos que seja maximamente representativo (MEHRHOFF, 2009; KAPETANIOS E MARCELLINO 2010; NG E BAI, 2010).

Quanto aos testes de especificação do modelo, destacam-se os testes de sobreidentificação de Sargan (1958) e Hansen (1982) e os testes de autocorrelação de primeira e segunda ordem de Arellano Bond (1991). Os testes de sobreidentificação têm como objetivo de verificar a validade dos instrumentos. A hipótese nula do teste é que os instrumentos são não correlacionados com o termo de erro. Logo, a aceitação do teste corrobora a validade dos instrumentos. O teste de Sargan é apropriado quando se utiliza o procedimento de *one-step* (matriz de variância-covariância homocedástica), já quando se considera o procedimento de *Two-Step* (estimação com matriz de variância-covariância heteroscedástica), deve-se utilizar o teste de Hansen.

Neste trabalho, são reportados os erros-padrão robustos corrigidos para amostras finitas de Windmeijer (2005), então o teste de validade dos instrumentos a ser considerado é o de Hansen. Com relação aos testes de Arellano e Bond de primeira e segunda ordem, ao supor que não há autocorrelação entre os resíduos na equação em nível, por construção, a equação em diferenças apresentará erros autocorrelacionados. Assim, espera-se que o teste de autocorrelação de primeira ordem apresente correção serial, enquanto na segunda ordem a autocorrelação seja estatisticamente nula. Assim, para que o estimador seja consistente, deve-se rejeitar a hipótese nula para primeira ordem, AR (1), e não rejeitar a hipótese nula para a ordem superior, AR (2).

Quando a amostra é formada por poucos grupos, e uma dimensão temporal maior que 10, há uma tendência do teste de Hansen ser fraco, ou seja, convergir para o valor 1 de modo a aceitar a hipótese nula (ROODMAN, 2009). Segundo e Labra e Torrecillas (2014) e Lillo e Torrecillas (2018), neste caso, a orientação é ter um número de instrumentos igual ou menor que o número de grupos de indivíduos. Portanto, adota-se uma quantidade de instrumentos igual ao número de grupos. No caso desta pesquisa, o número de grupos é definido pelas Unidades Federativas (UF) do Brasil, as quais totalizam 27. É importante salientar que na ausência da seleção dos instrumentos por *PCA*, então há que se analisar também o teste de especificação conhecido como *difference*-Hansen. Ao se utilizar o *System-GMM* de Blundell-Bond (1998), tem-se mais instrumentos disponíveis do que quando se emprega o procedimento de *difference-GMM* de Arellano e Bond (1991). Então o teste de *difference-Hansen* testa a validade destes instrumentos adicionais. Sua hipótese nula é que estes instrumentos adicionais são válidos.

Em suma, como objetivo da pesquisa é examinar por quais canais o capital humano agregado e desagregado a nível básico e avançado afetam o crescimento da renda para os estados brasileiros emprega-se o método *Two-Step System-GMM* com a correção de amostra finita de Windmeijer (2005), que é assintoticamente mais eficiente. Devido ao fato de o painel dinâmico ser sensível a autocorrelação dos resíduos, reportamos os testes de Arellano e Bond para autocorrelação de primeira AR (1) e segunda ordem AR (2) e o teste para a validade dos instrumentos *Hansen* e *Diff-Hansen*. Para controlar os potenciais problemas de proliferação de instrumentos, utilizados o método de *PCA*.

2.3.2. Dados

Um dos principais problemas dos trabalhos empíricos reside na escolha da *proxy* para capital humano. Barro e Lee (1993) argumentam que algumas *proxies* para estoque de capital

humano frequentemente utilizadas pela literatura devido à facilidade de acesso apresentam deficiências, como, por exemplo, as taxas de matrículas. Estas são deficientes porque representam os fluxos, e não o estoque de capital humano. A ideia é que o acúmulo desse fluxo que irá gerar o estoque de capital humano no futuro, ou seja, o processo educacional leva tempo. Ainda conforme Barro e Lee (1993) existe uma defasagem entre os fluxos e estoques e, mesmo considerando uma defasagem apropriada, ainda serão necessárias as estimativas de estoque inicial para construção de um estoque de capital humano. Ademais, as taxas de matrículas não consideram a repetência, a mortalidade, a migração e principalmente a evasão escolar, que são fenômenos tipicamente altos em países em desenvolvimento.

As taxas de alfabetização de adultos também são amplamente utilizadas nos trabalhos empíricos, diferentemente das taxas de matrículas, representam um componente do estoque atual de capital humano, porém não refletem as habilidades que são obtidas além dos níveis mais elementares de escolaridade, e ainda desconsideram aspectos do capital humano que são importantes para a produtividade do trabalho, tais como o raciocínio lógico e analítico e os vários tipos de conhecimentos técnicos (BARRO e LEE, 1993). Mulligan & Sala-i-Martin (1995), por sua vez, apontam que a média de anos de escolaridade também não é uma boa *proxy* para capital humano, na medida em que: (i) pressupõe-se que os trabalhadores sejam substitutos perfeitos independentemente de suas áreas de atuação; (ii) assume-se que as diferenças de produtividade entre trabalhadores são proporcionais aos anos de escolaridade independentemente de suas diferenças salariais; (iii) assume-se a elasticidade constante de substituição entre trabalhadores de diferentes categorias sempre e em todo mercado de trabalho e (iv) presume-se que um ano de estudo gere o mesmo aumento de habilidade, independente das características de qualidade ou área do estudo.

Mulligan e Sala-i-Martin (1994) utilizaram uma *proxy* de capital humano com base na renda do trabalho, objetivando contornar as deficiências supracitadas. A intuição dos autores era que o salário que a pessoa recebia dependia da sua importância para o mercado, sendo remunerado o tipo de educação que fosse mais útil para o mercado. Porém, o capital humano baseado na renda não é isento de falhas, uma vez que o salário de um trabalhador não depende exclusivamente de suas habilidades e do nível de educação, mas também das quantidades de outros insumos agregados, como capital físico e tecnologia.

Desse modo, a principal medida de capital humano utilizada neste estudo é a média de salários mensais auferidos no trabalho principal dos concluintes do ensino fundamental, médio e superior, que é denominada “salário baseado na educação dos concluintes”, representada por (HC), e que leva em conta tanto retornos da educação formal como da experiência e treinamento

no local de trabalho. Os dados foram extraídos da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) para os anos de 1996 a 2015. Para os anos de 2000 e 2010, utiliza-se as médias entre o ano anterior e o posterior.

O conjunto de dados está agrupado de três formas: educação básica, para a média de salários dos concluintes do ensino fundamental e médio (HC_bh), educação avançada, para média de salários dos concluintes do ensino superior (HC_ah) e todos os níveis (HC). Ou seja, a *proxy* é obtida pela média de rendimentos mensais em reais no trabalho principal dos concluintes do ensino fundamental, médio e superior divididos pelo valor do salário mínimo⁸ coletado junto ao instituto de pesquisa econômica aplicada (IPEA) para os respectivos anos. Tanto os rendimentos quando os salários mínimos estão em valores constantes para o ano de 2010, deflacionados pelo índice de preços ao consumidor amplo (IPCA).

Utilizamos como variável de controle os gastos com educação e cultura em cada unidade federativa, $\ln(Gec)$. Os dados foram coletados junto a (IPEA) instituto de pesquisas econômicas aplicadas e complementados a partir do ano de 2010 pelos dados do (COMPARA BRASIL) que é portal de livre acesso com dados sobre as finanças públicas do Brasil. Estes foram deflacionados pelo índice de preços ao consumidor amplo (IPCA) para valores de 2010.

A variável dependente, logaritmo natural do produto per capita, $\ln(y)$, é representada pelo nível do produto interno bruto dos estados brasileiros (PIB) dividido pela população economicamente ativa (PEA). O PIB foi coletado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e deflacionado pelo deflator implícito do PIB, para valores de 2010; a população economicamente ativa foi extraída da PNAD e complementados para os anos faltantes de 2000 e 2010 pela média entre o ano anterior e o posterior. A variável estoque de capital físico per capita, $\ln(k)$, é obtida a partir da multiplicação entre a participação percentual dos estados na formação do PIB do Brasil e os dados de formação bruta de capital para o Brasil, obtido junto ao IBGE deflacionado pelo IPCA, para o ano base de 2010, divididos pela PEA.

Considerando-se que a PNAD teve sua abrangência geográfica ampliada gradativamente desde seu início até cobrir todo o território Brasileiro a partir do ano de 2004, durante o período entre 1996 a 2003, e, portanto, durante parte do recorte temporal deste trabalho, a PNAD não abrangia a população rural de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará e Amapá. Em razão disso, utilizados para o cômputo da taxa de crescimento populacional (*Popgr*) – os dados populacionais disponibilizados pelo IBGE. Dados faltantes de rendimentos dos concluintes do ensino superior, para o estado do Amapá nos anos de 1996 e 1997, e Roraima para o ano de

⁸ O objetivo de dividir os rendimentos mensais pelo valor do salário mínimo é expurgar a variação da renda determinada por lei.

1999, foram estimados pelo método de séries temporais com suavização exponencial. Por fim, dados para número de professores do ensino fundamental (Nº Prof. Bh) e do nível superior (Nº Prof. Ah), extraídos dos relatórios do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), são utilizados como instrumentos exógenos adicionais.

Tabela 1: Descrição das variáveis.

Legenda	Descrição	Fonte
L	População economicamente ativa	PNAD
y	Produto interno bruto / L	IBGE
k	Estoque de capital físico / L	IBGE
HC_bh	Média de salários dos concluintes do ensino fundamental e médio / L	PNAD
HC_ah	Média de salários dos concluintes do ensino superior / L	PNAD
HC	Todos os níveis agregados / L	PNAD
Gec	Gastos com educação e cultura	IPEA
Popgr	Crescimento populacional	IBGE
Nº Prof. Bh	Número de professores na educação básica	INEP
Nº Prof. Ah	Número de professores na educação superior	INEP
D_Crise	Dummy de crises: 1997: “Crise dos Gigantes Asiáticos”; 1998: “Crise do rublo”; 2001-2002: “Crise argentina”; 2008-2009: “Grande Recessão”; 2009-2010: “Crise da dívida na Europa.	

Fonte: elaborada pelos autores.

Utilizamos um painel para as 27 unidades federativas, sendo 26 estados e um distrito federal. Adicionalmente controlamos os choques macroeconômicos com uma variável dummy de crise.

Tabela 2: Estatísticas descritivas.

Variable	Obs	Mean	Std. Dev	Min	Max
lny	540	3.281146	0.5004625	2.137538	4.881639
ln(k)	540	-5.385681	0.5348327	-6.683965	-3.85141
Popgr	513	0.0159841	0.0161496	-.0695467	0.0869195
ln(Gec)	540	20.96891	0.9650627	18.89729	23.92008
ln(HC)	540	-13.1603	1.221711	-15.84615	-9.536788
Tx(HC)	513	-0.0569024	0.1283119	-0.4337797	0.698482
ln(HC_bh)	540	-13.74001	1.211404	-16.30259	-9.896704
Tx(HC_ah)	513	1.269973	3.041304	-0.9857563	17.71353
ln(HC_ah)	540	-12.53861	1.233833	-15.29634	-9.034603
Tx(HC_bh)	513	1.185477	2.882731	-0.9886244	16.25195
D_Crise	540	0.35	0.4774119	0	1
Nº Prof. Bh	540	82311.36	91034.72	3654	533040

Nº Prof. Ah	540	10870.52	15305.2	146	89979
-------------	-----	----------	---------	-----	-------

Fonte: elaborada pelos autores.

Quanto as estatísticas descritivas, destacamos que as *proxies* para capital humano em nível representam o canal de acumulação dos fatores, e as variáveis em taxas de crescimento (Tx) representam o canal da produtividade total dos fatores.

2.4. RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta nove estimações para avaliar por quais canais, e com qual magnitude, o capital humano afeta o crescimento econômico no Brasil. As estimações de (1) a (3) utilizam o salário baseado na educação dos concluintes do ensino fundamental, médio e superior (HC) como *proxy* para o capital humano. A equação (1) testa a contribuição do canal de *acumulação dos fatores*; a equação (2) testa o canal de *produtividade total dos fatores* e a equação (3) testa ambos os canais simultaneamente. Posteriormente, nas equações de (4) a (6), desagrega-se o capital humano em básico e avançado. Na equação (4) é testado o efeito do capital humano básico pelo canal de *acumulação de fatores*; na equação (5) é testado o efeito do capital humano avançado pelo canal de *produtividade total dos fatores* e, na equação (6), as duas medidas são testadas simultaneamente. Para último grupo de análise, das equações (7) a (9), inverte-se a lógica anterior, de modo que testamos o efeito do capital humano avançado através do canal de *acumulação dos fatores* (equação 7), o efeito do capital humano básico através do canal de *produtividade total dos fatores* (equação 8), e na equação (9) testamos os dois canais simultaneamente. Em todas as regressões foram utilizadas o método *Two-Step System-GMM* com erro-padrão robusto de Windmeijer (2005), e *PCA* para controle da proliferação dos instrumentos (MEHRHOFF, 2009; KAPETANIOS E MARCELLINO 2010; NG E BAI, 2010).

Em termos gerais, para verificar a qualidade do ajustamento do modelo tem-se que analisar os testes de especificação da estatística J de Hansen e os testes de autocorrelação de primeira e segunda ordem de Arellano e Bond e a medida de adequação Kaiser-Meyer-Olkin (K-M-O). Os resultados do teste de Hansen não rejeitam a hipótese nula de que os instrumentos são válidos para todas as especificações utilizadas ($>0,05$ para todas as estimativas). Quanto aos testes de autocorrelação de Arellano-Bond, os resultados rejeitam a hipótese nula de ausência de autocorrelação de primeira ordem ($<0,00$ para todas as estimativas) e não rejeitam a hipótese nula de ausência de autocorrelação de segunda ordem para todas as especificações ($>0,05$ em todas as estimativas), indicando que os instrumentos são válidos e não são correlacionados com o termo de erro para todas as especificações. Por fim, a medida de Kaiser-

Meyer-Olkin (K-M-O) de adequação amostral para o PCA apresenta valores superiores a 0,5. Ou seja, temos confiança que a análise fatorial utilizada é adequadamente ajustada aos dados. Então, todos os modelos econométricos indicam boa qualidade de especificação.

Um ponto complementar à correta especificação dos modelos em painel dinâmico é a estimativa da variável dependente defasada (*inertial component*). Também, para todas as estimativas, os resultados dos coeficientes estimados da variável dependente defasada, $\ln(y_{t-1})$, são significativos ao nível de 1% de confiança. Assim, como esperado, o componente dinâmico é importante para explicar o crescimento econômico, e corrobora com a utilização do método de painel dinâmico.

No tocante aos resultados das variáveis de interesse (as medidas de capital humano), é possível inferir que o capital humano agregado foi estatisticamente significativo, a pelo menos 5% de nível de confiança, por ambos canais de forma individual (estimações 1 e 2), apresentando maior magnitude pelo canal de *acumulação dos fatores*. Todavia, somente o canal de *acumulação dos fatores* foi estatisticamente significativo quando ambos os canais são considerados de forma simultânea (estimação 3). Logo, esses primeiros resultados já indicam que o canal de *acumulação dos fatores* apresenta papel importante para explicar o crescimento econômico no Brasil. Cabe salientar que o efeito direto do capital humano sobre o crescimento econômico através do canal de *acumulação dos fatores* é de aproximadamente 0.08%, isto é, um aumento em 1% na medida de capital humano gera um aumento direto de 0.08% do PIB, corroborando com os resultados para estados e municípios do Brasil, encontrados por (DALGUEIRO, et al 2012; FRAGA GILBERTO, 2011; SILVA SALGUEIRO et al, 2012; FIRME e SIMAO, 2014; IRFFI ET AL, 2016).

Tabela 3: Resultados *Two-Step System-GMM* com *PCA*.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
ln(HC)	0.08*** (0.03)		0.09** (0.04)						
Tx(HC)		0.06** (0.03)	0.01 (0.04)						
ln(HC_bh)				0.09*** (0.03)		0.10*** (0.04)			
Tx(HC_ah)					0.00 (0.00)	0.00 (0.00)			
ln(HC_ah)							0.08*** (0.03)		0.05** (0.02)
Tx(HC_bh)								0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
<i>Inertial Component</i>									
ln(y_{t-1})	0.52*** (0.04)	0.55*** (0.04)	0.52*** (0.04)	0.53*** (0.04)	0.56*** (0.06)	0.56*** (0.06)	0.52*** (0.04)	0.64*** (0.05)	0.60*** (0.05)
<i>Covariates</i>									
ln(k)	0.29*** (0.04)	0.32*** (0.03)	0.28*** (0.04)	0.28*** (0.04)	0.28*** (0.02)	0.22*** (0.04)	0.29*** (0.04)	0.30*** (0.02)	0.27*** (0.03)
ln(Gec)	0.13*** (0.04)	0.03** (0.02)	0.14*** (0.05)	0.13*** (0.04)	0.04** (0.02)	0.15*** (0.05)	0.12*** (0.04)	0.02** (0.01)	0.08** (0.03)
Popgr	0.21 (0.22)	0.53* (0.28)	0.20 (0.24)	0.21 (0.22)	0.53 (0.37)	0.12 (0.26)	0.23 (0.23)	0.28 (0.26)	0.19 (0.27)
D_Crise	-0.02*** (0.00)	-0.02*** (0.00)	-0.02*** (0.00)	-0.02*** (0.00)	-0.01 (0.01)	-0.01 (0.01)	-0.02*** (0.00)	-0.01* (0.01)	-0.01* (0.01)
Trend	-0.00 (0.00)	-0.00*** (0.00)	0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)	-0.00*** (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	-0.00*** (0.00)	-0.00 (0.00)
Constant	1.58*** (0.60)	2.54*** (0.37)	1.39** (0.63)	1.60*** (0.55)	2.22*** (0.29)	0.86 (0.67)	1.57** (0.63)	2.51*** (0.21)	1.75*** (0.45)
AR(1)	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]
AR(2)	[0.62]	[0.40]	[0.57]	[0.52]	[0.43]	[0.32]	[0.67]	[0.45]	[0.55]
J- Hansen	[0.12]	[0.12]	[0.09]	[0.12]	[0.14]	[0.10]	[0.12]	[0.11]	[0.09]
N instruments	27	27	27	27	27	27	27	27	27
K-M-O	[0.864]	[0.850]	[0.850]	[0.864]	[0.855]	[0.855]	[0.864]	[0.829]	[0.829]
N	513	513	513	513	513	513	513	513	513

Nota: Todas as estimações foram realizadas a partir do método *Two-Step System-GMM*. Os níveis de significância são representados por *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10; o valor entre parênteses representa o erro-padrão robusto de Windmeijer (2005).

Aprofundando a análise, propomos o uso de medidas de capital humano denominadas “salário baseado na educação dos concluintes desagregadas”, isto é, educação básica, para a média de salários dos concluintes do ensino fundamental e médio (HC_bh), educação avançada, para média de salários dos concluintes do ensino superior (HC_ah). A primeira variável é uma *proxy* adequada para mensuração do canal de *acumulação dos fatores*, e a segunda, por sua vez, para o canal de *produtividade total dos fatores*, porque a *proxy* de capital humano básico é mais

adequada verificar o canal de *acumulação de fatores* por estar relacionada à produtividade média do trabalho, enquanto *proxy* de capital humano avançado é mais adequada para o canal de *produtividade total dos fatores* por estar relacionada à trabalhos de capital humano intensivo, específico e ligado à desenvolvimento de tecnologia. Então, considerando estas medidas desagregadas, os resultados mostram que o canal de *acumulação dos fatores* afeta o crescimento brasileiro a pelo menos 1% de nível de significância. Isto corrobora aqueles resultados anteriores. Além disso, cabe ressaltar que o efeito direto do aumento de 1% no nível de capital humano para ensino médio e fundamental, através do canal de *acumulação dos fatores*, é de um aumento de aproximadamente 0.09% PIB.

Por fim, propomos o uso das *proxies* capital humano avançado e capital humano nos canais inversos. A ideia é testar tanto a robustez do canal de *acumulação dos fatores*, quanto analisar a importância relativa do capital humano avançado. Então, o canal de *acumulação de fatores* permanece robusto (regressões 7 e 9), isto é, é significativo a pelo menos 5% de confiança, com sinal e magnitude levemente inferiores aos encontrados anteriormente.

Com relação as covariáveis, tem-se que em todas as especificações o crescimento do estoque de capital físico se mostrou positivo e estatisticamente significativo ao nível de 1% de significância, como previsto pelo modelo teórico. Em termos de magnitude dos coeficientes, fica clara a importância relativa do capital físico para o crescimento econômico brasileiro. Os resultados vão de encontro com os trabalhos anteriores (CANGUSSU et al, 2010; NAKABASHI e PRINCE, 2012; GAMA, 2014; BONDEZAN e DIAS, 2016). A variável de gastos com educação e cultura, $\ln(Gec)$, se mostrou estatisticamente significativa e positiva para todas as especificações. Esse resultado mostra que os investimentos regionais em educação e cultura também apresentam efeito sobre o crescimento econômico. A variável de crescimento populacional não apresentou significância estatística, exceto na estimação (2). A variável para o controle de choques macroeconômicos decorrente das crises apresentou coeficiente negativo, como esperado, e foi estatisticamente significativa a pelo menos 10% de confiança, exceto nas estimações (5) e (6). Por fim, a variável de tendência teve coeficiente próximo de zero em todas as estimativas, sendo significativa a pelo menos 1% de confiança nas estimações (2), (5), e (8).

Em suma, os resultados indicam que a *acumulação de capital físico* é o fator mais importante para o processo de crescimento dos estados brasileiros e que os gastos com educação e cultura também impactam positivamente no crescimento. Quanto as hipóteses levantadas nesta pesquisa, podemos destacar a importância do canal de *acumulação de fatores*, no qual o capital humano é compreendido como um insumo produtivo, como importante força motriz para o crescimento dos estados brasileiros.

Outro ponto importante das estimações através do método de painel dinâmico é a possibilidade de estimar os efeitos de longo prazo do capital humano sobre o crescimento econômico. Assim, a tabela 4 apresenta os efeitos de longo prazo.

Tabela 4: Efeitos de longo prazo

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
ln(HC)	0.18*** (0.06)		0.19*** (0.07)						
Tx(HC)		0.14* (0.07)	0.03 (0.093)						
ln(HC_bh)				0.18*** (0.06)		0.24*** (0.08)			
Tx(HC_ah)					0.00 (0.01)	0.01 (0.04)			
ln(HC_ah)							0.17*** (0.06)		0.13** (0.05)
Tx(HC_bh)								0.00 (0.00)	0.00 (0.00)

Nota: Todas as estimações foram realizadas a partir do método *Two-Step System-GMM*. Os níveis de significância são representados por *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$; o valor entre parênteses representa o erro-padrão robusto de Windmeijer (2005).

Em termos gerais, os efeitos de longo prazo encontrados seguem as mesmas relações relativas daqueles encontrados anteriormente entre eles. Ou seja, o capital humano afeta o crescimento econômico através do canal de *acumulação dos fatores*, enquanto o canal de *produtividade total dos fatores* permanece sem efeito estatístico para a maioria dos modelos, exceto a regressão (2).

O efeito de longo prazo amplifica o efeito direto encontrado, na medida em que as condições do estado da economia no tempo anterior são consideradas pelo termo dinâmico. Deste modo, pode-se observar que o coeficiente de longo-prazo do capital humano para a regressões que analisam o canal de acumulação de fatores são estatisticamente significativas a pelo menos 1% de nível de confiança, nas equações (1), (4), e (7). Na primeira equação, temos que um aumento de 1% no nível de capital humano resulta num aumento de 0.18% no crescimento econômico de longo prazo para a economia brasileira. Na quarta equação, quando aprofundamos essa análise, e consideramos a medida de capital humano básico, o efeito de longo prazo permanece em aproximadamente 0.18%. Por fim, na análise de robustez do canal, temos que o efeito de longo prazo é de aproximadamente 0.17% com 1% de nível de significância.

Em suma, os resultados mostram que o acúmulo do estoque de capital humano apresenta efeitos maiores no decorrer do tempo, sendo que o canal de *acumulação dos fatores* fundamental para formulação de políticas de desenvolvimento econômico para o Brasil.

2.5. ANÁLISE DE ROBUSTEZ

Nesta seção coloca-se os resultados à prova ao considerar-se diferentes especificações econométricas, a fim de verificar se os resultados encontrados anteriormente são robustos. Desse modo, propomos três especificações distintas para o controle da proliferação do número de instrumentos no *Two-Step System-GMM*. Primeiramente considera-se os limites das defasagens conjuntamente com os instrumentos colapsados (Tabela 5). Posteriormente, relaxamos as especificações, considerando apenas os limites das defasagens (Tabela 6). E, por fim, consideramos apenas os instrumentos colapsados (Tabela 7).

De acordo com Bontempi e Mammi (2012) o método de colapso dos instrumentos e truncamento de profundidade das defasagens envolvem um certo grau de arbitrariedade, de modo que deve haver confiança nas restrições impostas pelo pesquisador. Quando a matriz do instrumento é colapsada se pressupõem dinâmicas específicas nos dados; já quando aplicamos o método de truncamento de profundidade das defasagens são escolhidos os números de *lags* que devem ser incluídos entre os instrumentos, pressupondo que as informações relevantes são transmitidas apenas pelas defasagens consideradas das variáveis endógenas. Então, nessa análise de robustez continuamos com o estimador de *Two-Step System-GMM*, entretanto definimos os instrumentos internos colapsados e limita-se o número de defasagens das variáveis endógenas pelo *canal de acumulação dos fatores em lag (2 10)*, e pelo canal da *produtividade total dos fatores em lag (2 6)*.

Tabela 5: Resultados do *Two-Step System-GMM* com *laglimits* e *collapse*.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
ln(HC)	0.05*** (0.02)		0.05*** (0.02)						
Tx(HC)		0.06* (0.04)	0.04 (0.03)						
ln(HC_bh)				0.06** (0.03)		0.05** (0.02)			
Tx(HC_ah)					0.00 (0.00)	0.00 (0.00)			
ln(HC_ah)							0.05*** (0.02)		0.02 (0.02)
Tx(HC_bh)								0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
<i>Inertial Component</i>									
ln(y_{t-1})	0.64*** (0.04)	0.71*** (0.03)	0.64*** (0.04)	0.64*** (0.04)	0.69*** (0.04)	0.63*** (0.05)	0.64*** (0.04)	0.73*** (0.04)	0.68*** (0.05)
<i>Covariates</i>									
ln(k)	0.24*** (0.03)	0.27*** (0.04)	0.25*** (0.03)	0.23*** (0.03)	0.29*** (0.04)	0.26*** (0.04)	0.24*** (0.03)	0.27*** (0.04)	0.27*** (0.04)
ln(Gec)	0.08*** (0.03)	0.01 (0.01)	0.08*** (0.02)	0.08** (0.03)	0.01 (0.01)	0.08*** (0.03)	0.08*** (0.03)	0.00 (0.01)	0.04 (0.02)
Popgr	0.29 (0.27)	0.39 (0.36)	0.36 (0.34)	0.28 (0.25)	0.41 (0.38)	0.34 (0.30)	0.30 (0.27)	0.27 (0.33)	0.27 (0.29)
D_Crise	-0.01** (0.01)	-0.01** (0.01)	-0.01* (0.01)	-0.01** (0.00)	-0.01 (0.01)	-0.01* (0.01)	-0.01** (0.01)	-0.01 (0.01)	-0.01 (0.01)
Trend	-0.00 (0.00)	-0.00*** (0.00)	-0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)	-0.00*** (0.00)	-0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)	-0.00*** (0.00)	-0.00 (0.00)
Constant	1.47*** (0.43)	2.34*** (0.38)	1.61*** (0.39)	1.45*** (0.46)	2.42*** (0.36)	1.74*** (0.44)	1.52*** (0.41)	2.36*** (0.38)	2.02*** (0.43)
AR(1)	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]
AR(2)	[0.60]	[0.48]	[0.49]	[0.52]	[0.55]	[0.47]	[0.64]	[0.41]	[0.45]
J- Hansen	[0.11]	[0.05]	[0.06]	[0.12]	[0.05]	[0.06]	[0.10]	[0.05]	[0.06]
Diff-Hansen	[0.61]	[0.43]	[0.37]	[0.63]	[0.69]	[0.83]	[0.66]	[0.84]	[0.74]
Nº instruments	26	24	25	26	24	25	26	24	25
N	513	513	513	513	513	513	513	513	513

Nota: Todas as estimações foram realizadas a partir do método *Two-Step System-GMM*. Os níveis de significância são representados por *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10; o valor entre parênteses representa o erro-padrão robusto de Windmeijer (2005)

Tabela 6: Resultados do *Two-Step System-GMM* com *laglimits*.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
ln(HC)	0.04* (0.02)		0.03 (0.02)						
Tx(HC)		0.06** (0.03)	0.05* (0.03)						
ln(HC_bh)				0.04** (0.02)		0.02 (0.01)			
Tx(HC_ah)					0.00 (0.00)	0.00 (0.00)			
ln(HC_ah)							0.03* (0.02)		0.01 (0.01)
Tx(HC_bh)								0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
<i>Inertial Component</i>									
ln(y_{t-1})	0.60*** (0.04)	0.61*** (0.03)	0.60*** (0.04)	0.61*** (0.04)	0.63*** (0.03)	0.62*** (0.03)	0.61*** (0.04)	0.60*** (0.04)	0.60*** (0.04)
<i>Covariates</i>									
ln(k)	0.31*** (0.03)	0.34*** (0.03)	0.33*** (0.03)	0.30*** (0.03)	0.35*** (0.03)	0.34*** (0.03)	0.31*** (0.03)	0.37*** (0.04)	0.36*** (0.04)
ln(Gec)	0.05** (0.03)	0.01* (0.01)	0.04 (0.03)	0.05** (0.03)	0.01* (0.00)	0.02 (0.02)	0.05* (0.03)	0.01** (0.00)	0.02 (0.01)
Popgr	0.19 (0.23)	0.25 (0.22)	0.17 (0.22)	0.19 (0.23)	0.16 (0.29)	0.10 (0.31)	0.18 (0.23)	0.20 (0.28)	0.13 (0.30)
D_Crise	-0.02*** (0.01)	-0.02*** (0.01)	-0.02*** (0.01)	-0.02*** (0.01)	-0.02** (0.01)	-0.02*** (0.01)	-0.02*** (0.01)	-0.02*** (0.01)	-0.02*** (0.01)
Trend	-0.00* (0.00)	-0.00*** (0.00)	-0.00*** (0.00)	-0.00** (0.00)	-0.00*** (0.00)	-0.00*** (0.00)	-0.00* (0.00)	-0.01*** (0.00)	-0.00*** (0.00)
Constant	2.35*** (0.38)	2.94*** (0.29)	2.62*** (0.45)	2.37*** (0.40)	3.01*** (0.28)	2.85*** (0.35)	2.39*** (0.44)	3.18*** (0.37)	3.05*** (0.40)
AR(1)	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]
AR(2)	[0.67]	[0.50]	[0.55]	[0.62]	[0.45]	[0.43]	[0.70]	[0.53]	[0.56]
J- Hansen	[1.00]	[1.00]	[1.00]	[1.00]	[1.00]	[1.00]	[1.00]	[1.00]	[1.00]
Diff-Hansen	[1.00]	[1.00]	[1.00]	[1.00]	[1.00]	[1.00]	[1.00]	[1.00]	[1.00]
N instruments	76	110	111	76	110	111	76	110	111
N	513	513	513	513	513	513	513	513	513

Nota: Todas as estimações foram realizadas a partir do método *Two-Step System-GMM*. Os níveis de significância são representados por *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10; o valor entre parênteses representa o erro-padrão robusto de Windmeijer (2005).

Tabela 7: Resultados do *Two-Step System-GMM* com *collapse*.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
ln(HC)	0.12*** (0.03)		0.09*** (0.03)						
Tx(HC)		0.04* (0.03)	-0.01 (0.03)						
ln(HC_bh)				0.14*** (0.03)		0.14*** (0.04)			
Tx(HC_ah)					-0.00 (0.00)	0.00 (0.00)			
ln(HC_ah)							0.11*** (0.03)		0.07*** (0.02)
Tx(HC_bh)								-0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)
<i>Inertial Component</i>									
ln(y_{t-1})	0.40*** (0.05)	0.46*** (0.04)	0.42*** (0.05)	0.40*** (0.06)	0.44*** (0.05)	0.40*** (0.06)	0.40*** (0.05)	0.47*** (0.06)	0.44*** (0.05)
<i>Covariates</i>									
ln(k)	0.34*** (0.03)	0.37*** (0.04)	0.37*** (0.04)	0.31*** (0.04)	0.38*** (0.05)	0.31*** (0.06)	0.35*** (0.04)	0.41*** (0.03)	0.39*** (0.04)
ln(Gec)	0.17*** (0.03)	0.04*** (0.01)	0.14*** (0.04)	0.19*** (0.04)	0.04*** (0.01)	0.20*** (0.06)	0.16*** (0.03)	0.03*** (0.01)	0.11*** (0.03)
Popgr	0.15 (0.21)	0.57** (0.25)	0.12 (0.20)	0.14 (0.20)	0.61** (0.26)	0.31 (0.37)	0.18 (0.21)	0.56** (0.28)	0.22 (0.34)
D_Crise	-0.03*** (0.01)	-0.02*** (0.00)	-0.03*** (0.00)	-0.02*** (0.00)	-0.03*** (0.01)	-0.02*** (0.01)	-0.03*** (0.00)	-0.03*** (0.00)	-0.03*** (0.01)
Trend	0.00 (0.00)	-0.00*** (0.00)	-0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)	-0.00*** (0.00)	-0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	-0.01*** (0.00)	-0.00 (0.00)
Constant	1.73*** (0.49)	3.00*** (0.48)	2.29*** (0.60)	1.46** (0.59)	3.03*** (0.55)	1.31 (0.96)	1.82*** (0.58)	3.50*** (0.36)	2.64*** (0.44)
AR(1)	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]
AR(2)	[0.68]	[0.42]	[0.77]	[0.51]	[0.54]	[0.47]	[0.73]	[0.72]	[0.98]
J- Hansen	[0.91]	[1.00]	[1.00]	[0.92]	[1.00]	[1.00]	[0.91]	[1.00]	[1.00]
Diff-Hansen	[1.00]	[1.00]	[1.00]	[1.00]	[1.00]	[0.99]	[1.00]	[1.00]	[1.00]
<i>Nº instruments</i>	45	64	65	45	64	65	45	64	65
<i>N</i>	513	513	513	513	513	513	513	513	513

Nota: Todas as estimações foram realizadas a partir do método *Two-Step System-GMM*. Os níveis de significância são representados por *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$; o valor entre parênteses representa o erro-padrão robusto de Windmeijer (2005).

Os resultados reportados nas Tabelas 5, 6 e 7 corroboram o efeito do capital humano sobre o crescimento econômico brasileiro. Na maioria das estimativas, os coeficientes relacionados ao capital humano mantiveram significativos, com magnitudes próximas aquelas encontradas com o modelo com *PCA*. A proporção dos efeitos segue a mesma lógica dos resultados anteriores, qual seja, o estoque de capital humano agregado (HC) afeta o crescimento econômico brasileiro através dos dois canais testados de forma individual. Com relação ao

capital humano medido de forma desagregada, os resultados mostram que a educação básica apresentou um coeficiente estimado positivo e estatisticamente significativo pelo canal de *acumulação dos fatores*, corroborando a importância da educação básica. Já a educação avançada também foi estatisticamente significativa pelo canal de *acumulação dos fatores*, mas sua magnitude é sempre menor do que a dos coeficientes de capital humano básico. A variável de componente inercial também é estatisticamente significativa em todas as estimações para as três estratégias consideradas.

Mesmo que os coeficientes das variáveis de interesse tenham mostrado uma direção e magnitude similar a dos encontrados anteriormente, deve-se verificar a qualidade do ajustamento nas três estratégias na análise de robustez. Então, primeiramente, tem-se que analisar os testes de especificação da estatística J de Hansen e os testes de autocorrelação de primeira e segunda ordem de Arellano e Bond. Para a primeira estratégia Tabela 5, os resultados do teste de Hansen não rejeitam a hipótese nula de que os instrumentos são válidos para todas as especificações utilizadas (valor $>0,05$). Quanto aos testes de autocorrelação de Arellano-Bond, os resultados rejeitam a hipótese nula de ausência de autocorrelação de primeira ordem ($<0,001$ para todas as estimativas) e não rejeitam a hipótese nula de ausência de autocorrelação de segunda ordem para todas as especificações ($>0,05$ em todas estimativas), indicando que os instrumentos são válidos e não são correlacionados com o termo de erro para todas as especificações.

Com exceção do modelo com *PCA*, para as demais estimativas está disponível o teste *Difference in Hansen*, o qual tem como hipótese nula que os instrumentos adicionais são válidos. Os resultados mostram que podemos aceitar a hipótese nula. Assim, os modelos da Tabela 4 indicam boa qualidade de especificação. Quando se analisa a qualidade da especificação das estratégias das tabelas 6 e 7, surge desconfiança sobre a validade dos instrumentos. Isso ocorre devido proliferação dos instrumentos. Como os testes de Hansen são sensíveis a proliferação dos instrumentos, perde-se a confiança sobre a qualidade das estimativas das Tabelas 6 e 7. Logo, as estimações das Tabelas 6 e 7 não tem qualidade satisfatória e não podem ser consideradas.

Os resultados dessa seção são importantes porque reforçam os resultados encontrados anteriormente, na medida em que o canal de *acumulação dos fatores* foi estatisticamente significativo na maioria das especificações, mesmo que não tenhamos confiança sobre a correta identificação do coeficiente associado ao capital humano. Ou seja, como a proliferação de instrumentos é uma questão grave para o estimador *System-GMM*, era de se esperar que um relaxamento no controle dos instrumentos provocasse redução na qualidade das estimações,

principalmente nos modelos das Tabelas 6 e 7. No mais, cabe destacar que o modelo da Tabela 5 é muito bem ajustado e comparável ao modelo proposto pela pesquisa. Entretanto, o modelo com *PCA* é considerado superior, uma vez que, além da maior eficiência, é uma maneira minimamente arbitrária de limitar a contagem de instrumentos, minimizando a perda de informações e possibilitando manter um conjunto dos componentes principais com maiores autovalores (NG e BAI, 2010; KAPETANIOS e MARCELLINO, 2010; MEHRHOFF, 2009).

2.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo de um modelo de crescimento de Solow aumentado com capital humano, semelhante aos propostos por Lucas (1988) e Mankiw, Romer e Weil (1992) e das contribuições de Nelson e Phelps (1966), este trabalho teve como objetivo examinar por meio de quais canais o capital humano afeta o crescimento econômico no Brasil, no período de 1996 a 2015. Foram testadas as seguintes hipóteses: o capital humano – agregado e desagregado em níveis básico e avançado - afeta o crescimento através (i) do canal de *acumulação dos fatores*; (ii) do canal de *produtividade total dos fatores*; ou (iii) de ambos os canais simultaneamente.

O presente artigo contribui para o debate em âmbito nacional na medida em que propõe novas *proxies* para o estoque de capital humano, relacionadas a retornos educação formal, experiência e treinamento no local de trabalho, e que, portanto, não são afetadas pelas principais deficiências das medidas documentadas pela literatura, tais como as relacionadas às taxas de evasão escolar, à repetência e aos aspectos de produtividade da mão de obra (BARRO e LEE, 1993; MULLIGAN e SALA-I-MARTIN, 1995).

Para a análise empírica, utilizou-se o método *Two-Step System-GMM* (Arellano e Bover, 1995; Blundell e Bond, 1998), com a correção dos erros padrão para amostra finita de Windmeijer (2005), e análise dos componentes principais (*Principal Components Analysis - PCA*) para controle da proliferação dos instrumentos (MEHRHOFF, 2009; KAPETANIOS E MARCELLINO 2010; NG E BAI, 2010). Como teste de robustez dos resultados, controlamos a proliferação dos instrumentos através dos métodos de *laglimits* e *colapse*. Os resultados mostraram que o capital humano agregado afeta o crescimento econômico por ambos canais de forma individual. Quanto considera-se as medidas de capital humano desagregado em níveis básico e avançado, este afeta o crescimento econômico somente via canal de *acumulação dos fatores*. No que se refere às magnitudes dos coeficientes estimados para as variáveis de interesse, destacaram-se aqueles relacionados ao capital humano em nível básico, os quais, se mostraram significativos e sempre com impacto superior aos relacionados ao capital humano

avanzado. Em suma os resultados encontrados pela literatura, apesar de utilizarem dados e métodos distintos, se aproximam dos resultados encontrados neste estudo.

Pode-se, portanto, concluir que políticas públicas voltadas à promoção do crescimento econômico a partir da acumulação do capital humano devem ser estimuladas e que, havendo necessidade de escolha alocativa para os recursos, envolvendo etapas educacionais distintas, aquelas que se relacionam à acumulação de capital humano em nível básico devem ser priorizadas.

REFERÊNCIAS

ARELLANO, M.; BOVER, O. Another look at the instrumental-variable estimation of error-components model. **Journal of Econometrics**, v. 68, p. 29-52, 1995.

ARELLANO, Manuel; BOND, Stephen. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. **The review of economic studies**, v. 58, n. 2, p. 277-297, 1991.

BAI, Jushan; NG, Serena. Instrumental variable estimation in a data rich environment. **Econometric Theory**, v. 26, n. 6, p. 1577-1606, 2010.

BARRO, Robert J. Economic growth in a cross section of countries. **The quarterly journal of economics**, v. 106, n. 2, p. 407-443, 1991.

BARRO, Robert J.; LEE, Jong Wha. A new data set of educational attainment in the world, 1950–2010. **Journal of development economics**, v. 104, p. 184-198, 2013.

BARRO, Robert J.; LEE, Jong-Wha. International comparisons of educational attainment. **Journal of monetary economics**, v. 32, n. 3, p. 363-394, 1993.

BAYRAKTAR-SAĞLAM, Bahar. The Stages of Human Capital and Economic Growth: Does the Direction of Causality Matter for the Rich and the Poor?. **Social Indicators Research**, v. 127, n. 1, p. 243-302, 2016.

BECKER, Gary S.; MURPHY, Kevin M.; TAMURA, Robert. Human capital, fertility, and economic growth. **Journal of political economy**, v. 98, n. 5, Part 2, p. S12-S37, 1990.

BENHABIB, Jess *et al.* **The role of human capital and political instability in economic development**. 1992.

BENHABIB, Jess; SPIEGEL, Mark M. The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data. **Journal of Monetary economics**, v. 34, n. 2, p. 143-173, 1994.

BLUNDELL, Richard; BOND, Stephen. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. **Journal of econometrics**, v. 87, n. 1, p. 115-143, 1998.

BOND, Stephen; HOEFFLER, Anke; TEMPLE, Jonathan. *GMM estimation of empirical growth models*. 2001.

BONTEMPI, Maria Elena; MAMMI, Irene. A strategy to reduce the count of moment conditions in panel data *GMM*. 2012.

CANGUSSU, Ricardo Corrêa; SALVATO, Márcio Antônio; NAKABASHI, Luciano. Uma análise do capital humano sobre o nível de renda dos estados brasileiros: MRW versus Mincer. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 40, n. 1, p. 153-183, 2010.

CASTELLÓ-CLIMENT, Amparo; MUKHOPADHYAY, Abhiroop. Mass education or a minority well educated elite in the process of growth: The case of India. **Journal of Development Economics**, v. 105, p. 303-320, 2013.

CUNHA, Aline Francielly; NUNES, Stephano Farias. Educação e Crescimento Econômico: Análise dos Municípios da Região dos Campos Gerais do Paraná. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, v. 17, n. 3, p. 232-239, 2016.

DA SILVA SALGUEIRO, Ariene; NAKABASHI, Luciano; DE PRINCE, Diogo. O papel do capital humano no crescimento: uma análise espacial para o Brasil. **Revista Economia & Tecnologia**, v. 7, n. 4, 2011.

DE LUCAS BONDEZAN, Kezia; DIAS, Joilson. Crescimento Econômico no Brasil: Uma abordagem sobre o papel da acumulação de capital físico e humano. **Revista de Economia**, v. 42, n. 3, 2016.

DE SILVA, Indunil; SUMARTO, Sudarno. Dynamics of Growth, Poverty and Human Capital: Evidence from Indonesian Sub-National Data. 2014.

DALGUEIRO, ARIENE DA SILVA; NAKABASHI, LUCIANO. O Papel do Capital Humano, Spillovers e Difusão Tecnológica no Crescimento. Uma análise espacial para Brasil.

FIRME, Vinícius de Azevedo Couto; SIMÃO FILHO, José. Análise do crescimento econômico dos municípios de minas gerais via modelo MRW (1992) com capital humano, condições de saúde e fatores espaciais, 1991-2000. **Economia Aplicada**, v. 18, n. 4, p. 679-716, 2014.

FULLY, Roberto Miranda Pimentel; TEIXEIRA, Arilton. Os Efeitos da Educação Sobre o Progresso Tecnológico no Brasil. **Gestão e Sociedade**, v. 10, n. 25, p. 1274-1283, 2016.

FRAGA, Gilberto Joaquim. Estudo da relação entre comércio internacional, capital humano e crescimento econômico no Brasil no período de 1995 a 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

GAMA, Victor Azambuja. **Os efeitos da qualidade da educação sobre a acumulação de capital humano e o crescimento econômico no Brasil**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

GAROFALO, Gasper A.; YAMARIK, Steven. Regional convergence: Evidence from a new state-by-state capital stock series. **Review of Economics and Statistics**, v. 84, n. 2, p. 316-323, 2002.

GUIMARÃES, Aucione Aparecida Barros; FULLY, Roberto Miranda Pimentel; SILVEIRA, LUCAS PEREIRA. Análise do capital humano, sob a ótica da teoria do crescimento endógeno, na produtividade total dos fatores no Brasil. **Revista Eletrônica Gestão e Serviços**, v. 8, n. 1, p. 1902-1918.

HANSEN, Lars Peter. Large sample properties of generalized method of moments estimators. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 1029-1054, 1982.

HOLTZ-EAKIN, Douglas; NEWHEY, Whitney; ROSEN, Harvey S. Estimating vector autoregressions with panel data. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 1371-1395, 1988.

IRFFI, Guilherme *et al.* Impactos da abertura comercial e contribuição dos diferenciais de escolaridade sobre o nível de renda dos municípios cearenses, no período 1997-2005. **Ensaio FEE**, v. 37, n. 1, p. 217-254, 2016.

JAMEEL, Saba *et al.* Impact of Human Capital on Economic Growth: A Panel Study. **Bulletin of Business and Economics (BBE)**, v. 5, n. 4, p. 231-248, 2016.

KAPETANIOS, George; MARCELLINO, Massimiliano. Factor-GMM estimation with large sets of possibly weak instruments. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 54, n. 11, p. 2655-2675, 2010.

KAZMI, Syed Mohsin; ALI, Kazim; ALI, Ghamze. Impact of Human capital on Economic Growth: Evidence from Pakistan. 2017.

KYRIACOU, George A. *et al.* **Level and growth effects of human capital: a cross-country study of the convergence hypothesis**. 1991.

LABRA, Romilio; TORRECILLAS, Celia. Guía CERO para datos de panel. Un enfoque práctico. **UAM-Accenture Working Papers**, v. 16, p. 1-57, 2014.

LI, Tingting; WANG, Yong. Growth channels of human capital: A Chinese panel data study. **China Economic Review**, 2016.

LILLO, Romilio Labra; TORRECILLAS, Celia. Estimating dynamic Panel data. A practical approach to perform long panels. **Revista Colombiana de Estadística**, v. 41, n. 1, p. 31-52, 2018.

LILLO, Romilio Labra; TORRECILLAS, Celia. Estimating dynamic Panel data. A practical approach to perform long panels. **Revista Colombiana de Estadística**, v. 41, n. 1, p. 31-52, 2018.

LUCAS JR, Robert E. On the mechanics of economic development. **Journal of monetary economics**, v. 22, n. 1, p. 3-42, 1988.

MANKIW, N. Gregory; ROMER, David; WEIL, David N. A contribution to the empirics of economic growth. *The quarterly journal of economics*, v. 107, n. 2, p. 407-437, 1992.

MEHRHOFF, Jens. A solution to the problem of too many instruments in dynamic panel data *GMM*. 2009.

MINCER, Jacob. Schooling, Experience, and Earnings. *Human Behavior & Social Institutions* No. 2. 1974.

MOREIRA, Élisson Telles. Impactos da tecnologia e do capital humano sobre o crescimento econômico asiático: uma abordagem via dados de painel. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 20, n. 43, 2014.

MULLIGAN, Casey B.; SALA-I-MARTIN, Xavier. Transitional dynamics in two-sector models of endogenous growth. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 108, n. 3, p. 739-773, 1993.

NELSON, Richard R.; PHELPS, Edmund S. Investment in humans, technological *Diffusion*, and economic growth. **The American economic review**, v. 56, n. 1/2, p. 69-75, 1966.

OGUNDARI, Kolawole; AWOKUSE, Titus. Human capital contribution to economic growth in Sub-Saharan Africa: Does health status matter more than education?. **Economic Analysis and Policy**, v. 58, p. 131-140, 2018.

PELINESCU, Elena. The impact of human capital on economic growth. *Procedia Economics and Finance*, v. 22, p. 184-190, 2015.

PINDYCK, R., ROTEMBERG, J., 1982. Dynamic factor demands under rational expectations. NBER Working Paper Series, 1015, p. 21.

ROMER, David; CHOW, Chs. *Advanced macroeconomic theory*. McGraw-hill, 1996.

ROMER, Paul M. Human capital and growth: theory and evidence. In: **Carnegie-Rochester conference series on public policy**. North-Holland, 1990. p. 251-286.

ROODMAN, David. A note on the theme of too many instruments. **Oxford Bulletin of Economics and statistics**, v. 71, n. 1, p. 135-158, 2009

ROODMAN, David. How to do xtabond2: An introduction to *Difference and System GMM* in Stata. 2006.

SALA-I-MARTIN, Xavier X.; MULLIGAN, Casey B. **Measuring Aggregate Human Capital**. Center Discussion Paper, 1995.

SALA-I-MARTIN, Xavier. Regional cohesion: evidence and theories of regional growth and convergence. 1994.

SARGAN, John D. The estimation of economic relationships using instrumental variables. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 393-415, 1958.

SOLOW, Robert M. A contribution to the theory of economic growth. **The quarterly journal of economics**, v. 70, n. 1, p. 65-94, 1956.

TEIXEIRA, Aurora AC; QUEIRÓS, Anabela SS. Economic growth, human capital and structural change: A dynamic panel data analysis. **Research policy**, v. 45, n. 8, p. 1636-1648, 2016.

WINDMEIJER, Frank. A finite sample correction for the variance of linear efficient *Two-Step GMM* estimators. **Journal of econometrics**, v. 126, n. 1, p. 25-51, 2005.

3. INOVAÇÃO E CRESCIMENTO ECONÔMICO: UMA ANÁLISE EM PAINEL DINÂMICO PARA O BRASIL

Resumo

O objetivo deste artigo é testar a hipótese de que a inovação influencia o crescimento econômico de curto e longo prazo no Brasil. Para tal, são utilizadas como *proxies* para inovação, os depósitos e concessões de pedidos de patentes de invenção e modelos de utilidade dos residentes nos 26 estados do Brasil mais o Distrito Federal. Ademais são utilizados os dispêndios com Pesquisa e desenvolvimento, para o período de 2000 a 2015. A análise empírica é conduzida pelas técnicas de painéis dinâmicos, *Two-Step System-GMM* (Arellano e Bover, 1995; Blundell e Bond, 1998) com correção dos erros padrão para amostra finita de Windmeijer (2005). Os resultados indicam que todas as medidas de patentes utilizadas contribuem positivamente para o crescimento econômico das unidades federativas. Todavia, os dispêndios com P&D não foram estatisticamente significativos para explicar o crescimento econômico.

Palavras-chave: Inovação; patentes, crescimento econômico; método dos momentos generalizados (GMM); modelos dinâmicos de dados em painel.

Abstract

The objective of this paper is to test the hypothesis that innovation influence the economic growth of short and long-term in Brazil. To do this, are used as proxies for innovation, deposits and concessions of applications for patents of invention and utility models of residents in 26 Brazilian states plus the Federal District. Moreover, are used the expenditures with R&D, for the period 2000 to 2015. The empirical analysis is conducted by the techniques of dynamic panels, Two-Step, System-GMM (Arellano and Bover, 1995; Blundell and Bond, 1998), with the correction of the standard errors for finite sample of Windmeijer (2005). The results indicate that all measures of patents used contribute positively to the economic growth of the federal units. However, the expenditures with R&D were not statistically significant to explain economic growth.

Keywords: Innovation; P&D; economic growth; GMM model; dynamic panel data.

JEL: O31; O32 O47; C23; C33

3.1 INTRODUÇÃO

O tema inovação conquistou um espaço importante dentro do contexto estratégico de empresas e países como mecanismo para fomentar o crescimento e desenvolvimento econômico. Um dos autores pioneiros sobre a temática da inovação foi Schumpeter, que em sua obra "*The theory of economic development*" de 1911, introduz a figura do empreendedor como sendo o promotor da inovação e a força motriz do desenvolvimento econômico. Em estudos posteriores o autor introduz o conceito de destruição criativa, onde o empreendedor por meio da inovação, criando novos produtos e processos de produção, aumentaria a eficiência alocativa dos recursos em uma economia de mercado, destruindo modelos antigos de negócios, que também serão destruídos pela próxima geração de inovação, aumentando a concorrência, sustentando o crescimento econômico de longo prazo (SCHUMPETER 1934; 1942).

Os estudos de Schumpeter trouxeram luz ao debate acerca da importância do progresso tecnológico para o desenvolvimento econômico. Contudo, na formulação dos primeiros modelos de crescimento econômico neoclássicos, de Solow (1956), Swan (1956) e Meade (1961), a figura do empreendedor ficou implícita dentro do contexto de progresso tecnológico exógeno, no sentido que o progresso técnico é tido como um "*manna from heaven*"⁹. Somente a partir das contribuições de Schultz (1961), Arrow (1962), Becker (1964), Nelson e Phelps (1966), Nordhaus (1969), Mincer (1974), as teorias de crescimento com progresso técnico endógeno foram impulsionadas voltando a atribuir ao agente econômico um papel determinante para o crescimento econômico.

Diante dessas considerações, Romer (1990) e Lucas (1988), consolidam a ideia de que o progresso técnico é impulsionado tanto pelo capital humano quanto pelo investimento em pesquisa e desenvolvimento, dando origem aos primeiros modelos de crescimento econômico endógeno. Posteriormente dentro desse novo arcabouço teórico, houve um processo de resgate do pensamento de Schumpeter, dando origem a uma segunda geração de modelos de crescimento endógeno baseados em inovação, onde destacam-se os modelos de Aghion e Howitt (1992), de Grossman e Helpman (1994), e de Aghion e Howitt (1998).

Os novos modelos de crescimento endógenos corroboram a importância do progresso tecnológico como um elemento imprescindível para promover o crescimento econômico. Nesse contexto, onde o conhecimento é o fator chave para impulsionar o progresso tecnológico, emerge ao debate a importância da proteção da propriedade intelectual (patentes), visto que ela

⁹ "*manna from heaven*" foi o termo utilizado por Charles L. Jones (1998), para descrever que o progresso tecnológico no modelo de Solow (1956) não decorre do comportamento racional dos agentes, que em busca de lucro promovem o progresso técnico, e sim, é dado de forma automática independentemente do que está acontecendo na economia.

garante ao agente inovador a exclusividade de exploração do conhecimento gerado, possibilitando auferir ganhos a partir da inovação desenvolvida, justificando assim, os investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços.

Diante dessas considerações, o objetivo deste artigo é testar a hipótese de que a inovação influencia o crescimento econômico de curto e longo prazo do Brasil. Para tal, são utilizadas como *proxies* para inovação, os depósitos e concessões de pedidos de patentes de invenção e modelos de utilidade dos residentes nos 26 estados do Brasil mais o Distrito Federal para o período de 2000 a 2015.

Este estudo contribui para a literatura de inovação e crescimento econômico no Brasil, uma vez que, não identificamos outros estudos para o Brasil que utilizaram tanto os depósitos quanto as concessões de patentes de invenção e modelos de utilidade para avaliar o impacto da inovação no crescimento econômico das unidades federativas do Brasil. Ademais, este estudo contribui para a literatura pois utiliza a estratégia empírica de painel dinâmico, *System-GMM* (Arellano e Bover, (1995); Blundell e Bond, (1998)) em *Two-Step*, com a correção dos erros padrão para amostra finita de Windmeijer (2005), que de acordo com Stephen Bond, *et al* (2001) é o método mais adequado para estimação conjunta com modelos de crescimento. Além do mais, inovamos com a utilização da técnica de (*Principal Components Analysis - PCA*) para controlar os potenciais problemas de proliferação de instrumentos, e comparamos os resultados encontrados do *PCA* com os métodos tradicionais de restrição de instrumentos *laglimits* e *collapse*.

Além desta introdução, o artigo está organizado da seguinte forma. A seção 3.2 apresenta a revisão de literatura. A Seção 3.3 apresenta a motivação, onde são apresentados os conceitos, definições e algumas estatísticas sobre as patentes e dispêndios com P&D, além do mais, é apresentando o Modelo Teórico. A Seção 3.4 discute a estratégia de identificação, onde apresenta-se o método e descrevemos os dados utilizados na pesquisa. Na seção 3.5 apresenta-se os resultados das estimativas. E por fim, na seção 3.6, são apresentadas as considerações finais.

3.2 REVISÃO DE LITERATURA

Diversos estudos buscam compreender a importância da inovação para o crescimento econômico das nações. Os estudos internacionais mais recentes que utilizam como variável *proxy* para inovação as patentes de propriedade intelectual, em geral, encontram relação positiva entre inovação, e crescimento econômico (WONG POH *et al.* 2005; LEDERMAN E

SAENZ, 2005; TORUN E ÇIÇEKÇİ, 2007; SALGADO-BANDA, 2007, ULKU HULYA, 2007; TUCCI E HASAN, 2009; CÂNDIDO, 2010; JOSHESKI E KOTESKI, 2011; GUZMÁN CHÁVEZ *et al.* 2012; BOLÍVAR E ARREOLA, 2012; GALINDO MARTÍN *et al.* 2012; MARIA PECE *et al.* 2015; BRIMA SESAY *et al.* 2018). Contudo, alguns estudos encontram efeito oposto da inovação medida por patentes no crescimento econômico, como é o caso de Ciobanu *et al.* (2013) e Osorio e Pose, (2003). Os autores argumentam que o efeito negativo da inovação sobre o crescimento econômico sugere a existência de um processo de *catch-up*¹⁰, em consonância com a teoria do crescimento neoclássico.

Também dentro desse escopo, estudos buscam avaliar o impacto da pesquisa e desenvolvimento no crescimento econômico utilizando como medida de P&D os dispêndios com pesquisa e desenvolvimento. Os estudos mais recentes encontram uma relação positiva do P&D e crescimento econômico (ACS *et al.* 2005; TUCCI E HASAN, 2009; KIM *et al.* 2012; MARIA PECE *et al.* 2015; SOKOLOV-MLADENOVIC *et al.* (2016); BRIMA SESAY *et al.* 2018). Todavia, cabe destacar o estudo de Torun e Çiçekçi, (2007) que não encontram efeito dos dispêndios com P&D no crescimento econômico para a Turquia, no período de 1990 a 2002.

Diante desses resultados encontrados pela literatura, cabe frisar, que a existência de diversas medidas de patentes e dispêndios em P&D, combinados com diferentes métodos econométricos utilizados para inferência do efeito da inovação sobre o crescimento econômico, acabam dificultando a comparação dos resultados encontrados. Contudo, dentre os estudos mais próximos da nossa proposta, que é testar se a inovação medida pelos depósitos e concessões de pedidos de patentes de invenção e modelos de utilidade influenciam o crescimento econômico, estão Tucci e Hasan, (2009) e Brima Sesay *et al.* (2018).

Tucci e Hasan, (2009), utilizam os dados globais de patentes para investigar empiricamente a importância da qualidade e quantidade da inovação para o crescimento econômico de um conjunto de 58 países selecionados para o período 1980 – 2003. As principais medidas de inovação utilizadas no estudo são: o número total de patentes concedidas como proporção de um milhão de dólares em gastos com pesquisa e desenvolvimento e o total das despesas em P&D no país como uma razão para o PIB. A estratégia empírica utilizada é de dados em painel dinâmico, com o estimador *Two-Step System-GMM*. Os resultados encontrados indicam que tanto a qualidade quanto a quantidade de patentes contribuem para um maior

¹⁰ *Catch-up* é uma hipótese levantada por historiadores Aleksander Gerschenkron (1952) e Moses Abramovitz (1986), de que em certas circunstâncias os países mais “atrasados” tendem a crescer de forma mais rápida que os países desenvolvidos, reduzindo assim o hiato entre os dois grupos. Uma das razões importantes para a convergência está relacionada a transferência de tecnologia, apresentada no modelo neoclássico de crescimento (CHARLES L. JONES, 1998)

crescimento econômico. Além disso, foram encontradas evidências que os gastos com P&D influenciam positivamente o crescimento econômico.

Brima Sesay et al. (2018), investigam o papel do sistema nacional de inovação no crescimento econômico, para o conjunto de países do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) cobrindo o período de 2000Q1–2013Q4. O estudo utiliza o estimador de Arellano-Bond *Diff-GMM* como estratégia empírica, bem como o estimador de efeitos fixos e efeitos aleatórios. As principais medidas de inovação utilizadas no estudo são: os dispêndios com P&D do governo, número de patentes concedidas. Os resultados encontrados indicam um impacto positivo do sistema nacional de inovação no crescimento econômico do BRICS.

Dentro desse contexto, os trabalhos empíricos sobre inovação e crescimento econômico para o Brasil também tem avançado nos últimos anos. Dentre os estudos mais recentes, destacam-se os trabalhos de Luna Francisco *et al.* (2007) que investigam o impacto dos depósitos de patentes e de marcas na produtividade das firmas industriais e serviços. Os resultados indicam evidências de que o depósito de marcas e de patentes afetam positivamente a produtividade das firmas, e os autores concluem o estudo reforçando a necessidade de investimentos que tornem mais eficiente a operação do sistema de propriedade intelectual no Brasil. Ademais, Rossi Casali *et al.* (2010), testam o possível processo de convergência (*Catch-up*) de renda das regiões brasileiras, utilizando o conceito de *gap* tecnológico¹¹. Os resultados são favoráveis à existência de um provável processo de *Catch-up*. Além disto os resultados também indicam que as patentes registradas impactam positivamente o crescimento do produto nacional e industrial. No tocante aos dispêndios com P&D, os estudos de Rossi Casali *et al.* (2010), Moralles Herick, (2012), Oliveira Lima, (2014) e De Oliveira, (2015) em geral encontram um efeito positivo sobre o crescimento econômico para o Brasil.

A seguir apresentamos uma tabela com o resumo dos principais resultados encontrados nos estudos empíricos anteriormente citados.

¹¹ A existência de diferentes níveis capacitações tecnológicas entre países e regiões.

Tabela 8: Tabela resumo de estudos empíricos sobre inovação e crescimento econômico¹².

AUTORES	PERÍODO	PAÍSES	MÉTODO	VARIÁVEL DEPENDENTE	VARIÁVEL EXPLICATIVA	RESULTADOS
Osorio e Pose, (2003)	1995-2000	Países periféricos da União Europeia	OLS	Crescimento do PIB.	Pedidos de patentes por milhão de habitantes	-0.31
Acs <i>et al.</i> (2005)	1990-1998	17 Países selecionados	2SLS	Média móvel de cinco anos para o crescimento do PIB per capita.	Dispêndios com P&D	1.87
Wong Poh <i>et al.</i> (2005)	2002	37 Países selecionados	OLS	Taxa de crescimento do PIB per capita.	Taxa de concessões de patentes	0.28
Lederman e Saenz, (2005)	1960-2000	15 Países selecionados	IV	PIB per capita.	Patentes concedidas USPTO e EPO	0.23
Torun e Çiçekçi, (2007)	1990-2002	Irlanda, Turquia, Coreia do Sul (Resultado para Turquia)	OLS	PIB per capita.	Patentes da família Triádicas	0.03
					Dispêndios com P&D em relação ao PIB	Sem efeito
Salgado-banda, (2007)	1975-1998	22 países da OCDE	GMM	PIB per capita.	Pedidos de Patente por unidade de força de trabalho	22.68
Ulku Hulya, (2007)	1981-1997	41 países da OCDE	GMM	PIB per capita.	Pedidos de patentes	0.009
Tucci e Hasan, (2009)	1980-2003	58 países selecionados	GMM	Taxa de crescimento do PIB per capita.	Total de patentes concedidas nos EUA	0.0106
					Dispêndios com P&D em relação ao PIB	0.0124
Cândido, (2010)	1996- 2009	56 países selecionados	OLS	Taxa de crescimento do PIB per capita.	Taxa de crescimento dos pedidos de patentes nos EUA	0.11
Rossi Casali, <i>et al.</i> (2010)	1990-2005	Unidades federativas do Brasil	OLS FE	Taxa de crescimento do PIB.	Taxa de crescimento dos pedidos de patentes	0.02
					Taxa de crescimento dos dispêndios com P&D	0.01

¹² Obs: Alguns estudos apresentam mais de uma estimação, portanto, para montar a tabela foram escolhidos de maneira arbitrária aqueles que julgamos ser os principais resultados encontrados.

Josheski e Koteski, (2011)	1963-1993	Países do G7	ARDL	Crescimento trimestral do PIB per capita.	Número de patentes	0.65
Bolívar e Arreola, (2012)	1994-2008	México	OLS FE	PIB per capita.	Pedidos de patentes	0.02
Guzmán Chávez <i>et al.</i> (2012)	1980-2008	México	VECM	PIB real	Número de patentes	0.004
Kim <i>et al.</i> (2012)	1975-2003	100 países selecionados	GMM	Taxa de crescimento média de 5 anos do PIB per capita.	Dispêndios com P&D em relação ao PIB	0.023
Galindo Martín <i>et al.</i> (2012)	2002-2011	13 países desenvolvidos	EGLS	PIB em milhões de dólares norte-americanos	Patentes concedidas	0.24
Morales Herick, (2012)	2004-2009	Unidades federativas do Brasil	OLS FE	PIB	Dispêndio em atividades de C&T	0.394
Ciobanu <i>et al.</i> (2013)	1996-2010	15 países da Europa Central e Oriental	OLS	Crescimento do PIB.	Pedidos de patentes de invenção	-0.05
Oliveira Lima, (2014)	2002-2011	Unidades federativas do Brasil	OLS	PIB per capita.	Dispêndios com P&D (CAPES & CNPq)	0.18
Maria Pece <i>et al.</i> (2015)	2000-2013	Polônia, Hungria e República tcheca (Resultado para República tcheca)	OLS FE	PIB	Pedidos de patentes	0.005
					Dispêndios com P&D Per capita	0.010
De Oliveira, (2015)	2000-2012	Brasil	OLS	Crescimento do PIB.	Dispêndios com P&D	60,57
Sokolov-Mladenović <i>et al.</i> (2016)	2002-2012	2 países da União Europeia	OLS	Taxa de crescimento do PIB	Dispêndios com P&D em percentagem do PIB	0.06
Brima Sesay <i>et al.</i> (2018)	2000-2013	Países do BRICS	GMM	PIB per capita	Dispêndios público com P&D	0.13
					Número de patentes concedidas	Sem efeito

Nota: Elaborado pelos autores

3.3 MOTIVAÇÃO

3.3.1 Patentes, conceitos e definições.

Nessa subseção, faremos uma breve contextualização acerca das patentes no Brasil e no Mundo. A organização mundial da propriedade intelectual “*World Intellectual Property Organization – WIPO*”¹³ é um órgão supranacional, que conjuntamente com a Organização Mundial do Comércio “*World Trade Organization – WTO*”¹⁴ é responsável pelo tratado de cooperação em matéria de patentes, “*Patent Cooperation Treaty – PCT*”¹⁵, firmado em 19 de junho de 1970. O *PCT* tem como objetivo desenvolver o sistema de patentes e de transferência de tecnologia a nível mundial, simplificando o processo de patenteamento, tornando mais eficiente e econômico, tanto para os usuários quanto para os órgãos governamentais.

Para efeito de compreensão, convém ressaltar que os pedidos de patentes são depositados em escritórios de patentes que podem ser nacionais ou regionais. Os escritórios de patentes são os responsáveis tanto pelo acolhimento do pedido, quando pela análise e concessão do direito de patente. Dentre os principais escritórios de patentes mundiais destacam-se, o Escritório Americano de Patentes e Marcas “*United States Patent and Trademark Office – USPTO*”¹⁶; Escritório de Patentes do Japão “*Japan Patent Office – JPO*”¹⁷ e o Escritório de Patentes Europeu “*European Patent Office – EPO*”¹⁸, órgão oficial Europeu responsável pela gestão propriedade intelectual (OECD, 2009). No Brasil o órgão responsável por recebimento e concessão do direito de patentes é o Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI¹⁹, é oportuno frisar que o INPI é signatário ao *PCT*. De forma geral, o tratado *PCT* facilitou os pedidos de patentes nos países, bastando depositar o pedido no *bureau* internacional de qualquer país signatário ao Tratado, indicando em quais nações tem interesse de proteger a invenção.

No que concerne as definições de patentes, o INPI define patente como um título de propriedade temporário outorgado pelo estado, e amparado pela Justiça, que autoriza o inventor ou autor a impedir terceiros, sem sua prévia autorização, executar quaisquer atos relativos a fabricação, comercialização ou importação, de acordo com a Lei da Propriedade Industrial (Lei nº 9.279/96), que regula os direitos e obrigações relativos à propriedade industrial no Brasil.

¹³ WIPO “*World Intellectual Property Organization*”. Ver mais em: <http://www.wipo.int/portal/en/index.html>

¹⁴ WTO “*World Trade Organization*”. Ver mais em: <https://www.wto.org/>

¹⁵ PCT “*Patent Cooperation Treaty*”. Ver mais em: <http://www.wipo.int/pct/en/>

¹⁶ USPTO “*United States Patent and Trademark Office*”. Ver mais em: <https://www.uspto.gov/>

¹⁷ JPO “*Japan Patent Office*”. Ver mais em: <https://www.jpo.go.jp/>

¹⁸ EPO “*European Patent Office*” Ver mais em: <https://www.epo.org/>

¹⁹ Ver mais em: <http://www.inpi.gov.br/>

Ademais, o INPI classifica as patentes entre patentes de invenção (PI) e patentes de modelos de utilidade (MU). As patentes de invenção (PI) são definidas como uma nova solução para um problema técnico específico, dentro de um determinado segmento tecnológico que deve cumprir os requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial. E as patentes de modelos de utilidade (MU), são definidas como um objeto de uso prático, ou parte deste, suscetível de aplicação industrial, que apresente nova forma ou disposição, envolvendo ato inventivo, que resulte em melhoria funcional no seu uso ou em sua fabricação (INPI, 2018).

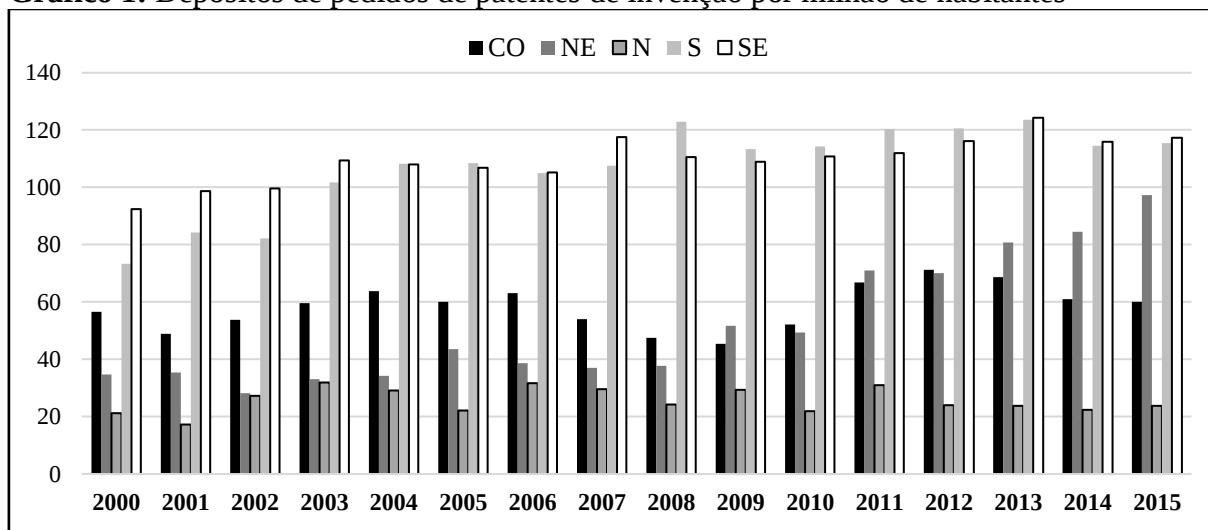
Referente aos prazos de vigência das patentes, após depositado o pedido de patente, no INPI o mesmo é mantido em sigilo durante um prazo aproximado de 18 meses, e posteriormente publicado na Revista da Propriedade Industrial (RPI²⁰). Uma vez concedido o direito de patente, as patentes de invenção (PI) vigoram pelo prazo de vinte anos contados a partir da data de depósito, ou por pelo menos dez anos contados da data de concessão, e as patentes de modelos de utilidade (MU) vigoram pelo prazo de quinze anos contados a partir da data do depósito, ou por pelo menos sete anos contados da data de concessão. Contudo, o titular também pode solicitar a renúncia da patente antes do prazo e também é possível que terceiros entrem com o pedido de caducidade da patente pela falta de uso. Decorrido o período de vigência da patente, cessam os direitos do titular, tornando a invenção de domínio público, podendo qualquer pessoa ou empresa fazer uso da mesma (INPI, 2018)

3.3.2 Estatísticas das Patentes e dispêndios com P&D no Brasil.

Levando-se em consideração os aspectos quantitativos, nessa subseção, mostraremos um breve resumo estatístico da evolução das patentes e dispêndios com P&D nas regiões do Brasil dos residentes²¹. No Brasil entre os anos de 2000 a 2015 foram depositados, aproximadamente 66.386 pedidos de patentes de invenção, dos quais 76% tiveram origem da região Sudeste e 19% da região sul e o restante nas demais regiões. Esses números indicam a existência de uma concentração do processo de inovação no Brasil, especialmente no estado de São Paulo, que, com 28.725 pedidos de patentes de invenção, responde por 68% dos pedidos de patentes da região sudeste. O gráfico 1 apresenta as concentrações de pedidos patentes de inovação por milhão de habitantes nas regiões Centro-Oeste (CO), Nordeste (NE), Norte (N), Sul (S) e Sudeste (SE) do Brasil.

²⁰ Ver mais em: <http://revistas.inpi.gov.br/rpi/>

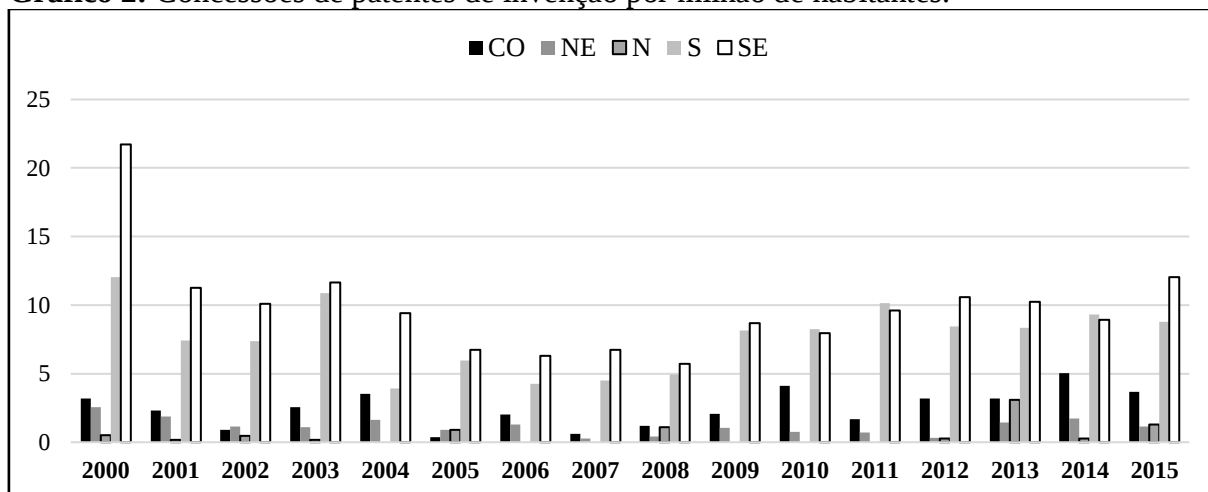
²¹ O estudo concentra-se apenas nos pedidos e concessões de patentes dos residentes nas unidades federativas do Brasil.

Gráfico 1: Depósitos de pedidos de patentes de invenção por milhão de habitantes

Fonte: elaborada pelos autores com dados do INPI.

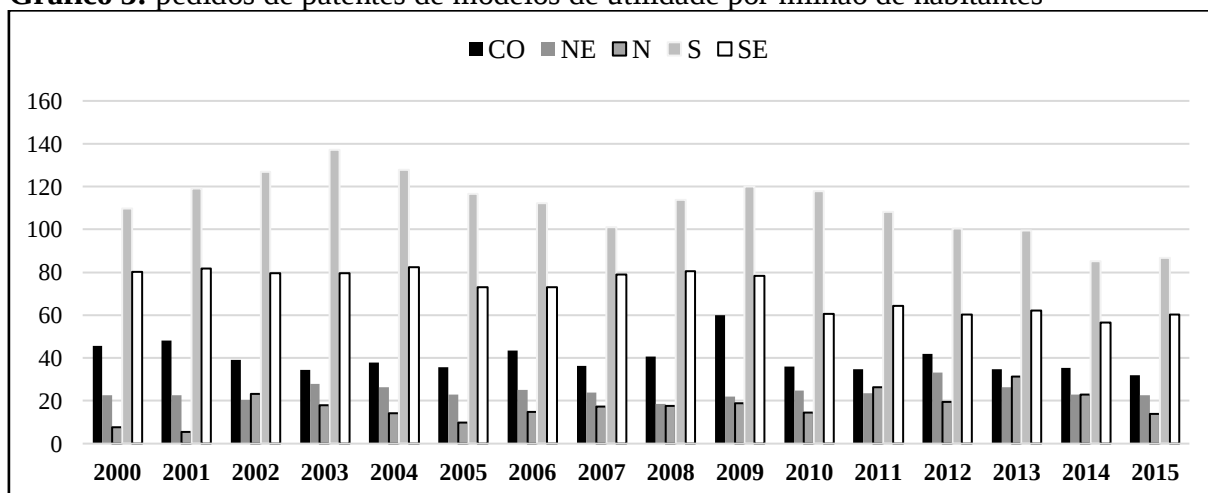
É importante destacar que somente uma fração dos pedidos de patentes são deferidos o direito de propriedade intelectual. O principal motivo para o baixo número de concessões de patentes no Brasil reside nos atrasos na análise dos pedidos de patentes, denominado pela literatura de *backlog*²². Segundo Garcez e Silveira (2017) o tempo de concessão de uma patente no Brasil aumentou de 6,81 anos, em 2003, para 10,8 anos em 2013, indo na contramão dos principais escritórios *EPO*, *JPO*, *USPTO*, implicando em uma redução na eficácia do sistema de patentes Brasileiro produzindo um ambiente de incerteza e insegurança jurídica. Diante dessa realidade, Rodrigues Moura *et al.* (2014) analisaram o *backlog* das patentes sobre a trajetória de crescimento equilibrado da economia, e encontraram uma relação negativa entre o crescimento econômico e o tempo médio de pendência das patentes, concluindo que os longos períodos de espera na concessão das patentes, geram uma perda social na forma de redução do consumo e desencorajam a inovação. O gráfico 2 apresenta a evolução das concessões de patentes por milhão de habitantes nas regiões Centro-Oeste (CO), Nordeste (NE), Norte (N), Sul (S) e Sudeste (SE) do Brasil.

²² “*backlogs*” podem ser compreendidos como os estoques de pedidos pendentes estão na fila de espera por uma decisão do órgão competente, podendo esse indeferir o pedido ou conceder o direito de patente ao requerente.

Gráfico 2: Concessões de patentes de invenção por milhão de habitantes.

Fonte: elaborada pelos autores com dados do INPI.

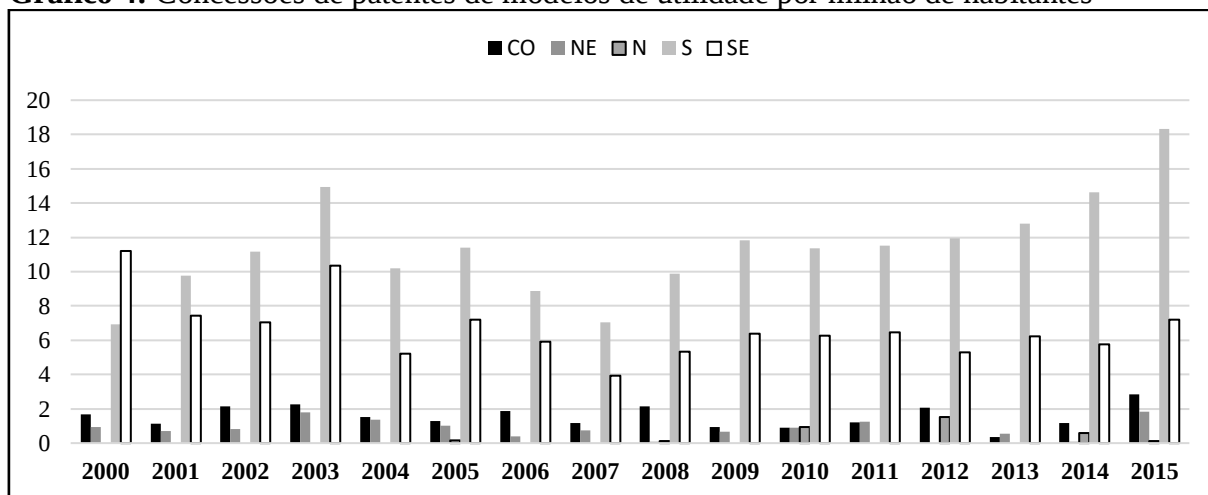
No que diz respeito às patentes de modelos de utilidade, os principais campos tecnológicos que receberam pedidos de patentes nessa categoria entre 2000 e 2011 são os de “mobiliários e jogos” (14%), “manejo” (10%), “engenharia civil” (10%), “outros bens de consumo” (9%), “transporte” (8%), “outras máquinas especiais” (8%) e “tecnologia médica” (6%), “aparatos eletrônicos, engenharia eletrônica e energia elétrica” e “elementos mecânicos” (4%) cada setor, “tecnologia audiovisual” e “máquinas ferramentas” com (3%) cada setor (INPI, 2012). De modo similar as patentes de invenção, a região Sudeste destaca-se das demais regiões em números absolutos de pedidos de patentes de modelos de utilidade. Por outro lado, quando são consideradas as concentrações de pedidos de patentes por milhão de habitantes a região sul lidera. O gráfico 3 apresenta as concentrações de pedidos patentes de modelos de utilidade por milhão de habitantes nas regiões Centro-Oeste (CO), Nordeste (NE), Norte (N), Sul (S) e Sudeste (SE) do Brasil.

Gráfico 3: pedidos de patentes de modelos de utilidade por milhão de habitantes

Fonte: elaborada pelos autores com dados do INPI.

A exemplo do que ocorre nos demais países os pedidos de patentes de modelos de utilidade Brasil são predominantemente de residentes. No período de 2000 a 2015 foram concedidos, 5.527 patentes de modelos de utilidade, dos quais aproximadamente 94,3% foram para residentes no Brasil, diferentemente do que ocorre com as patentes de inovação onde os não residentes representam a grande parcela dos pedidos. Convém também atentar para o número concessões vigentes de modelos de utilidade, que conforme indica o relatório de indicadores de propriedade industrial de (2018) cerca de 8 a 9% dos pedidos permaneceram vigentes por pelo menos 9 a 12 anos, e somente cerca de 6% dos modelos de utilidade chegaram a vigorar pelo prazo total de 15 anos. O gráfico 4 indica as concessões de patentes de modelos de utilidade por milhão de habitantes.

Gráfico 4: Concessões de patentes de modelos de utilidade por milhão de habitantes

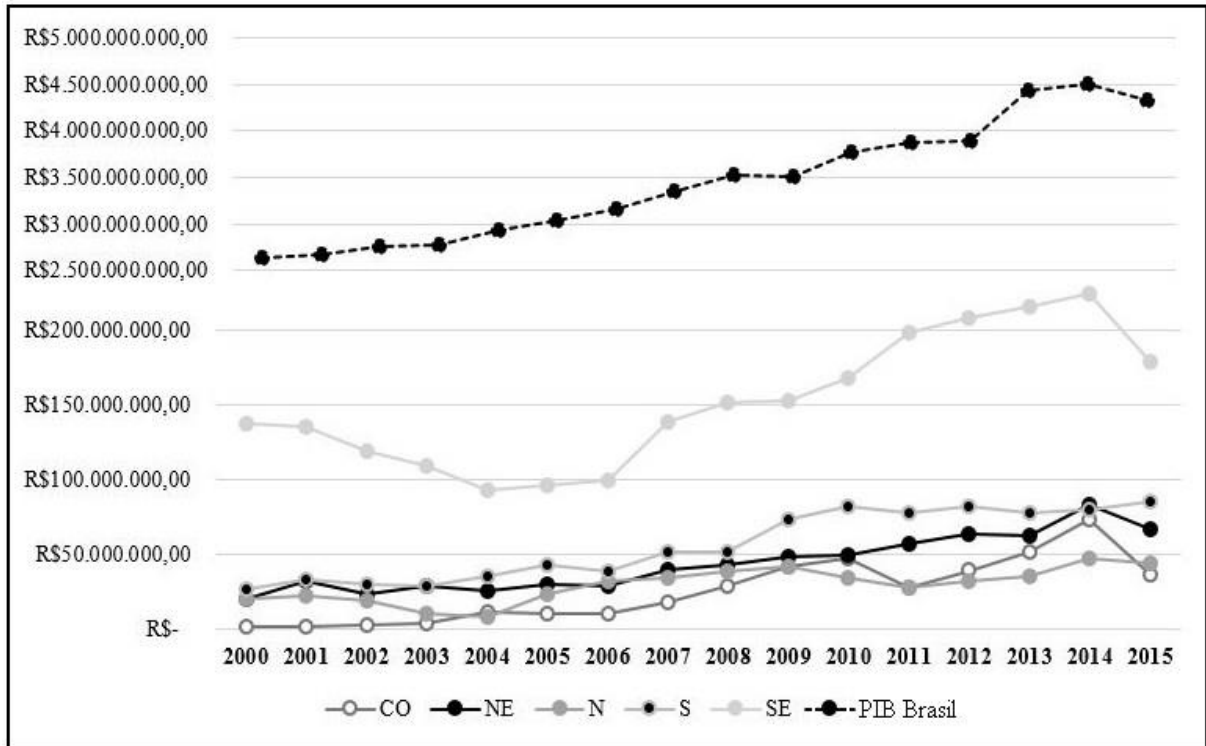


Fonte: elaborada pelos autores com dados do INPI.

Em última análise, apresentamos a evolução dos dispêndios com atividades de pesquisa e desenvolvimento entre os anos de 2000 a 2015. Os dados de dispêndios com P&D compreendem valores aplicados a todo trabalho criativo efetuado sistematicamente para ampliar a base de conhecimentos científicos e tecnológicos, tanto público quanto privado. O gráfico 5, então expõe a evolução dos dispêndios com P&D por milhão de habitantes e o Produto interno bruto do Brasil, ambos em valores constantes para 2010. É possível notar que os dispêndios em P&D entram em uma tendência de crescimento em meados 2004 e 2005 devido a dois marcos importantes para inovação no Brasil. O primeiro Marco foi a Lei nº 10.973/2004 conhecida como “Lei de Inovação” que permitiu as parcerias entre universidades públicas e instituições privadas como empresas, contribuindo para o surgimento de incubadoras e parques tecnológicos, e que além do mais, criou a modalidade de apoio financeiro através de subvenção econômica direta as empresas com foco em inovação. E o segundo marco é a Lei nº

11.196/2005 “Lei do Bem” que por meio de incentivos fiscais a partir da dedução no imposto de renda das pessoas jurídicas tornou-se o principal instrumento de estímulo a inovação empresarial no Brasil.

Gráfico 4: Dispendios em P&D por milhão de habitantes e PIB em valores constantes de 2010.



Fonte: elaborada pelos autores com dados do MCTIC.

3.3.2 Modelo Teórico

Partindo do modelo de crescimento com inovação proposto por Wong Poh, et al. (2005), que é uma extensão do modelo de crescimento neoclássico com retornos constantes de escala, as inovações tecnológicas podem ser consideradas como um fator de produção em expansão, onde a inovação é inserida explicitamente como determinante exógeno²³ do crescimento econômico, representando o capital de conhecimento.

Considerando a seguinte função de produção do tipo Cobb-Douglas agregada dada por:

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

onde Y é o produto, A é fator de produção desagregado, K é o capital físico e L é o trabalho empregado. Dividindo ambos os lados por L , temos:

²³ A escolha de um modelo com progresso técnico exógeno proposto por Wong Poh, et al. (2005) em detrimento a um modelo com progresso técnico endógeno, tem por objetivo de simplificação, uma vez, que buscamos uma relação de causalidade entre a inovação e crescimento econômico não a contabilidade do crescimento.

$$\frac{Y}{L} = A^o K^\alpha L^{\beta-1}, \quad (2)$$

multiplicando o lado direito por $\frac{L^\alpha}{L^\alpha}$.

$$\frac{Y}{L} = A^o \left(\frac{K}{L}\right)^\alpha L^{\alpha+\beta-1}, \quad (3)$$

assumindo retorno constantes de escala $\alpha + \beta = 1$. Onde

$$\frac{Y}{L} = A^o \left(\frac{K}{L}\right)^\alpha, \quad (4)$$

tomando o logaritmo natural de ambos os lados:

$$\ln\left(\frac{Y}{L}\right) = \ln A^o + \alpha \ln\left(\frac{K}{L}\right), \quad (5)$$

Assumimos que o crescimento da produtividade dos fatores desagregados, A^o , pode ser explicado pelo estoque de capital de propriedade intelectual.

$$\ln A^o = B^o + \phi Pat \quad (6)$$

onde, B^o é uma Constante; Pat é o número de patentes que representam a medida de Inovação Tecnológica.

Substituindo (6) em (5), temos:

$$\ln\left(\frac{Y}{L}\right) = B^o + \phi Pat + \alpha \ln\left(\frac{K}{L}\right), \quad (7)$$

Levando em consideração que estamos trabalhando com 27 unidades federativas no período de 2000 a 2015, logo podemos reescrever a equação (7) como:

$$\ln(y_{it}) = B^o + \phi Pat_{it} + \alpha \ln(k_{it}), \quad (8)$$

Onde $y_{it} \equiv \frac{Y_{it}}{L_{it}}$ denota o produto per capita, ϕPat_{it} o número de patentes e $k_{it} \equiv \frac{K_{it}}{L_{it}}$ denota o estoque de capital físico per capita, na unidade da federação i no instante de tempo t . Logo a equação econométrica do crescimento pode ser expressa como:

$$\ln(y_{it}) = B^o + \phi Pat_{it} + \alpha \ln(k_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

A equação (9) nos mostra a relação entre inovação e crescimento econômico, onde a inovação é medida pelo número de patentes das unidades federativa do Brasil.

3.4 ESTRATÉGIA DE IDENTIFICAÇÃO

3.4.1 Método

O objetivo deste estudo é testar se a inovação medida pelas patentes de invenção e modelos de utilidade afetam o crescimento do Brasil de curto e longo prazo. Diante dessas considerações, modelamos a relação de crescimento através da técnica de painel dinâmico “*Dynamic Panel Data – DPD*”. A utilização do modelo dinâmico permite levar em conta a persistência da variável dependente no tempo, visto que é prudente considerar que o crescimento econômico tende a estar correlacionado no tempo, devido a razões tecnológicas ou institucionais uma vez que elas não mudam totalmente de um ano para outro, e também a razões psicológicas, em virtude que as pessoas não mudam seus hábitos de consumo de forma imediata. Assim sendo, o modelo de painel dinâmico incorpora a variável dependente defasada como sendo uma variável explicativa.

O modelo de painel dinâmico pode ser representado pela seguinte equação:

$$y_{it} = \delta y_{it-1} + X'_{it}\beta + \mu_{it}, \text{ para } i = \dots, N \text{ e } t = 1, \dots, T$$

Onde: δ é um escalar; y_{it-1} representa a variável dependente defasada; X'_{it} é o vetor de variáveis explicativas; β é o vetor de coeficientes e μ_{it} é o termo de erro dado por:

$$\mu_{it} = \mu_i + v_{it}$$

sendo: $\mu_i \sim \text{IID}(0, \sigma_\mu^2)$ e $v_{it} \sim \text{IID}(0, \sigma_v^2)$ independentes uns dos outros e entre si²⁴.

Para as estimações será utilizado o estimador sistema de momentos generalizados “*System - GMM*” proposto por Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998). Conforme Roodman (2006), o estimador *SYS-GMM* é adequado para quando temos poucos períodos de tempo e muitos indivíduos, e também, quando as variáveis explicativas não são estritamente exógenas e existem efeitos fixos individuais. Ademais, o método também é indicado quando existe uma relação linear funcional, podendo apresentar heteroscedasticidade e autocorrelação nos indivíduos, porém não entre eles.

Segundo Bontempi e Mammi (2012) e Roodman (2009) a desvantagem do estimador *system-GMM* de Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998) é a proliferação de instrumentos que ocorre de forma quadrática na dimensão temporal, gerando muitos instrumentos incorrendo em um *trade-off* entre viés “*overfitting*” e eficiência do estimador. Para controlar esse problema, além dos métodos tradicionais de truncamento da matriz de instrumentos “*laglimits*” e o estreitamento horizontal da matriz de instrumentos “*collapse*”,

²⁴ Para mais detalhes ver Baltagi (2008).

utilizaremos o método de extração de componentes principais “*Principal Components Analysis – PCA*” da matriz de instrumentos, que consiste no processo de fatoração que minimiza a perda informacional da matriz de instrumentos. O método *PCA* tem a vantagem de apresentar um menor viés, maior robustez, em virtude, que é uma técnica estatisticamente fundamentada e orientada por dados, que reduz a arbitrariedade do pesquisador na delimitação dos instrumentos, gerando um número menor de instrumentos maximamente representativo do original (MEHRHOFF, 2009; KAPETANIOS e MARCELLINO 2010; NG E BAI, 2010).

Para apurar a qualidade do ajustamento do modelo, são reportados os testes de sobreidentificação de Hansen (1982) sob a hipótese nula que os instrumentos não são correlacionados com o termo de erro e o teste de *difference*-Hansen que testa a validade dos instrumentos adicionais, tendo como hipótese nula que os instrumentos adicionais são válidos. No que tange a consistência do estimador, são reportados os testes de Arellano e Bond de primeira ordem AR (1) e segunda ordem AR (2). Para que o estimador seja consistente espera-se que exista correlação serial de primeira ordem e não haja e correção serial de segunda ordem (ROODMAN, 2009).

Para a correta identificação do efeito da inovação sobre o crescimento econômico, adicionamos uma variável *dummie* para controlar os choques macroeconômicos das principais crises financeiras ocorridas durante o período do estudo que são: 2001-2002: “Crise argentina”; 2008-2009: “Grande Recessão”; 2009-2010: “Crise da dívida na Europa, e uma variável de tendência temporal resultando na seguinte equação econométrica a ser estimada.

$$\ln y_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \ln y_{it-1} + \varphi_2 \ln(k_{it}) + \varphi_3 Pat_{it} + \varphi_4 Covariates_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

Para fins de estimação são consideradas como endógenas a variável dependente defasada $[\ln(y_{it-1})]$ e o estoque de capital físico $[\ln(k_{it})]$, as demais variáveis são consideradas exógenas indo ao encontro do modelo teórico.

Portanto, com objetivo de avaliar o impacto da inovação sobre o crescimento econômico das unidades federativas do Brasil, emprega-se o método de painéis dinâmicos, *System-GMM* (Arellano e Bover, (1995); Blundell e Bond, (1998)) em *Two-Step*, com a correção dos erros padrão para amostra finita de Windmeijer (2005). Para controlar os potenciais problemas de proliferação de instrumentos, serão utilizados os métodos de *laglimits* e *collapse* e *PCA*.

3.4.2 Dados

As principais medidas de inovação utilizadas neste estudo são, os depósitos de pedidos de patentes de invenção (Dep_Pi) e as concessões de patentes de invenção (Conc_Pi) por milhão

de habitantes²⁵. Também, são utilizados os depósitos de pedidos patentes de modelos de utilidade (Dep_Mu) e as concessões de patentes de modelos de utilidade (Conc_Mu) por milhão de habitantes. Os dados de patentes foram coletados junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, e os dados de população foram coletados junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, para as unidades federativas do Brasil no período de 2000 a 2015. Ademais, utilizamos os dispêndios estaduais com P&D, coletado junto ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e comunicações – MCTIC. Os dados de dispêndios com P&D foram deflacionados pelo índice de preços ao consumidor amplo – IPCA, para valores constantes de 2010, posteriormente dividido por milhão de habitantes de cada respectiva unidade federativa.

É oportuno frisar que, apesar das patentes refletirem o desempenho inovativo, elas apresentam vantagens e desvantagens quando utilizadas como *proxy* para inovação. As vantagens concernem ao fato de que as patentes têm uma ligação estreita com a invenção e cobrem uma ampla gama de tecnologias sobre as quais muitas vezes há poucos dados. Além do mais, os dados sobre patentes são de fácil acesso, estando disponíveis nos principais escritórios de patentes. Contudo, esses dados de patentes apresentam algumas desvantagens, em razão de que muitas invenções não são patenteadas, pois não se encaixam nas condições de invenção patenteáveis, ou, seus inventores optam por proteger suas invenções usando outros métodos, como sigilo, *lead time*²⁶. Outras desvantagens são referentes a distribuição de valores das patentes que acabam distorcidos, em virtude de que muitas patentes não têm aplicação industrial e, portanto, são de pouco valor para a sociedade. (OECD, 2009).

Ademais, temos a variável dependente, que é representada pelo logaritmo natural do Pib por unidade efetiva de trabalho, $\ln(y)$, representada pelo nível do produto interno bruto das unidades federativas do Brasil (PIB), dividido pela população economicamente ativa (PEA). O PIB foi coletado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e deflacionado pelo deflator implícito do PIB, para valores constantes de 2010. A população economicamente ativa foi extraída da PNAD e os anos faltantes de 2000 e 2010 foram complementadas pela média entre o ano anterior e o posterior. Além do PIB também temos, a variável de estoque de capital físico por unidade efetiva de trabalho, $\ln(k)$, obtida a partir da multiplicação da participação percentual das unidades federativas na formação do PIB do Brasil, pela formação bruta de capital fixo para o Brasil, obtido junto ao IBGE, e posteriormente deflacionado pelo IPCA e

²⁵ O objetivo de utilizar as patentes por milhão de habitantes é tornar as unidades federativas comparáveis.

²⁶ *Lead-time* é uma estratégia de proteção da inovação com foco no tempo, ou seja, o agente inovador protege sua inovação colocando o seu produto no mercado mais rápido que a concorrência, e, antes mesmo que a concorrência consiga copiar sua inovação, o agente inovador já está desenvolvendo uma nova geração do seu produto, reafirmando sua vantagem no mercado (HIPP E HERSTATT, 2006).

dividido pela população economicamente ativa. Em resumo as variáveis utilizadas podem ser vistas na tabela 2.

Tabela 9: Descrição das variáveis utilizadas.

Legenda	Descrição	Fonte
L	População economicamente ativa	PNAD
Y	Produto interno bruto / L	IBGE
K	Estoque de capital físico / L	IBGE
Dep_Pi	Depósito de pedidos de patentes de inovação por milhão de habitantes	INPI
Conc_Pi	Concessão de patentes de inovação por milhão de habitantes	INPI
Dep_Mu	Depósito de patentes para modelos de utilidade por milhão de habitantes	INPI
Conc_Mu	Concessão de patentes de modelos de utilidade por milhão de habitantes	INPI
P&D	Dispêndios estaduais em P&D por milhão de habitantes	MCTIC
D_Crise	Dummy de crises: 2001-2002: “Crise argentina”; 2008-2009: “Grande Recessão”; 2009-2010: “Crise da dívida na Europa.	

Fonte: elaborada pelos autores.

Portanto, para inferência estatística temos um painel desbalanceado para as 27 unidades federativas, sendo 26 estados e um distrito federal. Adicionalmente controlamos os choques macroeconômicos com uma variável *dummy* de crise e também adicionamos uma variável de tendência²⁷ linear, que assume valores de 0, 1, 2, ..., 15. Na Tabela 3 são apresentadas as estatísticas descritivas para as variáveis utilizadas no estudo.

Tabela 10: Estatísticas Descritivas.

Variable	Obs	Mean	Std. Dev	Min	Max	Período
Ln(y)	432	3.299054	0.4804257	2.191654	4.672851	2000-2015
ln(k)	432	-5.34285	0.5165546	-6.672687	-3.861698	2000-2015
P&D	410	1.19e+07	2.30e+07	1805.87	1.62e+08	2000-2015
Dep_Pi	432	13.05669	13.21643	0	51.21776	2000-2015

²⁷ A variável de tendência é incluída para evitar o problema de regressão espúria. Ver mais detalhes em: Wooldridge Introductory Econometrics: A Modern Approach, Fifth Edition, Chapter 10.

Conc_Pi	432	0.8019507	1.359006	0	9.335417	2000-2015
Dep_Mu	432	9.788657	12.40218	0	56.87443	2000-2015
Conc_Mu	432	0.7664029	1.488938	0	8.271392	2000-2015
D_crise	432	0.3125	0.4640498	0	1	2000-2015
Trend	432	7.5	4.615117	0	15	2000-2015

Fonte: elaborada pelos autores.

Na tabela 4, é apresentada a matriz de correlações entre as variáveis utilizadas. Os dados indicam que as maiores correlações são entre as variáveis Pib ($\ln(y)$) e estoque de capital físico por unidade efetiva de trabalho ($\ln(k)$), seguido, pelas medidas de inovação representadas pelas patentes por milhão de habitantes.

Tabela 11: Matriz de correlação das variáveis.

Variable	$\ln(y)$	$\ln(k)$	P&D	Dep_Pi	Conc_Pi	Dep_Mu	Conc_Mu	D_crise	Trend
$\ln(y)$	1.0000								
$\ln(k)$	0.9653	1.0000							
P&D	0.4263	0.4339	1.0000						
Dep_Pi	0.7058	0.6612	0.5931	1.0000					
Conc_Pi	0.5671	0.5166	0.6236	0.7913	1.0000				
Dep_Mu	0.5529	0.4889	0.4660	0.8843	0.7593	1.0000			
Conc_Mu	0.4531	0.4015	0.5410	0.8176	0.8066	0.8615	1.0000		
D_crise	0.0006	0.0226	0.0124	-0.0341	-0.0173	0.0078	0.0141	1.0000	
Trend	0.2484	0.4217	0.1373	0.0836	-0.0355	-0.0825	-0.0086	0.0110	1.0000

Fonte: elaborada pelos autores.

3.5 RESULTADOS

A tabela a seguir apresentam doze estimações, com objetivo para examinar o impacto da inovação no crescimento econômico do Brasil para o período de 2000 a 2015. A análise empírica é conduzida através do estimador de (Arellano e Bover, 1995; Blundell e Bond, 1998) *Two-Step, System-GMM* com a correção dos erros padrão para amostra finita de Windmeijer (2005), alternando entre os métodos *PCA*, *laglimits* e *collapse* para controle da proliferação dos instrumentos. Portanto, cabe frisar que, da estimação (1) a (4), são utilizados os métodos

laglimits, *collapse* e *PCA* conjuntamente, colapsando as variáveis endógenas ($\ln(y_{t-1})$; $\ln(k)$) e limitando as defasagens em, lag(1 9), utilizando (19) componentes principais no método *PCA*. Da estimação (5) a (8) é somente utilizado o método *PCA* com (19) componentes principais. Por fim, da estimação (9) a (12), são utilizados os métodos *laglimits* e *collapse*, limitando as defasagens em lag (1 9) e colapsando as variáveis endógenas.

Primeiramente é verificado a qualidade do ajustamento do modelo. Na tabela (5), temos os testes de J-Hansen, *Difference-in-Hansen*, e os testes de autocorrelação de primeira e segunda ordem de Arellano e Bond e a medida de Kaiser-Meyer-Olkin (K-M-O). O teste J-Hansen não rejeita a hipótese nula de que os instrumentos são validos para todas as especificações e o teste *Difference-in-Hansen*, não rejeita a hipótese nula que os instrumentos adicionais são válidos para todas as especificações as quais está disponível. Quanto aos testes de autocorrelação de primeira e segunda ordem de Arellano-Bond, os resultados rejeitam a hipótese nula de ausência de autocorrelação de primeira ordem AR (1) e não rejeitam a hipótese nula de ausência de autocorrelação de segunda ordem AR (2) para todas as especificações, indicando que os instrumentos são válidos e não são correlacionados com o termo de erro. A medida de Kaiser-Meyer-Olkin (K-M-O) de adequação amostral para o *PCA* indica que a análise fatorial está adequadamente ajustada aos dados para todas as especificações as quais está disponível. Em termos gerais, todas as estimações apresentam boa qualidade do ajustamento. Ademais, chamamos a atenção para o número de instrumentos que é menor que o número de grupos representado pelos 26 estados mais o distrito federal, totalizando 27 grupos. Conforme recomendado pela literatura, o número de instrumentos deve ser menor que o número de grupos (ROODMAN, 2009; LABRA E TORRECILLAS, 2014; LILLO E TORRECILLAS, 2018)

No tocante aos resultados, a variável dependente defasada $\ln(y_{t-1})$, é significativa ao nível de 1% de confiança para todas as especificações, indicando que o componente dinâmico é importante para explicar o crescimento econômico, corroborando a utilização do método de painel dinâmico. Quanto aos resultados das variáveis de interesse, é possível inferir que tanto a medida de patente de invenção quanto os modelos de utilidade impactaram positivamente no crescimento do Pib das unidades federativas do Brasil. Cabe destacar que as concessões de patentes de invenção (*Conc_PI*), apresentam uma magnitude até 10 vezes maiores que os depósitos de patentes de invenção (*Dep_PI*). Quanto as patentes de modelos de utilidade, também se destacam as concessões de modelos de utilidade (*Conc_MU*) apresentando magnitudes superiores aos depósitos de pedidos de modelos de utilidade (*Dep_MU*).

Os resultados encontrados em termos de magnitudes dos coeficientes do impacto de curto prazo da inovação medida por patentes no crescimento econômico, vão ao encontro dos trabalhos de Ulku Hulya, (2007); Tucci e Hasan, (2009); Rossi Casali, et al. (2010) para o conjunto de países selecionados, e também corroboram com os resultados encontrados por Bolívar e Arreola, (2012) & Guzmán Chávez *et al.* (2012) para o México, ademais, com Torun e Çiçekçi, (2007) para Turquia e Irlanda.

Quanto aos dispêndios estaduais com P&D este não foi estatisticamente significativo para explicar o crescimento econômico das unidades federativas do Brasil. Este resultado corrobora com o estudo de Torun e Çiçekçi, (2007) para a Turquia e algumas estimações para Coreia do Sul. No tocante ao estoque de capital físico ($\ln(k)$), este, mostrou-se positivo e estatisticamente significativo ao nível de 1% de significância para todas as especificações, como previsto pelo modelo teórico. Em termos de magnitude dos coeficientes, fica evidente a importância do capital físico para o crescimento econômico brasileiro. Ademais, a variável para o controle de choques macroeconômicos (D_Crise) apresentou coeficiente negativo conforme esperado, sendo estatisticamente significativo para as estimações, (2), (3), (4), (8), (12). Por fim, a variável de tendência ($Trend$) apresentou-se estatisticamente significativa com sinal positivo somente para a estimação (7).

Em suma, os resultados indicam que a inovação medida por depósitos e concessões de pedidos de patentes de invenção e modelos de utilidade foram importantes para explicar o crescimento econômico de curto prazo das unidades federativas do Brasil, destacando-se as medidas de concessões tanto de patentes de invenção quanto modelos de utilidade, que a apresentaram magnitudes superiores as magnitudes encontradas para os depósitos de patentes. Contudo, os dispêndios estaduais com P&D, não foram estatisticamente significativos, para explicar o crescimento econômico.

Tabela 12: Resultados *Two-Step System-GMM* para depósito de pedidos de patentes de invenção.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Dep_PI	0.006*** (0.00)				0.008*** (0.00)				0.007*** (0.00)			
Dep_MU		0.004** (0.00)				0.005* (0.00)				0.005** (0.00)		
Conc_PI			0.042*** (0.01)				0.082*** (0.03)				0.047*** (0.01)	
Conc_MU				0.024*** (0.01)				0.025*** (0.01)				0.026*** (0.01)
$\ln(y_{t-1})$	0.36*** (0.06)	0.41*** (0.07)	0.39*** (0.06)	0.39*** (0.07)	0.43*** (0.06)	0.51*** (0.03)	0.29*** (0.10)	0.48*** (0.04)	0.37*** (0.07)	0.42*** (0.08)	0.40*** (0.07)	0.41*** (0.08)
$\ln(k)$	0.39*** (0.03)	0.36*** (0.04)	0.39*** (0.03)	0.39*** (0.03)	0.25*** (0.03)	0.25*** (0.04)	0.23*** (0.04)	0.28*** (0.03)	0.35*** (0.03)	0.31*** (0.04)	0.34*** (0.03)	0.35*** (0.03)
P&D	-0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
D_Crise	-0.00 (0.01)	-0.01* (0.01)	-0.01** (0.01)	-0.01** (0.00)	-0.00 (0.01)	-0.01 (0.01)	-0.01 (0.01)	-0.01* (0.01)	-0.00 (0.01)	-0.01 (0.01)	-0.01 (0.01)	-0.01** (0.00)
Trend	-0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.01* (0.00)	0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)
Constant	4.14*** (0.30)	3.83*** (0.36)	4.07*** (0.26)	4.13*** (0.30)	3.09*** (0.29)	2.89*** (0.28)	3.46*** (0.33)	3.21*** (0.17)	3.85*** (0.32)	3.51*** (0.36)	3.78*** (0.26)	3.80*** (0.28)
<i>Specification</i>	<i>Laglimits, Collapse & PCA</i>				<i>PCA</i>				<i>Laglimits & Collapse</i>			
AR (1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AR (2)	0.41	0.73	0.56	0.47	0.20	0.41	0.40	0.23	0.28	0.57	0.41	0.30
J-Hansen	0.12	0.09	0.10	0.09	0.09	0.07	0.13	0.07	0.14	0.09	0.12	0.12
Diff-Hansen									0.78	0.54	0.64	0.86
K-M-O	0.87	0.87	0.87	0.87	0.84	0.84	0.84	0.84				
Instruments	24	24	24	24	24	24	24	24	25	25	25	25
N	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390
Groups	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27

Nota: Os níveis de significância são representados por *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10; o valor entre parênteses representa o erro-padrão robusto de Windmeijer (2005).

A técnica de painel dinâmico possibilita a estimação dos efeitos de longo prazo, permitindo capturar a persistência do processo considerando as condições da economia no tempo anterior pelo termo dinâmico. A estimação dos efeitos de longo prazo é dada pela seguinte expressão:

$$\frac{\hat{\beta}}{1 - \hat{\delta}}$$

onde: Acento circunflexo [^], representa as estimativas consistentes dos parâmetros no curto prazo. Diante dessas considerações, a tabela 6 apresenta os resultados estimados de longo prazo da inovação sobre o crescimento.

Tabela 13: Efeitos de longo prazo para *Two-step System-GMM*.

<i>Specifications</i>	<i>Lag limits, collapse & PCA</i>	<i>PCA</i>	<i>Lag limits & collapse</i>
Dep_PI	0.0096*** (0.001)	0.013*** (0.003)	0.010*** (0.002)
Dep_MU	0.0072*** (0.002)	0.010** (0.005)	0.009*** (0.003)
Conc_PI	0.069*** (0.012)	0.116*** (0.029)	0.078*** (0.013)
Conc_MU	0.039*** (0.007)	0.047*** (0.015)	0.044*** (0.010)

Nota: Todas as estimações foram realizadas a partir do método *two-step system-GMM*. Os níveis de significância são representados por *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10; o valor entre parênteses representa o erro-padrão robusto de Windmeijer (2005).

Em geral, os resultados evidenciam que no longo prazo as magnitudes do impacto da inovação no crescimento econômico são ampliadas, uma vez. É possível observar, que o coeficiente de longo-prazo dos depósitos de pedidos de patentes de inovação (Dep_PI) e as concessões de patentes de inovação (Conc_PI), continuam estatisticamente significativas ao nível de 1% confiança para todas as estimações. Ademais, os resultados indicam que os depósitos de patentes de modelos de utilidade (Dep_MU) e as concessões (Conc_MU) são estatisticamente significativas a pelo menos 5% de confiança para todas as estimações. Em termos gerais, os efeitos de longo prazo encontrados seguem as mesmas relações daqueles estimados anteriormente.

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo tem o objetivo de avaliar o impacto da inovação sobre o crescimento de curto e longo prazo no Brasil. Contribui-se para o debate sobre inovação em âmbito nacional, na medida que se analisa o impacto da inovação medida pelas patentes de inovação e modelos de utilidade dos residentes no crescimento econômico das 27 unidades federativas do Brasil. Emprega-se o método de painéis dinâmicos, System-GMM (Arellano e Bover, (1995); Blundell e Bond, (1998)) em *Two-Step*, com a correção dos erros padrão para amostra finita de Windmeijer (2005). Para controlar os potenciais problemas de proliferação de instrumentos, são utilizados os métodos de *laglimits* e *collapse* e *PCA*.

A hipótese principal testada é que a inovação medida por depósitos e concessões de patentes de inovação e depósitos e concessões de patentes de modelos de utilidade por milhão de habitantes e os dispêndios com pesquisa e desenvolvimento contribuem para o crescimento econômico das unidades federativas de curto e longo prazo. Os resultados indicam que todas as medidas de patentes utilizadas como *proxy* para inovação contribuem positivamente para o crescimento econômico de curto e longo prazo das unidades federativas. Cabe destacar que as medidas de concessões de patentes em termos gerais apresentam magnitudes até 10 vezes maiores que os depósitos de patentes. Quanto aos dispêndios com pesquisa e desenvolvimento, não encontramos efeito no crescimento.

Conclui-se então que inovação medida por patentes, sejam elas patentes de inovação ou patentes de modelos de utilidade, impactam positivamente no crescimento econômico de curto e longo prazo do Brasil. Diante desses resultados encontrados, este estudo pode servir como instrumento para orientar os formuladores de políticas públicas a olhar com maior atenção para a questão dos gargalos enfrentadas pelo o sistema patentário Brasileiro, de modo a tornar o processo de patenteamento no Brasil mais eficiente, corroborando para o crescimento econômico.

REFERÊNCIAS

- ACS, Zoltan J. *et al.* **Growth and Entrepreneurship: An Empirical Assessment**. Papers on Entrepreneurship, Growth and Public Policy, 2005.
- AGHION, Philippe *et al.* Competition and innovation: An inverted-U relationship. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 120, n. 2, p. 701-728, 2005.
- AGHION, Philippe *et al.* **Endogenous growth theory**. MIT press, 1998.

ARELLANO, M.; BOVER, O. Another look at the instrumental-variable estimation of error-components model. **Journal of Econometrics**, v. 68, p. 29-52, 1995.

ARELLANO, Manuel; BOND, Stephen. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. **The review of economic studies**, v. 58, n. 2, p. 277-297, 1991.

ARROW, Kenneth J. The economic implications of learning by doing. **The review of economic studies**, v. 29, n. 3, p. 155-173, 1962.

BAI, Jushan; NG, Serena. Instrumental variable estimation in a data rich environment. **Econometric Theory**, v. 26, n. 6, p. 1577-1606, 2010.

BALTAGI, Badi. **Econometric analysis of panel data**. John Wiley & Sons, 2008.

BECKER, Gordon M.; DEGROOT, Morris H.; MARSCHAK, Jacob. Measuring utility by a single-response sequential method. **Behavioral science**, v. 9, n. 3, p. 226-232, 1964.

BILBAO-OSORIO, Beñat; RODRÍGUEZ-POSE, Andrés. From R&D to innovation and economic growth in the EU. **Growth and Change**, v. 35, n. 4, p. 434-455, 2004.

BLUNDELL, Richard; BOND, Stephen. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. **Journal of econometrics**, v. 87, n. 1, p. 115-143, 1998.

BOLÍVAR, Humberto Ríos; ARREOLA, Juan Marroquín. Innovación tecnológica como mecanismo para impulsar el crecimiento económico evidencia regional para México. **Contaduría y administración**, v. 58, n. 3, p. 11-37, 2013.

BONTEMPI, Maria Elena; MAMMI, Irene. A strategy to reduce the count of moment conditions in panel data *GMM*. 2012.

CÂNDITO, Ana Clara. Crescimento econômico e inovação: uma reconsideração do modelo de Fagerberg. **Faculdade de Economia da Universidade do Porto, dissertação de mestrado em economia e gestão da inovação**. Porto, 2010.

CASALI, Giovana F. Rossi; SILVA, Orlando Monteiro da; CARVALHO, Fátima MA. Sistema regional de inovação: estudo das regiões brasileiras. **Revista de Economia Contemporânea, Rio de Janeiro**, v. 14, n. 3, p. 515-550, 2010.

DE OLIVEIRA, Michel Angelo Constantino *et al.* Análise econométrica dos dispêndios em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) no Brasil. **RAI-Revista de Administração e Inovação**, v. 12, n. 3, p. 268-287, 2015.

GALINDO MARTÍN, Miguel-Ángel; RIBEIRO, Domingo; MÉNDEZ PICAZO, María Teresa. Innovación y crecimiento económico: Factores que estimulan la innovación. 2012.

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

GUZMÁN CHÁVEZ, Alenka G.; LÓPEZ-HERRERA, Francisco; VENEGAS-MARTÍNEZ, Francisco. Un análisis de cointegración entre patentes y crecimiento económico en México, 1980-2008. **Investigación económica**, v. 71, n. 281, p. 83-115, 2012.

HANSEN, Lars Peter. Large sample properties of generalized method of moments estimators. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 1029-1054, 1982.

JONES, Charles. introduction to economic growth 2nd edition. 1998.

JOSHESKI, Dushko; KOTESKI, Cane. The causal relationship between patent growth and growth of GDP with quarterly data in the G7 countries: cointegration, ARDL and error correction models. 2011.

JÚNIOR, Sílvio Sobral Garcez; DA SILVEIRA MOREIRA, Jane de Jesus. O backlog de patentes no Brasil: o direito à razoável duração do procedimento administrativo. **Revista Direito GV**, v. 13, n. 1, p. 171-203, 2017.

KAPETANIOS, George; MARCELLINO, Massimiliano. Factor-GMM estimation with large sets of possibly weak instruments. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 54, n. 11, p. 2655-2675, 2010.

KIM, Yee Kyoung *et al.* Appropriate intellectual property protection and economic growth in countries at different levels of development. **Research policy**, v. 41, n. 2, p. 358-375, 2012.

KIM, Yee Kyoung *et al.* Appropriate intellectual property protection and economic growth in countries at different levels of development. **Research policy**, v. 41, n. 2, p. 358-375, 2012.

LABRA, Romilio; TORRECILLAS, Celia. Guía CERO para datos de panel. Un enfoque práctico. **UAM-Accenture Working Papers**, v. 16, p. 1-57, 2014.

LEDERMAN, Daniel; SAENZ, Laura. Innovation around the World, 1960–2000. **World Bank Policy Research Working Paper**, v. 3774, 2005.

LILLO, Romilio Labra; TORRECILLAS, Celia. Estimating dynamic Panel data. A practical approach to perform long panels. **Revista Colombiana de Estadística**, v. 41, n. 1, p. 31-52, 2018.

LIMA, Alexandre Oliveira. **Determinantes da relação empreendedorismo e crescimento econômico no brasil e suas regiões geográficas**. 2014. Tese (Doutorado em Administração). Universidade de Fortaleza (UNIFOR).

LUCAS JR, Robert E. On the mechanics of economic development. **Journal of monetary economics**, v. 22, n. 1, p. 3-42, 1988.

LUNA, Francisco *et al.* O impacto econômico das marcas e patentes no desempenho econômico das firmas industriais. **Revista Economia & Tecnologia**, v. 3, n. 4, 2007.

MARINA FILGUEIRAS *et al.* Indicadores de Propriedade Industrial (2018): O uso do sistema de Propriedade Industrial no Brasil. **Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial–INPI**, 2018.

MEADE, James E. **A Neo-Classical Theory of Economic Growth (Routledge Revivals)**. Routledge, 2013.

MEHRHOFF, Jens. A solution to the problem of too many instruments in dynamic panel data *GMM*. 2009.

MINCER, Jacob. Schooling, Experience, and Earnings. **Human Behavior & Social Institutions** No. 2. 1974.

MORALLES, Herick Fernando. **Desenvolvimento sócio-econômico, infraestrutura de transportes e inovação: um estudo econométrico espacial dos efeitos de spillover nos estados brasileiros**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MOURA, Fábio Rodrigues de; PAES, Nelson Leitão; FARIAS, Tácito Augusto. O impacto do tempo de pendência das patentes na trajetória de crescimento: uma análise com base no modelo schumpeteriano de crescimento endógeno com avanço de qualidade. **Revista Brasileira de Economia**, v. 68, n. 1, p. 125-145, 2014.

NELSON, Richard R.; PHELPS, Edmund S. Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. **The American economic review**, v. 56, n. 1/2, p. 69-75, 1966.

NORDHAUS, William D. **Invention, growth and welfare: a theoretical treatment of technological change**. 1969.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **OECD Patent Statistics Manual 2009**. OECD, 2009.

PAULINO DE CARVALHO *et al.* Indicadores de Propriedade Industrial (2000 - 2012): O uso do sistema de Propriedade Industrial no Brasil. **Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial–INPI**, 2012.

PECE, Andreea Maria; SIMONA, Olivera Ecaterina Oros; SALISTEANU, Florina. Innovation and economic growth: An empirical analysis for CEE countries. **Procedia Economics and Finance**, v. 26, p. 461-467, 2015.

PETRARIU, Ioan Radu; BUMBAC, Robert; CIOBANU, Radu. Innovation: a path to competitiveness and economic growth. The case of CEE countries. **Theoretical & Applied Economics**, v. 20, n. 5, 2013.

ROMER, Paul M. Endogenous technological change. **Journal of political Economy**, v. 98, n. 5, Part 2, p. S71-S102, 1990.

ROMER, Paul M. Increasing returns and long-run growth. **Journal of political economy**, v. 94, n. 5, p. 1002-1037, 1986.

ROODMAN, David. A note on the theme of too many instruments. **Oxford Bulletin of Economics and statistics**, v. 71, n. 1, p. 135-158, 2009

ROODMAN, David. How to do xtabond2: An introduction to *Difference and System GMM* in Stata. 2006.

SALGADO-BANDA, Héctor. Entrepreneurship and economic growth: An empirical analysis. **Journal of Developmental Entrepreneurship**, v. 12, n. 01, p. 3-29, 2007.

SARGAN, John D. The estimation of economic relationships using instrumental variables. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 393-415, 1958.

SCHULTZ, Theodore W. Investment in human capital. **The American economic review**, v. 51, n. 1, p. 1-17, 1961.

SCHUMPETER, Joseph A. Change and the Entrepreneur. **Essays of JA Schumpeter**, 1934.

SCHUMPETER, Joseph A. **Theory of economic development**. Routledge, 2017.

SCHUMPETER, Joseph. Creative destruction. **Capitalism, socialism and democracy**, v. 825, p. 82-85, 1942.

SESAY, Brima; YULIN, Zhao; WANG, Fang. Does the national innovation System spur economic growth in Brazil, Russia, India, China and South Africa economies? Evidence from panel data. **South African Journal of Economic and Management Sciences**, v. 21, n. 1, p. 1-12, 2018.

SOKOLOV-MLADENović, Svetlana; CVETANOVIĆ, Slobodan; MLADENović, Igor. R&D expenditure and economic growth: EU28 evidence for the period 2002–2012. **Economic research-Ekonomska istraživanja**, v. 29, n. 1, p. 1005-1020, 2016.

SOLOW, Robert M. A contribution to the theory of economic growth. **The quarterly journal of economics**, v. 70, n. 1, p. 65-94, 1956.

SWAN, Trevor W. Economic growth and capital accumulation. **Economic record**, v. 32, n. 2, p. 334-361, 1956.

TORUN, Hasan; CICEKCI, Cumhur. Innovation: Is the engine for the economic growth. **Ege University**, 2007.

TUCCI, Christopher; HASAN, Iftekhar. The Innovation-Economic Growth Nexus: Global Evidence. 2009.

ULKU, Hulya. R&D, innovation, and growth: evidence from four manufacturing sectors in OECD countries. **Oxford Economic Papers**, v. 59, n. 3, p. 513-535, 2007.

WINDMEIJER, Frank. A finite sample correction for the variance of linear efficient *Two-Step GMM* estimators. **Journal of econometrics**, v. 126, n. 1, p. 25-51, 2005.

WONG, Poh Kam; HO, Yuen Ping; AUTIO, Erkkko. Entrepreneurship, innovation and economic growth: Evidence from GEM data. **Small business economics**, v. 24, n. 3, p. 335-350, 2005.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Introductory econometrics: A modern approach**. Nelson Education, 2015. cap 10.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Objetivo desta dissertação foi avaliar tanto o efeito do capital humano quanto da inovação no crescimento econômico do Brasil. O primeiro ensaio testou o impacto do capital humano sobre o crescimento das unidades federativas do Brasil para o período de 1996 a 2015 através de dois canais: o “*canal da acumulação dos fatores*” derivado do modelo de crescimento semelhante ao proposto Mankiw, Romer e Weil (1992), e o canal da “*produtividade total dos fatores*” derivado do modelo de crescimento proposto por Nelson e Phelps (1966). O segundo ensaio avaliou o impacto da inovação sobre o crescimento econômico dos 26 estados do Brasil mais o Distrito Federal par o período de 2000 a 2015.

A presente dissertação contribui para o debate em âmbito nacional à medida que propõe novas *proxies* para capital humano que contornam as principais deficiências das medidas documentadas pela literatura, tais como, as relacionadas às taxas de evasão escolar, à repetência e aos aspectos de produtividade da mão de obra. Também propomos uma nova *proxy* para o estoque de capital físico para unidades federativas do Brasil. Ademais, este estudo contribui para debate sobre inovação, avaliando o impacto da inovação medida pelas patentes de invenção e modelos de utilidade produzida pelos residentes no crescimento econômico das unidades federativas.

A estratégia empírica é conduzida pelo método de painel dinâmico, *System-GMM* (Arellano e Bover, (1995); Blundell e Bond, (1998)) em *Two-Step*, com a correção dos erros padrão para amostra finita de Windmeijer (2005), que de acordo com Stephen Bond, *et al* (2001) é o método mais adequado para estimação conjunta com modelos de crescimento. Além do mais, inovamos com a utilização da técnica de (*Principal Components Analysis - PCA*) para controlar os potenciais problemas de proliferação de instrumentos, comparando os resultados encontrados do *PCA* com os métodos tradicionais de controle *laglimits* e *collapse*.

Os resultados encontrados mostraram que o capital humano afeta o crescimento econômico por ambos canais de forma individual. No entanto, quanto considera-se as medidas de capital humano em níveis básico e avançado, este afeta o crescimento econômico somente via *canal de acumulação dos fatores*. No que tange às magnitudes dos coeficientes estimados, destacaram-se aquelas relacionadas ao capital humano em nível básico, que apresentam um impacto superior ao capital humano avançado. Com relação a inovação, os resultados encontrados indicam que todas as medidas de patentes utilizadas contribuem positivamente para o crescimento econômico das unidades federativas. Contudo, as medidas de concessões de patentes apresentam magnitudes superiores aos depósitos de patentes.

Conclui-se então que tanto o capital humano quanto a inovação influenciam positivamente o crescimento econômico das unidades federativas do Brasil. Diante desses resultados, é importante destacar a importância tanto do capital humano em nível básico quanto das concessões de patentes, uma vez que estas impactam em uma maior magnitude sobre o crescimento econômico do Brasil. Portanto, havendo necessidade de escolha alocativa para os recursos escassos na educação, o capital humano em nível básico deve ser priorizado. Ademais, chamamos a atenção para os gargalos enfrentados pelo o sistema patentário brasileiro, esses devem ser reduzidos de modo a tornar o processo de patenteamento no Brasil mais eficiente, corroborando assim para um maior crescimento econômico.

REFERÊNCIAS

- ACS, Zoltan J. *et al.* **Growth and Entrepreneurship: An Empirical Assessment**. Papers on Entrepreneurship, Growth and Public Policy, 2005.
- AGHION, Philippe *et al.* Competition and innovation: An inverted-U relationship. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 120, n. 2, p. 701-728, 2005.
- AGHION, Philippe *et al.* **Endogenous growth theory**. MIT press, 1998.
- ARELLANO, M.; BOVER, O. Another look at the instrumental-variable estimation of error-components model. **Journal of Econometrics**. v. 68, p. 29-52, 1995.
- ARELLANO, Manuel; BOND, Stephen. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. **The review of economic studies**, v. 58, n. 2, p. 277-297, 1991.
- ARROW, Kenneth J. The economic implications of learning by doing. **The review of economic studies**, v. 29, n. 3, p. 155-173, 1962.
- BAI, Jushan; NG, Serena. Instrumental variable estimation in a data rich environment. **Econometric Theory**, v. 26, n. 6, p. 1577-1606, 2010.
- BALTAGI, Badi. **Econometric analysis of panel data**. John Wiley & Sons, 2008.
- BARRO, Robert J. Economic growth in a cross section of countries. **The quarterly journal of economics**, v. 106, n. 2, p. 407-443, 1991.
- BARRO, Robert J.; LEE, Jong Wha. A new data set of educational attainment in the world, 1950–2010. **Journal of development economics**, v. 104, p. 184-198, 2013.

BAYRAKTAR-SAĞLAM, Bahar. The Stages of Human Capital and Economic Growth: Does the Direction of Causality Matter for the Rich and the Poor?. **Social Indicators Research**, v. 127, n. 1, p. 243-302, 2016.

BECKER, Gary S.; MURPHY, Kevin M.; TAMURA, Robert. Human capital, fertility, and economic growth. **Journal of political economy**, v. 98, n. 5, Part 2, p. S12-S37, 1990.

BECKER, Gordon M.; DEGROOT, Morris H.; MARSCHAK, Jacob. Measuring utility by a single-response sequential method. **Behavioral science**, v. 9, n. 3, p. 226-232, 1964.

BENHABIB, Jess *et al.* **The role of human capital and political instability in economic development**. 1992.

BENHABIB, Jess; SPIEGEL, Mark M. The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data. **Journal of Monetary economics**, v. 34, n. 2, p. 143-173, 1994.

BILBAO-OSORIO, Beñat; RODRÍGUEZ-POSE, Andrés. From R&D to innovation and economic growth in the EU. **Growth and Change**, v. 35, n. 4, p. 434-455, 2004.

BLUNDELL, Richard; BOND, Stephen. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. **Journal of econometrics**, v. 87, n. 1, p. 115-143, 1998.

BOLÍVAR, Humberto Ríos; ARREOLA, Juan Marroquín. Innovación tecnológica como mecanismo para impulsar el crecimiento económico evidencia regional para México. **Contaduría y administración**, v. 58, n. 3, p. 11-37, 2013.

BOND, Stephen; Hoeffler, Anke; Temple, Jonathan. *GMM estimation of empirical growth models*. 2001.

BONTEMPI, Maria Elena; MAMMI, Irene. A strategy to reduce the count of moment conditions in panel data *GMM*. 2012.

CÂNDITO, Ana Clara. Crescimento econômico e inovação: uma reconsideração do modelo de Fagerberg. **Faculdade de Economia da Universidade do Porto, dissertação de mestrado em economia e gestão da inovação**. Porto, 2010.

CANGUSSU, Ricardo Corrêa; SALVATO, Márcio Antônio; NAKABASHI, Luciano. Uma análise do capital humano sobre o nível de renda dos estados brasileiros: MRW versus Mincer. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 40, n. 1, p. 153-183, 2010.

CASALI, Giovana F. Rossi; SILVA, Orlando Monteiro da; CARVALHO, Fátima MA. Sistema regional de inovação: estudo das regiões brasileiras. **Revista de Economia Contemporânea, Rio de Janeiro**, v. 14, n. 3, p. 515-550, 2010.

CASTELLÓ-CLIMENT, Amparo; MUKHOPADHYAY, Abhiroop. Mass education or a minority well educated elite in the process of growth: The case of India. **Journal of Development Economics**, v. 105, p. 303-320, 2013.

CUNHA, Aline Francielly; NUNES, Stephano Farias. Educação e Crescimento Econômico: Análise dos Municípios da Região dos Campos Gerais do Paraná. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, v. 17, n. 3, p. 232-239, 2016.

DA SILVA SALGUEIRO, Ariene; NAKABASHI, Luciano; DE PRINCE, Diogo. O papel do capital humano no crescimento: uma análise espacial para o Brasil. **Revista Economia & Tecnologia**, v. 7, n. 4, 2011.

DALGUEIRO, ARIENE DA SILVA; NAKABASHI, LUCIANO. O Papel do Capital Humano, Spillovers e Difusão Tecnológica no Crescimento. Uma análise espacial para Brasil.

DE LUCAS BONDEZAN, Kezia; DIAS, Joilson. Crescimento Econômico no Brasil: Uma abordagem sobre o papel da acumulação de capital físico e humano. **Revista de Economia**, v. 42, n. 3, 2016.

DE OLIVEIRA, Michel Angelo Constantino *et al.* Análise econométrica dos dispêndios em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) no Brasil. **RAI-Revista de Administração e Inovação**, v. 12, n. 3, p. 268-287, 2015.

DE SILVA, Indunil; SUMARTO, Sudarno. Dynamics of Growth, Poverty and Human Capital: Evidence from Indonesian Sub-National Data. 2014.

FIRME, Vinícius de Azevedo Couto; SIMÃO FILHO, José. Análise do crescimento econômico dos municípios de minas gerais via modelo MRW (1992) com capital humano, condições de saúde e fatores espaciais, 1991-2000. **Economia Aplicada**, v. 18, n. 4, p. 679-716, 2014.

FRAGA, Gilberto Joaquim. Estudo da relação entre comércio internacional, capital humano e crescimento econômico no Brasil no período de 1995 a 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FULLY, Roberto Miranda Pimentel; TEIXEIRA, Arilton. Os Efeitos da Educação Sobre o Progresso Tecnológico no Brasil. **Gestão e Sociedade**, v. 10, n. 25, p. 1274-1283, 2016.

GALINDO MARTÍN, Miguel-Ángel; RIBEIRO, Domingo; MÉNDEZ PICAZO, María Teresa. Innovación y crecimiento económico: Factores que estimulan la innovación. 2012.

GAMA, Victor Azambuja. **Os efeitos da qualidade da educação sobre a acumulação de capital humano e o crescimento econômico no Brasil**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

GAROFALO, Gasper A.; YAMARIK, Steven. Regional convergence: Evidence from a new state-by-state capital stock series. **Review of Economics and Statistics**, v. 84, n. 2, p. 316-323, 2002.

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

GUIMARÃES, Aucione Aparecida Barros; FULLY, Roberto Miranda Pimentel; SILVEIRA, LUCAS PEREIRA. Análise do capital humano, sob a ótica da teoria do crescimento endógeno, na produtividade total dos fatores no Brasil. **Revista Eletrônica Gestão e Serviços**, v. 8, n. 1, p. 1902-1918.

GUZMÁN CHÁVEZ, Alenka G.; LÓPEZ-HERRERA, Francisco; VENEGAS-MARTÍNEZ, Francisco. Un análisis de cointegración entre patentes y crecimiento económico en México, 1980-2008. **Investigación económica**, v. 71, n. 281, p. 83-115, 2012.

HANSEN, Lars Peter. Large sample properties of generalized method of moments estimators. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 1029-1054, 1982.

HOLTZ-EAKIN, Douglas; NEWHEY, Whitney; ROSEN, Harvey S. Estimating vector autoregressions with panel data. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 1371-1395, 1988.

IRFFI, Guilherme *et al.* Impactos da abertura comercial e contribuição dos diferenciais de escolaridade sobre o nível de renda dos municípios cearenses, no período 1997-2005. **Ensaio FEE**, v. 37, n. 1, p. 217-254, 2016.

JAMEEL, Saba *et al.* Impact of Human Capital on Economic Growth: A Panel Study. **Bulletin of Business and Economics (BBE)**, v. 5, n. 4, p. 231-248, 2016.

JONES, Charles. introduction to economic growth 2nd edition. 1998.

JOSHESKI, Dushko; KOTESKI, Cane. The causal relationship between patent growth and growth of GDP with quarterly data in the G7 countries: cointegration, ARDL and error correction models. 2011.

JÚNIOR, Sílvia Sobral Garcez; DA SILVEIRA MOREIRA, Jane de Jesus. O backlog de patentes no Brasil: o direito à razoável duração do procedimento administrativo. **Revista Direito GV**, v. 13, n. 1, p. 171-203, 2017.

KAPETANIOS, George; MARCELLINO, Massimiliano. Factor-GMM estimation with large sets of possibly weak instruments. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 54, n. 11, p. 2655-2675, 2010.

KAZMI, Syed Mohsin; ALI, Kazim; ALI, Ghamze. Impact of Human capital on Economic Growth: Evidence from Pakistan. 2017.

KIM, Yee Kyoung *et al.* Appropriate intellectual property protection and economic growth in countries at different levels of development. **Research policy**, v. 41, n. 2, p. 358-375, 2012.

KYRIACOU, George A. *et al.* **Level and growth effects of human capital: a cross-country study of the convergence hypothesis**. 1991.

LABRA, Romilio; TORRECILLAS, Celia. Guía CERO para datos de panel. Un enfoque práctico. **UAM-Accenture Working Papers**, v. 16, p. 1-57, 2014.

LEDERMAN, Daniel; SAENZ, Laura. Innovation around the World, 1960–2000. **World Bank Policy Research Working Paper**, v. 3774, 2005.

LI, Tingting; WANG, Yong. Growth channels of human capital: A Chinese panel data study. **China Economic Review**, 2016.

LILLO, Romilio Labra; TORRECILLAS, Celia. Estimating dynamic Panel data. A practical approach to perform long panels. **Revista Colombiana de Estadística**, v. 41, n. 1, p. 31-52, 2018.

LIMA, Alexandre Oliveira. **Determinantes da relação empreendedorismo e crescimento econômico no brasil e suas regiões geográficas**. 2014. Tese (Doutorado em Administração). Universidade de Fortaleza (UNIFOR).

LUCAS JR, Robert E. On the mechanics of economic development. **Journal of monetary economics**, v. 22, n. 1, p. 3-42, 1988.

LUNA, Francisco *et al.* O impacto econômico das marcas e patentes no desempenho econômico das firmas industriais. **Revista Economia & Tecnologia**, v. 3, n. 4, 2007.

MANKIW, N. Gregory; ROMER, David; WEIL, David N. A contribution to the empirics of economic growth. *The quarterly journal of economics*, v. 107, n. 2, p. 407-437, 1992.

MARINA FILGUEIRAS *et al.* Indicadores de Propriedade Industrial (2018): O uso do sistema de Propriedade Industrial no Brasil. **Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial–INPI**, 2018.

MEADE, James E. **A Neo-Classical Theory of Economic Growth (Routledge Revivals)**. Routledge, 2013.

MEHRHOFF, Jens. A solution to the problem of too many instruments in dynamic panel data *GMM*. 2009.

MINCER, Jacob. Schooling, Experience, and Earnings. *Human Behavior & Social Institutions* No. 2. 1974.

MORALLES, Herick Fernando. **Desenvolvimento sócio-econômico, infraestrutura de transportes e inovação: um estudo econométrico espacial dos efeitos de spillover nos estados brasileiros**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MOREIRA, Élisson Telles. Impactos da tecnologia e do capital humano sobre o crescimento econômico asiático: uma abordagem via dados de painel. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 20, n. 43, 2014.

MOURA, Fábio Rodrigues de; PAES, Nelson Leitão; FARIAS, Tácito Augusto. O impacto do tempo de pendência das patentes na trajetória de crescimento: uma análise com base no modelo schumpeteriano de crescimento endógeno com avanço de qualidade. **Revista Brasileira de Economia**, v. 68, n. 1, p. 125-145, 2014.

MULLIGAN, Casey B.; SALA-I-MARTIN, Xavier. Transitional dynamics in two-sector models of endogenous growth. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 108, n. 3, p. 739-773, 1993.

NELSON, Richard R.; PHELPS, Edmund S. Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. **The American economic review**, v. 56, n. 1/2, p. 69-75, 1966.

NORDHAUS, William D. **Invention, growth and welfare: a theoretical treatment of technological change**. 1969.

OGUNDARI, Kolawole; AWOKUSE, Titus. Human capital contribution to economic growth in Sub-Saharan Africa: Does health status matter more than education?. **Economic Analysis and Policy**, v. 58, p. 131-140, 2018.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **OECD Patent Statistics Manual 2009**. OECD, 2009.

PAULINO DE CARVALHO *et al.* Indicadores de Propriedade Industrial (2000 - 2012): O uso do sistema de Propriedade Industrial no Brasil. **Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial–INPI**, 2012.

PECE, Andreea Maria; SIMONA, Olivera Ecaterina Oros; SALISTEANU, Florina. Innovation and economic growth: An empirical analysis for CEE countries. **Procedia Economics and Finance**, v. 26, p. 461-467, 2015.

PELINESCU, Elena. The impact of human capital on economic growth. *Procedia Economics and Finance*, v. 22, p. 184-190, 2015.

PETRARIU, Ioan Radu; BUMBAC, Robert; CIOBANU, Radu. Innovation: a path to competitiveness and economic growth. The case of CEE countries. **Theoretical & Applied Economics**, v. 20, n. 5, 2013.

PINDYCK, R., ROTEMBERG, J., 1982. Dynamic factor demands under rational expectations. NBER Working Paper Series, 1015, p. 21.

ROMER, David; CHOW, Chs. *Advanced macroeconomic theory*. Mcgraw-hill, 1996.

ROMER, Paul M. Endogenous technological change. **Journal of political Economy**, v. 98, n. 5, Part 2, p. S71-S102, 1990.

ROMER, Paul M. Human capital and growth: theory and evidence. In: **Carnegie-Rochester conference series on public policy**. North-Holland, 1990. p. 251-286.

ROMER, Paul M. Increasing returns and long-run growth. **Journal of political economy**, v. 94, n. 5, p. 1002-1037, 1986.

ROODMAN, David. A note on the theme of too many instruments. **Oxford Bulletin of Economics and statistics**, v. 71, n. 1, p. 135-158, 2009

ROODMAN, David. How to do xtabond2: An introduction to *Difference and System GMM* in Stata. 2006.

SALA-I-MARTIN, Xavier X.; MULLIGAN, Casey B. **Measuring Aggregate Human Capital**. Center Discussion Paper, 1995.

SALA-I-MARTIN, Xavier. Regional cohesion: evidence and theories of regional growth and convergence. 1994.

SALGADO-BANDA, Héctor. Entrepreneurship and economic growth: An empirical analysis. **Journal of Developmental Entrepreneurship**, v. 12, n. 01, p. 3-29, 2007.

SARGAN, John D. The estimation of economic relationships using instrumental variables. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 393-415, 1958.

SCHULTZ, Theodore W. Investment in human capital. **The American economic review**, v. 51, n. 1, p. 1-17, 1961.

SCHUMPETER, Joseph A. Change and the Entrepreneur. **Essays of JA Schumpeter**, 1934.

SCHUMPETER, Joseph A. **Theory of economic development**. Routledge, 2017.

SCHUMPETER, Joseph. Creative destruction. **Capitalism, socialism and democracy**, v. 825, p. 82-85, 1942.

SESAY, Brima; YULIN, Zhao; WANG, Fang. Does the national innovation System spur economic growth in Brazil, Russia, India, China and South Africa economies? Evidence from panel data. **South African Journal of Economic and Management Sciences**, v. 21, n. 1, p. 1-12, 2018.

SOKOLOV-MLADENović, Svetlana; CVETANOVIĆ, Slobodan; MLADENović, Igor. R&D expenditure and economic growth: EU28 evidence for the period 2002–2012. **Economic research-Ekonomska istraživanja**, v. 29, n. 1, p. 1005-1020, 2016.

SOLOW, Robert M. A contribution to the theory of economic growth. **The quarterly journal of economics**, v. 70, n. 1, p. 65-94, 1956.

SWAN, Trevor W. Economic growth and capital accumulation. **Economic record**, v. 32, n. 2, p. 334-361, 1956.

TEIXEIRA, Aurora AC; QUEIRÓS, Anabela SS. Economic growth, human capital and structural change: A dynamic panel data analysis. **Research policy**, v. 45, n. 8, p. 1636-1648, 2016.

TORUN, Hasan; CICEKCI, Cumhur. Innovation: Is the engine for the economic growth. **Ege University**, 2007.

TUCCI, Christopher; HASAN, Iftekhar. The Innovation-Economic Growth Nexus: Global Evidence. 2009.

ULKU, Hulya. R&D, innovation, and growth: evidence from four manufacturing sectors in OECD countries. **Oxford Economic Papers**, v. 59, n. 3, p. 513-535, 2007.

WINDMEIJER, Frank. A finite sample correction for the variance of linear efficient *Two-Step GMM* estimators. **Journal of econometrics**, v. 126, n. 1, p. 25-51, 2005.

WONG, Poh Kam; HO, Yuen Ping; AUTIO, Erkkko. Entrepreneurship, innovation and economic growth: Evidence from GEM data. **Small business economics**, v. 24, n. 3, p. 335-350, 2005.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Introductory econometrics: A modern approach**. Nelson Education, 2015. cap 10.