

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

Silvio da Rosa Paula

Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados PPGOM da Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

E-mail: silvio.economia@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-9180-0315>

Mariana Fialho Ferreira

Professora no Programa de Pós-Graduação em Economia (PPGEco/Ufes) e do Departamento de Economia da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes). Doutora em Economia pela EPGE/FGV. Pesquisadora no Grupo de Pesquisa em Econometria (GPE/Ufes).

E-mail: mariana.ferreira.00@ufes.br

 <https://orcid.org/0000-0001-8765-9550>

Daniel de Abreu Pereira Uhr

Professor no Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados (PPGOM) e do Departamento de Economia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Pós-Doutorado em Economia pela Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária da Universidade de São Paulo (FEA/USP). Doutor em Economia pela Universidade de Brasília (UnB). Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

E-mail: daniel.uhr@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8370-0317>



Este artigo está licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional

Julia Gallego Ziero Uhr

Professora do Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados (PPGOM), e do Departamento de Economia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Pós-Doutorado em Economia pela Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária da Universidade de São Paulo (FEA/USP). Doutora em Economia pela Universidade de Brasília (UnB).

E-mail: zierouhr@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4981-848X>

Como citar este artigo: Paula, S. R., Ferreira, M. F., Uhr, D. A. P., & Uhr, J. G. Z. (2021). Inovação e crescimento econômico: Uma análise em painel dinâmico para o Brasil. *Revista de Economia Mackenzie*, 18(2), 109-134. doi:10.5935/1808-2785/rem.v18n2p.109-134

Aprovado em: 30/8/2021

Recebido em: 22/2/2021

Resumo

O objetivo principal deste artigo é testar a hipótese de que a inovação influencia o crescimento econômico 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 brasileiros e no Distrito Federal, para o período de 2000 a 2015. São utilizados dispêndios com pesquisa e desenvolvimento (P&D) entre os regressores adicionais. A análise empírica é conduzida por meio do método *Two-Step System-GMM*, para painéis dinâmicos, com correção dos erros padrão para amostra finita de Windmeijer (2005). Os resultados indicam que todas as medidas de inovação testadas 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: Crescimento econômico; Inovação; Método generalizado dos momentos (GMM); Modelos dinâmicos de dados em painel; Patentes.

Classificação *JEL*: O31; O32 O47; C23; C33.

INTRODUÇÃO

Inovação é um tema que exerce importante função dentro do contexto estratégico de empresas e países, atuando como mecanismo para fomentar o

crescimento e desenvolvimento econômico. Com essa consideração em mente, o presente estudo tem como objetivo avaliar o impacto da inovação, medida pelos depósitos e concessões de pedidos de patentes de invenção e de modelos de utilidade, sobre o crescimento econômico das unidades federativas do Brasil, ao longo do período de 2000 a 2015.

A inovação é entendida pela literatura de crescimento endógeno como elemento essencial à promoção da atividade econômica, capaz de impulsionar a produtividade e, conseqüentemente, o crescimento dos países. Os artigos seminais desse programa de pesquisa datam do início da década de 1990 e consideram o esforço inovativo como fator indispensável para que haja crescimento econômico sustentado (Romer, 1987, 1990; Aghion & Howitt, 1992; Grossman & Helpman, 1994; Aghion & Howitt, 1998).

Uma vez que modelos de crescimento endógeno consideram o conhecimento como fator chave para impulsionar o progresso tecnológico, emerge ao debate a importância da proteção da propriedade intelectual. Dada a necessidade de se prover garantias ao agente inovador acerca da exclusividade de exploração do conhecimento gerado, as patentes possibilitam que ele aufera ganhos a partir da inovação desenvolvida, e justificam, portanto, os investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços.

O impacto da inovação sobre o crescimento tem sido, mais recentemente, foco de diversos trabalhos empíricos. Dentre eles, os estudos mais próximos da nossa proposta são o de Tucci e Hasan (2010) e o de Sesay, Yulin e Wang (2018). Neste presente estudo, adotamos como *proxies* para inovação os depósitos e concessões de pedidos de patentes – de invenção e de modelos de utilidade – dos residentes nos 26 estados do Brasil e no Distrito Federal.

Como resultado principal dos nossos exercícios, expusemos que todas as medidas de inovação testadas contribuíram positivamente para o crescimento econômico. No mais, não há evidências de que os dispêndios com Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) tenham impactado o crescimento do produto interno bruto (PIB) no período analisado.

Este estudo contribui para a literatura de inovação e crescimento econômico no Brasil de três maneiras. Em primeiro lugar, não identificamos outros estudos para o Brasil que utilizem as *proxies* supracitadas para avaliar o impacto da inovação no crescimento econômico das unidades federativas do Brasil. Ademais, utilizamos a estratégia empírica de painel dinâmico, empregando o método generalizado dos momentos sistêmicos em dois estágios (*two-step system GMM*) (Arellano & Bover, 1995; Blundell & Bond, 1998), com correção dos erros padrão para amostra finita de Windmeijer (2005). De acordo com

Stephen Bond et al. (2001), esse é o método mais adequado para estimação de modelos de crescimento. Por fim, empregamos a técnica de Análise de Componentes Principais (*Principal Components Analysis – PCA*) para controlar os potenciais problemas de proliferação de instrumentos, e comparamos os resultados encontrados por meio do PCA com os métodos tradicionais de restrição de instrumentos *laglimits* e *collapse*.

O artigo está organizado da seguinte forma: além desta introdução, na primeira seção, realizamos uma revisão da literatura; na segunda, formalizamos o modelo teórico e apresentamos a estratégia de identificação adotada e os dados empregados; na terceira seção, discutimos os resultados encontrados; na seção seguinte, quarta, realizamos uma análise de robustez dos resultados; e, por fim, na quinta seção, expomos as considerações obtidas com o trabalho.

1 REVISÃO DE LITERATURA

Em trabalho seminal sobre a importância da inovação para o crescimento, Schumpeter (1934) introduz a figura do empreendedor como promotor da inovação e força motriz do desenvolvimento econômico. O debate acerca da importância do progresso tecnológico para o crescimento econômico é impulsionado, sobremaneira, a partir da popularização do conceito de destruição criativa, proposto pelo mesmo autor (Schumpeter, 1942).

Contudo, nas primeiras versões de modelos neoclássicos de crescimento econômico (Solow, 1956; Swan, 1956; Meade, 1961), a figura do empreendedor fica implícita, uma vez que o progresso tecnológico é exógeno. Somente a partir das contribuições de Schultz (1961), Arrow (1962), Becker, DeGroot e Marschak (1964), Nelson e Phelps (1966), Nordhaus (1969) e Mincer (1974) voltou-se a atribuir um papel determinante para o crescimento ao agente econômico.

Romer (1986), Lucas (1988), e Rebelo (1991) consolidam a teoria de que o crescimento econômico sustentado pode ser obtido a partir do investimento em um conceito ampliado de capital, inclusive capital humano, sendo responsáveis pela elaboração dos primeiros modelos de crescimento econômico endógeno. No entanto, teorias para a mudança tecnológica endógena são propostas apenas a partir do modelo de novas variedades de Romer (1987, 1990) e do processo de resgate do pensamento de Schumpeter (1942), dando ori-

gem aos modelos de crescimento econômico baseados na produção de novas ideias e nos conceitos de destruição criativa e inovação (Aghion & Howitt, 1992; Grossman & Helpman, 1994; Aghion & Howitt, 1998).

Para esse ramo da literatura de crescimento endógeno, a atividade de P&D é imprescindível ao progresso tecnológico. Evidencia-se no debate, portanto, a importância da proteção da propriedade intelectual, como forma de garantir ao inventor poder de monopólio sobre sua criação. A patente é um mecanismo que garante ao agente inovador, por um determinado período, a exclusividade de exploração do conhecimento gerado, possibilitando que ele aufera ganhos a partir da inovação desenvolvida e, justificando, portanto, investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços.

Diversos trabalhos empíricos 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, Ho & Autio, 2005); World Bank Policy Research (2005); Ege University, The Faculty of Economics and Administrative Sciences (2007); Salgado-Banda (2007), Ulku (2007); Tucci e Hasan (2010); University Library of Munich (2011); Guzmán, López-Herrera, e Venegas-Martínez (2012); Bolívar e Arreola (2013); Martín, Ribeiro e Picazo (2012); Pece, Simona e Salisteanu (2015); Sesay et al. (2018). Contudo, alguns trabalhos apontam efeito contrário da inovação, medida por patentes, no crescimento econômico, como é o caso de Petrariu, Bumbac e Ciobanu (2013) e Rodríguez-Pose e Bilbao-Osorio (2004). Os autores argumentam que o efeito negativo da inovação sobre o crescimento econômico sugere a existência de um processo de *catch-up*, em consonância com a teoria neoclássica de crescimento.

Por outro lado, alguns estudos buscam avaliar o impacto da P&D no crescimento econômico utilizando os dispêndios com pesquisa e desenvolvimento como proxy. Trabalhos recentes sugerem uma relação positiva entre P&D e crescimento econômico (Acs, Audretsch, Braunerhjelm & Carlsson, 2012; Tucci & Hasan, 2010; Kim, Lee, Park & Choo, 2012; Pece et al., 2015; Sokolov-Mladenović, Cvetanović & Mladenović, 2016; Sesay et al., 2018). Já o estudo de Torun e Çiçekçi (Ege University, The Faculty of Economics and Administrative Sciences, 2007) não encontra efeito dos dispêndios com P&D no crescimento econômico para a Turquia, no período de 1990 a 2002.

A existência de diversas medidas de patentes e dispêndios em P&D, somada ao emprego de diferentes métodos econométricos utilizados para inferência do efeito da inovação sobre o crescimento econômico, dificulta a compa-

ração dos resultados encontrados. Entre os estudos mais próximos da nossa proposta estão o de Tucci e Hasan (2010) e o de Sesay et al. (2018).

Tucci e Hasan (2010) utilizam 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 ao longo do período entre 1980 e 2003. As principais medidas de inovação são número total de patentes concedidas como proporção de um milhão de dólares em gastos com pesquisa e desenvolvimento e total das despesas em P&D no país como razão para o PIB. A estratégia empírica empregada é a de dados em painel dinâmico, com o estimador *two-step system-GMM*. Os resultados indicam que tanto a qualidade, quanto a quantidade de patentes contribuem para um maior crescimento econômico. Além disso, foram encontradas evidências de que os gastos com P&D influenciam positivamente o crescimento econômico.

Por sua vez, Sesay et al. (2018) investiga o papel do sistema nacional de inovação no crescimento econômico, para o conjunto de países dos BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) cobrindo o período de 2000 a 2013. O estudo utiliza o estimador de Arellano e Bond (1991) *diff-GMM* como estratégia empírica, bem como o estimador de efeitos fixos e efeitos aleatórios. As principais medidas de inovação são dispêndios com P&D do governo e número de patentes concedidas. Os resultados encontrados indicam um impacto positivo do sistema nacional de inovação no crescimento econômico do BRICS.

Embora ainda em menor número, trabalhos empíricos sobre inovação e crescimento econômico para o Brasil também têm avançado nos últimos anos. Dentre os estudos mais recentes, destacam-se os trabalhos de Luna, Baessa, Costa e Freitas (2007), que investigam o impacto dos depósitos de patentes e de marcas na produtividade das firmas industriais e serviços. Os resultados indicam que o depósito de marcas e de patentes afeta 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.

Casali, Silva e Carvalho (2010) apontam para um impacto positivo das patentes registradas e dos dispêndios com P&D sobre o crescimento do produto nacional e industrial. Moralles (2012), Lima (2014) e Oliveira, Mendes, Moreira, Belchior e Cunha (2015) também encontram um efeito positivo dos gastos com P&D sobre o crescimento econômico brasileiro.

Patentes são consideradas uma *proxy* interessante para inovação por refletirem o desempenho inovativo e cobrirem uma grande variedade de tecnolo-

gias sobre as quais há poucos dados. Informações sobre patentes geralmente são disponibilizadas pelos principais escritórios de patentes e, portanto, são de fácil acesso. No Brasil, o órgão responsável por recebimento e concessão do direito de patentes é o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).

Contudo, muitas invenções não são patenteadas, seja por não se encaixarem nas condições de invenções patenteáveis, seja por seus inventores optarem por proteger suas invenções usando métodos alternativos, como sigilo ou *lead time*, uma estratégia de proteção da inovação com foco no tempo. No mais, como muitas patentes não apresentam aplicação industrial, a distribuição dos valores das patentes em geral está sujeita a distorções (Organisation for Economic Co-Operation and Development, 2009).

Uma vez que medidas alternativas de inovação também estão sujeitas a ressalvas, sejam elas impostas pela dificuldade de acesso aos dados ou mesmo inexistência de métodos confiáveis de mensuração, o emprego de depósitos e concessões de pedidos de patentes como *proxy* tem sido recorrente na literatura empírica acerca do tema. A Tabela 1, a seguir, sintetiza os principais resultados encontrados nos principais estudos empíricos sobre inovação e crescimento.

Tabela 1

Tabela resumo de estudos empíricos sobre inovação e crescimento econômico.

AUTORES	PERÍODO	PAÍSES	MÉTODO	VARIÁVEL DEPENDENTE	VARIÁVEL EXPLICATIVA	EFEITO
Rodríguez-Pose e Bilbao-Osorio (2004)	1995-2000	Países periféricos da União Europeia	OLS	Crescimento do PIB.	Pedidos de patentes por milhão de habitantes.	-0.31
Wong et al. (2005)	2002	37 países selecionados	OLS	Taxa de crescimento do PIB <i>per capita</i> .	Taxa de concessões de patentes.	0.28
Lederman e Saenz (2005)	1960-2000	15 países selecionados	IV	PIB <i>per capita</i> .	Patentes concedidas USPTO e EPO.	0.23
Torun e Çiçekçi (2007)	1990-2002	Irlanda, Turquia, Coreia do Sul (Resultado para Turquia)	OLS	PIB <i>per capita</i> .	Patentes da família Triádicas.	0.03
					Dispêndios com P&D em relação ao PIB.	Sem efeito

continua

Tabela 1

Tabela resumo de estudos empíricos sobre inovação e crescimento econômico.

AUTORES	PERÍODO	PAÍSES	MÉTODO	VARIÁVEL DEPENDENTE	VARIÁVEL EXPLICATIVA	EFEITO
Salgado-Banda (2007)	1975-1998	22 países da OCDE	GMM	PIB <i>per capita</i> .	Pedidos de patente por unidade de força de trabalho.	22.68
Ulku (2007)	1981-1997	41 países da OCDE	GMM	PIB <i>per capita</i> .	Pedidos de patentes.	0.009
Tucci e Hasan (2010)	1980-2003	58 países selecionados	GMM	Taxa de crescimento do PIB <i>per capita</i> .	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 <i>per capita</i> .	Taxa de crescimento dos pedidos de patentes nos EUA.	0.11
Casali et al. (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
Josheski e Koteski (2011)	1963-1993	Países do G7	ARDL	Crescimento trimestral do PIB <i>per capita</i> .	Número de patentes.	0.65
Bolívar e Arreola (2012)	1994-2008	México	OLS FE	PIB <i>per capita</i> .	Pedidos de patentes.	0.02
Acs et al. (2012)	1990-1998	17 países selecionados	2SLS	Média móvel de cinco anos para o crescimento do PIB <i>per capita</i> .	Dispêndios com P&D.	1.87
Guzmán et al. (2012)	1980-2008	México	VECM	PIB real.	Número de patentes.	0.004

continua

Tabela 1

Tabela resumo de estudos empíricos sobre inovação e crescimento econômico.

AUTORES	PERÍODO	PAÍSES	MÉTODO	VARIÁVEL DEPENDENTE	VARIÁVEL EXPLICATIVA	EFEITO
Kim et al. (2012)	1975-2003	100 países selecionados	GMM	Taxa de crescimento média de 5 anos do PIB <i>per capita</i> .	Dispêndios com P&D em relação ao PIB.	0.023
Martín et al. (2012)	2002-2011	13 países desenvolvidos	EGLS	PIB em milhões de dólares norte-americanos.	Patentes concedidas.	0.24
Morales (2012)	2004-2009	Unidades federativas do Brasil	OLS FE	PIB.	Dispêndio em atividades de C&T.	0.394
Petrariu et al. (2013)	1996-2010	15 países da Europa Central e Oriental	OLS	Crescimento do PIB.	Pedidos de patentes de invenção.	-0.05
Lima (2014)	2002-2011	Unidades federativas do Brasil	OLS	PIB <i>per capita</i> .	Dispêndios com P&D (CAPES & CNPq).	0.18
Pece et al. (2015)	2000-2013	Polônia, Hungria e República tcheca	OLS FE	PIB.	Pedidos de patentes.	0.005
		(Resultado para República tcheca)			Dispêndios com P&D <i>per capita</i> .	0.010
Oliveira et al. (2015)	2000-2012	Brasil	OLS	Crescimento do PIB.	Dispêndios com P&D.	60,57
Sokolov-Mladenović et al. (2016)	2002-2012	2 países da União Europeia	OLS	Taxa de crescimento do PIB.	Dispêndios com P&D em percentagem do PIB.	0.06
Sesay et al. (2018)	2000-2013	Países do BRICS	GMM	PIB <i>per capita</i> .	Dispêndios público com P&D.	0.13
					Número de patentes concedidas.	Sem efeito

Nota: Elaborada pelos autores.

2

MODELO, ESTRATÉGIA DE IDENTIFICAÇÃO E BASE DE DADOS

2.1. Modelo Teórico

Tendo como base o modelo neoclássico de crescimento econômico, essa seção segue as modificações propostas por Wong et al. (2005). Considera-se, portanto, a seguinte função de produção agregada do tipo Cobb-Douglas com retornos constantes de escala, dada por:

$$Y = AK^\alpha L^{1-\alpha}, \quad (1)$$

onde $\alpha < 1$, onde Y é o produto, A é a produtividade total dos fatores, K é o estoque de capital físico e L é o trabalho empregado. Dividindo ambos os lados por L , temos:

$$\frac{Y}{L} = A \left(\frac{K}{L} \right)^\alpha, \quad (2)$$

tomando o logaritmo natural de ambos os lados:

$$\ln \left(\frac{Y}{L} \right) = \ln A + \alpha \ln \left(\frac{K}{L} \right), \quad (3)$$

Tomando primeiras diferenças para obter o crescimento em $\frac{Y}{L}$ como a variável dependente:

$$\Delta \ln \left(\frac{Y}{L} \right) = \Delta \ln A + \alpha \Delta \ln \left(\frac{K}{L} \right), \quad (4)$$

Assumimos que o crescimento da produtividade total dos fatores pode ser explicado pelo estoque de capital de propriedade intelectual, isto é:

$$\Delta \ln A = B^0 + \phi Pat, \quad (5)$$

onde B^0 é uma constante e Pat representa a medida de inovação tecnológica.

Substituindo (5) em (4), temos:

$$\Delta \ln \left(\frac{Y}{L} \right) = B^0 + \phi Pat + \alpha \Delta \ln \left(\frac{K}{L} \right), \quad (6)$$

Considerando as 27 unidades federativas ao longo do período de 2000 a 2015, podemos reescrever a equação (6) como:

$$\Delta \ln (y_{it}) = B^0 + \phi Pat_{it} + \alpha \Delta \ln (K_{it}), \quad (7)$$

onde $y_{it} \equiv \frac{Y_{it}}{L_{it}}$ denota o produto *per capita*, ϕPat_{it} a inovação tecnológica e $k_{it} \equiv \frac{K_{it}}{L_{it}}$ o estoque de capital físico *per capita*, na unidade da federação i e no ano t . Logo, a equação (7) nos mostra a relação entre inovação e crescimento econômico.

■ 2.2. Estratégia de Identificação

O objetivo deste estudo é verificar se a inovação tecnológica, medida pelas patentes de invenção e modelos de utilidade, afetam o crescimento do Brasil. Para identificarmos corretamente essa relação, torna-se necessário, ainda, incluir na equação de regressão o (*log do*) nível do produto *per capita* no início do período, de maneira a controlarmos para a convergência condicional, dado que, ao pertencer à classe de modelos em que há dinâmica de transição, o modelo neoclássico estabelece que a taxa de crescimento depende do estado inicial da economia. Uma vez controlados os determinantes do estado estacionário, as economias inicialmente mais ricas tendem a crescer a taxas inferiores,

relativamente às mais pobres, de tal forma que esperamos que o coeficiente dessa variável seja negativo.

Por fim, adicionamos uma variável *dummy* para controlar os choques macroeconômicos das principais crises financeiras ocorridas durante o período do estudo, sendo elas: a “Crise Argentina”, de 2001-2002; a “Grande Recessão”, de 2008-2009; a “Crise da dívida na Europa”, de 2009-2010; e uma variável de tendência temporal, o que resulta na seguinte equação econométrica a ser estimada para $i = 1, \dots, N$ e $t = 1, \dots, T$:

$$\Delta \ln(y_{it}) = \varphi_0 + (\varphi_1 - 1) \ln(y_{it-1}) + \varphi_2 \Delta \ln(k_{it}) + \varphi_3 Pat_{it} + Covariates'_{it} \varphi_4 + t + \varepsilon_{it}, \quad (8)$$

Claramente, podemos reescrever a equação (8) da seguinte forma:

$$\ln(y_{it}) = \varphi_0 + \varphi_1 \ln(y_{it-1}) + \varphi_2 \Delta \ln(k_{it}) + \varphi_3 Pat_{it} + Covariates'_{it} \varphi_4 + t + \varepsilon_{it}, \quad (9)$$

onde ε_{it} é o termo de erro dado por:

$$\varepsilon_{it} = \varepsilon_i + \nu_{it}, \quad (10)$$

sendo: $\varepsilon_i \sim \text{IID}(0, \sigma_\varepsilon^2)$ e $\nu_{it} \sim \text{IID}(0, \sigma_\nu^2)$ independentes uns dos outros e entre si.

Uma vez que a equação (9) considera a variável dependente defasada como um dos regressores, faremos uso de um modelo de painel dinâmico, ou *dynamic panel data* (DPD). Modelos de crescimento geralmente são estimados por meio das técnicas de DPD (Bond et al., 2001), que incluem o Método Generalizado dos Momentos Sistemático (SYS-GMM) proposto por Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998).

Conforme Roodman (2006), o estimador SYS-GMM é adequado para amostras com poucos períodos e muitos indivíduos, e para quando as variáveis explicativas não são estritamente exógenas e existem efeitos fixos individuais. Ademais, o método também é indicado quando existe uma relação linear fun-

cional, podendo apresentar heteroscedasticidade e autocorrelação nos indivíduos, porém não entre eles.

Segundo Bontempi e Mammi (Dipartimento Scienze Economiche, Università di Bologna, 2012) e Roodman (2009), a desvantagem do estimador SYS-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 (*laglimits*) e o estreitamento horizontal (*collapse*), utilizaremos o método de extração de componentes principais (*principal component analysis – PCA*) da matriz de instrumentos, que consiste no processo de fatoração que minimiza a perda informacional dessa matriz.

O método *PCA* tem a vantagem de apresentar um menor viés e maior robustez, em virtude de ser uma técnica estatisticamente fundamentada e orientada por dados, a qual reduz a arbitrariedade do pesquisador na delimitação dos instrumentos, gerando menos instrumentos maximamente representativo do original (Deutsche Bundesbank, Research Centre, 2009; Kapetanios & Marcellino, 2010; Bai & Ng, 2010).

Para apurar a qualidade do ajustamento do modelo, são reportados os testes de sobreidentificação de Hansen (1982) sob a hipótese nula de 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 à consistência do estimador, são reportados os testes de Arellano e Bond (1991) 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 exista correção serial de segunda ordem (Roodman, 2009). Para fins de estimação, são consideradas como endógenas a variável dependente defasada [$\ln(y_{it-1})$] e a taxa de crescimento do estoque de capital físico *per capita* [$\Delta \ln(k_{it})$], sendo consideradas exógenas as demais variáveis, o que vai ao encontro do modelo teórico.

Em suma, com o objetivo de avaliar o impacto da inovação sobre o crescimento econômico das unidades federativas do Brasil, emprega-se o SYS-GMM (Arellano & Bover, 1995; Blundell & Bond, 1998) em *Two-Step*, com a correção dos erros padrão para amostra finita de Windmeijer (2005). A estratégia de identificação baseia-se na combinação dos métodos de seleção de variáveis instrumentais internas propostas pela literatura, isto é, a combinação do *PCA*, com o *laglimits* e o *collapse*. Como estratégia de robustez, separamos os métodos.

■ 2.3. Dados

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial (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, a executar quaisquer atos relativos à fabricação, comercialização ou importação, de acordo com a Lei da Propriedade Industrial (Lei nº 9.279/96), que regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial no Brasil.

Adicionalmente, o INPI classifica as patentes em 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. Elas devem cumprir os requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial. Já as patentes de modelos de utilidade (MU) são um objeto de uso prático, ou parte deste, suscetível a aplicação industrial, o qual apresenta uma nova forma ou disposição envolvendo ato inventivo que resulte em melhoria funcional no seu uso ou em sua fabricação (INPI, 2018).

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 habitantes. Também são considerados os depósitos de pedidos de 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 no INPI, e os dados de população foram obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para as 27 unidades federativas do Brasil, no período de 2000 a 2015.

Como regressor adicional, utilizamos os dispêndios estaduais em P&D, coletados no Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e comunicações (MCTIC), deflacionados pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), para valores constantes de 2010, e divididos por milhão de habitantes de cada respectiva unidade federativa.

Por sua vez, a variável dependente, dada pelo logaritmo natural do produto *per capita*, $\ln(y)$, é representada pela razão entre o nível do Produto Interno Bruto (PIB) das unidades federativas do Brasil e População Economicamente Ativa (PEA) correspondente. O PIB foi obtido do IBGE e deflacionado pelo implícito do PIB, para valores constantes de 2010. A população economicamente ativa foi extraída da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) e os valores para os anos faltantes de 2000 e 2010 foram complementados pela média entre o ano anterior e o posterior.

A *proxy* para a taxa de crescimento do estoque de capital físico *per capita*, é obtida a partir da multiplicação entre a participação percentual das unidades federativas no PIB do Brasil e a formação bruta de capital fixo do Brasil, obtido no IBGE, valor esse posteriormente deflacionado pelo IPCA e dividido pela população economicamente ativa.

Portanto, para fim de 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 adicionamos uma variável de tendência linear para evitar o problema de regressão espúria. Na Tabela 2, encontram-se sumarizadas as estatísticas descritivas para todas as variáveis comentadas anteriormente e que serão utilizadas no estudo. Apresentamos, com ela, número de observações, média, desvio padrão, valores mínimo e máximo, e, por fim, o período utilizado.

Tabela 2

Estatísticas Descritivas.

Variável	Obs	Média	Des. Pad.	Min.	Máx.	Período
ln(y)	432	3 299 054	0.4804257	2 191 654	4 672 851	2000-2015
ln(k)	432	-534 285	0.5165546	-6 672 687	-3 861 698	2000-2015
P&D	410	1.19e+07	2.30e+07	1805.87	1.62e+08	2000-2015
Dep_Pi	432	1 305 669	1 321 643	0	5 121 776	2000-2015
Conc_Pi	432	0.8019507	1 359 006	0	9 335 417	2000-2015
Dep_Mu	432	9 788 657	1 240 218	0	5 687 443	2000-2015
Conc_Mu	432	0.7664029	1 488 938	0	8 271 392	2000-2015
D_crise	432	0.3125	0.4640498	0	1	2000-2015
Trend	432	7.5	4 615 117	0	15	2000-2015

Fonte: Elaborada pelos autores.

3

RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta quatro estimações, com objetivo de se 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 *Two-Step SYS-GMM* (Arellano & Bover, 1995; Blundell & Bond, 1998) com a correção dos erros padrão para amostra finita de Windmeijer (2005), considerando os métodos

PCA, *laglimits* e *collapse* para controle da proliferação dos instrumentos. Portanto, são utilizados os métodos *laglimits* (i), *collapse* (ii) e *PCA* (iii) conjuntamente, ou seja: (i) colapsa-se as variáveis endógenas ($\ln()$; $\Delta\ln(k)$); (ii) limita-se as defasagens entre 1 e 9 defasagens para os instrumentos internos (ou seja, lag (1 9)); e (iii) utiliza-se dezenove (19) componentes principais no método *PCA*.

Tabela 3

Resultados *SYS-GMM* para depósito de pedidos de patentes de invenção.

	(1)	(2)	(3)	(4)
Dep_PI	0.006*** (0.00)			
Dep_MU		0.004** (0.00)		
Conc_PI			0.042*** (0.01)	
Conc_MU				0.024*** (0.01)
$\ln(y_{t-1})$	-0.64*** (0.06)	-0.59*** (0.07)	-0.61*** (0.06)	-0.61*** (0.07)
$\Delta\ln(k)$	0.39*** (0.03)	0.36*** (0.04)	0.39*** (0.03)	0.39*** (0.03)
P&D	-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)
Trend	-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)
AR (1)	0.00	0.00	0.00	0.00
AR (2)	0.41	0.73	0.56	0.47
J-Hansen	0.12	0.09	0.10	0.09
K-M-O	0.87	0.87	0.87	0.87
Instruments	24	24	24	24
N	390	390	390	390
Groups	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). Especificação com Lag-Limits, Collapse e PCA.

Fonte: Elaborada pelos autores.

A qualidade do ajustamento do modelo é verificada por meio dos testes de J-Hansen (1982), os testes de autocorrelação de primeira e segunda ordem de Arellano e Bond (1991) e a medida de Kaiser-Meyer-Olkin (K-M-O). O teste J-Hansen não rejeita a hipótese nula de que os instrumentos são válidos para todas as especificações. Quanto aos testes de autocorrelação de primeira e segunda ordem de Arellano-Bond (1991), 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 para as quais está disponível. Em síntese, há boa qualidade do ajustamento em todas as equações. Ademais, ressaltamos que, conforme recomendado pela literatura, o número de instrumentos (24) é inferior ao número de grupos (27), representados pelos 26 estados e o Distrito Federal (Roodman, 2009; UAM-Accenture, 2014; Lillo & 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 nível inicial do produto *per capita* 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 *per capita* das unidades federativas do Brasil. Cabe destacar que as concessões de patentes de invenção (*Conc_PI*) apresentam magnitude sete vezes superior à dos depósitos de patentes de invenção (*Dep_PI*). Também se destacam as concessões de modelos de utilidade (*Conc_MU*) apresentando magnitude seis vezes superior às dos depósitos de pedidos de modelos de utilidade (*Dep_MU*).

Os resultados encontrados em termos de magnitudes dos coeficientes do impacto da inovação medida por patentes no crescimento econômico vão ao encontro dos trabalhos de Ulku (2007); Tucci e Hasan (2010); Casali et al. (2010) para o conjunto de países selecionados, e também corroboram com os resultados encontrados por Bolívar e Arreola (2013) & Guzmán et al. (2012) para o México e com os de Torun e Çiçekçi (Ege University, The Faculty of Economics and Administrative Sciences, 2007) para Turquia e Irlanda.

Semelhante ao encontrado no estudo de Torun e Çiçekçi (Ege University, The Faculty of Economics and Administrative Sciences, 2007) para a Turquia,

os dispêndios estaduais com P&D não são estatisticamente significativos para explicar o crescimento econômico das unidades federativas do Brasil. O crescimento do estoque de capital físico *per capita* ($\Delta \ln(k)$), por sua vez, mostra-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 investimento para o crescimento econômico brasileiro.

Por fim, a variável para o controle de choques macroeconômicos (D_Crise) apresenta coeficiente negativo conforme esperado, sendo estatisticamente significativo para as estimações – (2), (3), (4), (8), (12) – e a variável de tendência ($Trend$) mostra-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 são importantes para explicar o crescimento econômico das unidades federativas do Brasil, destacando-se as medidas de concessões tanto de patentes de invenção quanto de modelos de utilidade, que apresentaram magnitudes superiores às encontradas para os depósitos de patentes. De forma diversa, os dispêndios estaduais com P&D não explicam o crescimento econômico brasileiro com significância estatística.

4 ANÁLISE DE ROBUSTEZ

Nesta seção, aplicamos metodologias distintas a fim de colocar à prova os resultados encontrados. A Tabela 4 é construída propondo as especificações das regressões da seguinte forma: colunas 1 a 4, considerando as regressões de painel dinâmico sistêmico com os instrumentos definidos apenas pelo PCA; colunas 5 a 8, considerando a estrutura tradicional de painel dinâmico com o condicionamento da dimensão dos instrumentos internos através da limitação dos *lag*, conjuntamente com estes colapsados.

Tabela 4

Resultados SYS-GMM para depósito de pedidos de patentes de invenção.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Dep_PI	0.008*** (0.00)				0.007*** (0.00)			
Dep_MU		0.005* (0.00)				0.005** (0.00)		
Conc_PI			0.082*** (0.03)				0.047*** (0.01)	
Conc_MU				0.025*** (0.01)				0.026*** (0.01)
$\ln(y_{t-1})$	-0.57*** (0.06)	-0.49*** (0.03)	-0.71*** (0.10)	-0.52*** (0.04)	-0.63*** (0.07)	-0.58*** (0.08)	-0.60*** (0.07)	-0.59*** (0.08)
$\Delta \ln(k)$	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)
D_Crise	-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)	0.01* (0.00)	0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)
Constant	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)
AR (1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AR (2)	0.20	0.41	0.40	0.23	0.28	0.57	0.41	0.30
J-Hansen	0.09	0.07	0.13	0.07	0.14	0.09	0.12	0.12
Dif-Hansen					0.78	0.54	0.64	0.86
K-M-O	0.84	0.84	0.84	0.84				
Instrum.	24	24	24	24	25	25	25	25
N	390	390	390	390	390	390	390	390
Groups	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).

Fonte: Elaborada pelos autores.

Em termos estritos, nas estimações (1) a (4), somente utilizamos o método PCA com 19 componentes principais. Nas estimações (5) a (8), são utilizados os métodos *laglimits* e *collapse*, limitando as defasagens em *lag* (1 9) e colapsando as variáveis endógenas.

A qualidade de ajustamento dos modelos propostos é verificada pelos testes da estatística J de Hansen (1982), o teste de autocorrelação de primeira e segunda ordem de Arellano-Bond, o teste de Kaiser-Meyer-Olkin (K-M-O) e, para a avaliação dos modelos considerando *laglimits* e *collapse*, um novo teste estatístico se faz necessário: o *difference-in-hansen*. Esse teste avalia se os instrumentos adicionais são válidos para todas as especificações para as quais está disponível.

O teste J-Hansen não rejeita a hipótese nula de que os instrumentos são válidos para todas as especificações. Já os testes de autocorrelação de primeira e segunda ordem de Arellano-Bond 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. O valor do teste de 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. E o teste de *difference-in-hansen* não rejeita a hipótese nula de validade dos instrumentos adicionais. Logo, todas as estimações apresentam boa qualidade do ajustamento, e, novamente, o número de instrumentos é menor que o número de grupos.

Os resultados reforçam os resultados encontrados anteriormente, indicando que a inovação medida por depósitos e concessões de pedidos de patentes de invenção e modelos de utilidade são importantes para explicar o crescimento econômico das unidades federativas do Brasil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve por objetivo avaliar o impacto da inovação tecnológica sobre o crescimento econômico no Brasil. Este trabalho contribui para o debate sobre inovação em âmbito nacional, uma vez que 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 ao longo do período de 2000 a 2015.

Empregamos o método generalizado dos momentos sistêmico, *SYS-GMM* (Arellano & Bover, 1995; Blundell & 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, utilizamos os métodos de *laglimits* e *collapse* e *PCA*. Como análise de robustez, aplicamos modelos alternativos com estratégias específicas. 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 que os dispêndios com pesquisa e desenvolvimento contribuem para o crescimento econômico das unidades federativas.

Os resultados indicam que todas as medidas de patentes utilizadas como *proxy* para inovação contribuem positivamente para o crescimento econômico das unidades federativas. Quanto aos dispêndios com pesquisa e desenvolvimento, não encontramos efeito no crescimento econômico.

Conclui-se, portanto, que a inovação tecnológica medida por patentes, tanto as de inovação quanto as de modelos de utilidade, impacta positivamente o crescimento econômico brasileiro. Diante do resultado de que a concessão das patentes exerce efeito de maior magnitude do que o mero depósito, este estudo pode servir como referência para orientar os formuladores de políticas públicas baseadas em evidências a priorizar e buscar dirimir o problema dos gargalos enfrentadas pelo sistema patentário brasileiro, de modo a tornar o processo de patenteamento mais eficiente, e, dessa maneira, contribuir para o crescimento econômico.

INNOVATION AND ECONOMIC GROWTH: A DYNAMIC PANEL ANALYSIS FOR BRAZIL

Abstract

The main goal of this paper is to test the hypothesis that innovation influences economic growth in Brazil. To this end, we use as proxies for innovation deposits and concessions of applications for patents of invention and utility models of residents in the 26 Brazilian states and the Federal District, for the period from 2000 to 2015. Moreover, we use the expenditures on research and development (R&D) among additional regressors. In the empirical analysis we use the Two-S-

tep System-GMM method, for dynamic panels, with Windmeijer's correction of the standard errors for finite sample. The results indicate that all tested innovation measures contribute positively to the economic growth of the federative units. However, R&D expenditures were not statistically significant in explaining economic growth.

Keywords: Economic growth; Dynamic panel data models; Generalized method of moments (GMM); Innovation; Patents.

REFERÊNCIAS

- Acs, Z., Audretsch, D., Braunerhjelm, P., & Carlsson, B. (2012). Growth and entrepreneurship. *Small Business Economics*, 39, 1–12. doi:10.1007/s11187-010-9307-2
- Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica, Econometric Society*, 60(2), 323–351. Retrieved from <https://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/12490578/A%20Model%20of%20Growth%20through%20Creative%20Destruction.pdf>
- Aghion, P., & Howitt, P. (1998). *Endogenous growth theory*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *The Review of Economic Studies*, 58(2), 277–297. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/2297968>
- Arellano, M., & Bover, O. (1995). Another look at the instrumental-variable estimation of error-components model. *Journal of Econometrics*, 68(1), 29–52. doi:10.1016/0304-4076(94)01642-D
- Arrow, K. J. (1962). The economic implications of learning by doing. *The Review of Economic Studies*, 29(3), 155–173. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/2295952>
- Bai, J., & Ng, S. (2010). Instrumental variable estimation in a data rich environment. *Econometric Theory*, 26(6), 1577–1606. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/40930668>
- Becker, G. M., DeGroot, M. H., & Marschak, J. (1964). Measuring utility by a single-response sequential method. *Behavioral Science*, 9(3), 226–232. doi:10.1002/bs.3830090304
- Blundell, R., & Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, 87(1), 115–143. Retrieved from <https://www.ucl.ac.uk/~uctp39a/Blundell-Bond-1998.pdf>
- Bolívar, H. R., & Arreola, J. M. (2013). Innovación tecnológica como mecanismo para impulsar el crecimiento económico: Evidencia regional para México. *Contaduría y Administración, Accounting and Management*, 58(3), 11–37. Recuperado de <https://ideas.repec.org/a/nax/conyad/v58y2013i3p11-37.html>

Bontempi, M. E., & Mammi, I. (2012, August 16). *A Strategy to Reduce the Count of Moment Conditions in Panel Data GMM*. doi:10.2139/ssrn.2131333

Cândido, A. C. (2010). *Crescimento econômico e inovação: Uma reconsideração do modelo de Fagerberg* (Dissertação de mestrado). Faculdade de Economia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Casali, G. F. R., Silva, O. M. D., & Carvalho, F. M. (2010). Sistema regional de inovação: Estudo das regiões brasileiras. *Revista de Economia Contemporânea*, 14(3), 515–550. doi:10.1590/S1415-98482010000300004

Deutsche Bundesbank, Research Centre. (2009). *A solution to the problem of too many instruments in dynamic panel data GMM* (Discussion Paper Series 1: Economic Studies No. 31/2009). Frankfurt am Main: Mehrhoff, J. Retrieved from <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/28620/1/612354555.pdf>

Ege University, The Faculty of Economics and Administrative Sciences. (2007). *Innovation: Is the engine for the economic growth* (Economics No. IV). İzmir: Torun, H., & Cicekci, C. Retrieved from <https://citeserx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.452.4897&rep=rep1&type=pdf>

Grossman, G. M., & Helpman, E. (1994). Endogenous innovation in the theory of growth. *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), 23–44. Retrieved from <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.8.1.23>

Guzmán, A., López-Herrera, F., & Venegas-Martínez, F. (2012). Un análisis de cointegración entre patentes y crecimiento económico en México, 1980-2008. *Investigación Económica*, 71(281), 83–115. doi:10.22201/fe.01851667p.2012.281.37352

Hansen, L. (1982). Large sample properties of generalized method of moments estimators. *Econometrica*, 50(4), 1029–1054. doi:10.2307/1912775

Joseph, S. et al. (1942). Capitalism, socialism and democracy. *Social Science Electronic Publishing*, 27(4), 594–602.

Kapetanios, G., & Marcellino, M. (2010). Factor-GMM estimation with large sets of possibly weak instruments. *Computational Statistics & Data Analysis*, 54(11), 2655–2675. doi:10.1016/j.csda.2010.04.008

Kim, Y., Lee, K., Park, W., & Choo, K. (2012). Appropriate intellectual property protection and economic growth in countries at different levels of development. *Research Policy*, 41(2), 358–375. doi:10.1016/j.respol.2011.09.003

Lillo, R. L., & Torrecillas, C. (2018). Estimating dynamic panel data: A practical approach to perform long panels. *Revista Colombiana de Estadística*, 41(1), 31–52. doi:10.15446/rce.v41n1.61885

Lima, A. O. (2014). *Determinantes da relação empreendedorismo e crescimento econômico no Brasil e suas regiões geográficas* (Tese de doutorado). Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Fortaleza, Brasil.

Lucas, R., Jr. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3–42. doi:10.1016/0304-3932(88)90168-7

Luna, F., Baessa, A., Costa, G., & Freitas, F. (2007). O impacto econômico das marcas e patentes no desempenho econômico das firmas industriais. *Revista Economia & Tecnologia*, 11(4), 99–104. doi:10.5380/ret.v3i4.29136

Martín, M. A. G., Ribeiro, D., & Picazo, M. T. M. (2012). Innovación y crecimiento económico: Factores que estimulan la innovación. *Management Letters/Cuadernos de Gestión*, 12(3), 51–58. doi:10.5295/cdg.110309mg

Meade, J. E. (1961). *A neo-classical theory of economic growth*. New York: Oxford University Press.

Mincer, J. (1974). *Schooling, experience, and earnings: Human behavior & social institutions* (2nd ed.). Retrieved from <https://www.nber.org/books-and-chapters/schooling-experience-and-earnings>

Morales, F. H. (2012). *Desenvolvimento sócio-econômico, infraestrutura de transportes e inovação: Um estudo econométrico espacial dos efeitos de spillover nos estados brasileiros* (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Nelson, R. R., & Phelps, E. S. (1966). Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. *The American Economic Review*, 56(1/2), 69–75. Retrieved from <https://cowles.yale.edu/sites/default/files/files/pub/d01/d0189.pdf>

Nordhaus, W. D. (1969). *Invention, growth and welfare: A theoretical treatment of technological change*. Cambridge, MA: The MIT Press.

Oliveira, M. A. C., Mendes, D. R. F., Moreira, T. B., & Cunha, G. H. M. (2015). Análise econômica dos dispêndios em pesquisa & desenvolvimento (P&D) no Brasil. *RAI - Revista de Administração e Inovação*, 12(3), 268–286. Recuperado de <https://www.revistas.usp.br/rai/article/view/101896>

Organisation for Economic Co-Operation and Development. (2009). *OECD Patent statistics manual*. Paris: OECD Publishing. doi:10.1787/9789264056442-en

Pece, A. M., Simona, O. E. O., & Salisteanu, F. (2015). Innovation and economic growth: An empirical analysis for CEE countries. *Procedia Economics and Finance*, 26, 461–467. doi:10.1016/S2212-5671(15)00874-6

Petrariu, I. R., Bumbac, R., & Ciobanu, R. (2013). Innovation: A path to competitiveness and economic growth, The case of CEE countries. *Theoretical and Applied Economics*, 5(582), 15–26. Retrieved from <http://store.ectap.ro/articole/857.pdf>

Rebelo, S. (1991). Long-run policy analysis and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 99(3), 500–521. Retrieved from <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/261764>

Rodríguez-Pose, A., & Bilbao-Osorio, B. (2004). From R&D to innovation and economic growth in the EU. *Growth and Change*, 35(4), 434–455. doi:10.1111/j.1468-2257.2004.00256.x

- Romer, P. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1833190>
- Romer, P. (1987). Growth based on increasing returns due to specialization. *The American Economic Review*, 77(2), 56–62. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1805429>
- Romer, P. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5), S71–S102. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/2937632>
- Roodman, D. (2006). How to do xtabond2: An introduction to difference and system GMM in stata. *The Stata Journal*, 9(1), 86–136. doi:10.1177/1536867X0900900106
- Roodman, D. (2009). A note on the theme of too many instruments. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 71(1), 135–158. doi:10.1111/j.1468-0084.2008.00542.x
- Salgado-Banda, H. (2007). Entrepreneurship and economic growth: An empirical analysis. *Journal of Developmental Entrepreneurship*, 12(1), 3–29. doi:10.1142/S1084946707000538
- Schultz, T. (1961). Investment in human capital. *The American Economic Review*, 51(1), 1–17. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1818907>
- Schumpeter, J. (1934). *The theory of economic development*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Schumpeter, J. (1942). *Capitalism, socialism and democracy*. New York: Harper & Row.
- Sesay, B., Yulin, Z., & Wang, F. (2018). 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*, 21(1), 1–12. doi:10.4102/sajems.v21i1.1647
- Sokolov-Mladenović, S., Cvetanović, S., & Mladenović, I. (2016). R&D expenditure and economic growth: EU28 evidence for the period 2002–2012. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 29(1), 1005–1020. doi:10.1080/1331677X.2016.1211948
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94. doi:10.2307/1884513
- Swan, T. W. (1956). Economic growth and capital accumulation. *Economic Record*, 32(2), 334–361. doi:10.1111/j.1475-4932.1956.tb00434.x
- Tucci, C., Hasam, I. (2010). The innovation-economic growth nexus: Global evidence. *Research Policy*, 39(10), 1264–1276. doi:10.1016/j.respol.2010.07.005
- UAM-Accenture. (2014). *Guía CERO para datos de panel: Un enfoque práctico* (Working Paper No. 2014/16). Madrid: Labra, R., & Torrecillas, C. Recuperado de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-del-altiplano-de-puno/econometria/apuntes/wp2014-16-guia-cero-para-datos-de-panel-un-enfoque-practico/9581987/view>
- Ulku, H. (2007). R&D, innovation, and growth: Evidence from four manufacturing sectors in OECD countries. *Oxford Economic Papers*, 59(3), 513–535. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/4500121>

University Library of Munich. (2011, September). *The causal relationship between patent growth and growth of GDP with quarterly data in the G7 countries: Cointegration, ARDL and error correction models* (MPRA Paper No. 33153). Munich: Josheski, D., & Koteski, C. Retrieved from <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/33153/>

Windmeijer, F. (2005). A finite sample correction for the variance of linear efficient two-step GMM estimators. *Journal of Econometrics*, 126(1), 25–51. doi:10.1920/wp.ifs.2000.0019

Wong, P., Ho, Y., & Autio, E. (2005). Entrepreneurship, innovation and economic growth: Evidence from GEM data. *Small Business Economics*, 24(3), 335–350. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/40229427>

World Bank Policy Research. (2005, November). *Innovation and development around the world, 1960-2000* (Working Paper No. 3774). Washington: Lederman, D., & Saenz, L. Retrieved from <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/8576/wps3774.pdf?sequence=1&isAllowed=y>