

ABERTURA COMERCIAL, CAPITAL HUMANO E CRESCIMENTO ECONÔMICO NO BRASIL*

Gilberto Joaquim Fraga**

Carlos José Caetano Bacha***

Este estudo tem por objetivo analisar a relação entre capital humano dos indivíduos empregados, abertura comercial e crescimento econômico dos estados brasileiros no período de 1995 a 2006. Por meio do procedimento de dados em painel dinâmico, estimaram-se dois modelos teóricos: o de Solow estendido e outro, com progresso tecnológico endógeno. Os resultados indicam que um aumento no nível de abertura comercial de 1%, em média, aumenta a taxa de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* dos estados brasileiros entre 0,09 e 0,13 ponto percentual (p.p.). Já um aumento de um ano no nível médio da escolaridade dos trabalhadores gera aumento entre 0,06 p.p. e 0,07 p.p. na taxa de crescimento do PIB *per capita* desses estados.

Palavras-chave: abertura econômica; progresso tecnológico; painel dinâmico.

JEL: F15; O40.

1 INTRODUÇÃO

Após a estabilização da economia brasileira, a partir da segunda metade da década de 1990, parte do debate acadêmico ocorreu em torno de sugestões para aumentar a taxa de crescimento econômico do Brasil, considerando que, entre 1995 e 2006, a taxa média de crescimento anual do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro foi de 2,7% (Ipea, 2008) ante o crescimento de 3,8% ao ano (a.a.) do PIB mundial. No Brasil, os gestores de política econômica vêm trabalhando para alcançar uma taxa de crescimento econômico de forma sustentada, sem deterioração de outras variáveis macroeconômicas. Isso acontece, em parte, porque o país possui um histórico que o induz à cautela na gestão das políticas econômicas e é, também, uma pequena economia aberta e emergente, suscetível aos choques externos comuns às economias com esse perfil. A partir da segunda metade dos anos 1990, foi considerável o impacto do aumento e da consolidação da abertura comercial sobre a estrutura produtiva da economia brasileira, o que resultou em uma demanda por trabalhadores com viés para maiores níveis de capital humano acumulado.¹

* Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2008/54731-8, e também as contribuições valiosas de dois pareceristas colaboradores. Ao mesmo tempo, responsabilizam-se por eventuais erros remanescentes.

** Professor do Departamento de Economia da Universidade Estadual de Maringá (UEM). *E-mail:* gjfraga@uem.br

*** Professor titular da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). *E-mail:* carlosbacha@usp.br

1. Ver, por exemplo, Giovanetti e Menezes-filho (2006), Ribeiro e Jacinto (2008) e Dias (2012).

Entre outras, duas recorrentes recomendações para gerar maiores taxas de crescimento econômico concentram atenção sobre políticas de promoção do comércio internacional de produtos de maior valor agregado e investimentos em capital humano. Defende-se a qualificação dos agentes econômicos para uma melhor adequação ao mercado e como forma de responder bem às novas necessidades das estruturas produtivas dos estados de assimilação de novas tecnologias. O nível de eficiência com que o país consegue absorver novas tecnologias é reflexo da qualificação dos trabalhadores.

O acesso a novos insumos importados permite que as empresas ampliem o escopo de produção por meio da introdução de novas variedades de produtos e serviços, o que gera ganho dinâmico do comércio.² O crescimento de uma economia em autarquia é menor do que o crescimento de uma economia completamente integrada ao mundo, afirmam Gould e Ruffin (1995).

Por intermédio do comércio internacional, as economias em desenvolvimento podem se beneficiar das pesquisas realizadas nos países desenvolvidos, considerando que a grande maioria dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) ocorre nos países avançados. Helpman (2004) cita alguns canais pelos quais a integração econômica pode gerar benefícios, entre estes, tem-se: *i*) tamanho do mercado, pois um grande mercado aumenta a lucratividade das atividades inovadoras e estimula o investimento em P&D; *ii*) maior exposição das firmas domésticas à competição; *iii*) mudanças nos preços dos fatores domésticos; *iv*) o comércio minimiza a redundância nas pesquisas, ou seja, quando um país participa do comércio mundial, cada firma está competindo com todas as demais empresas do mundo e não apenas com as firmas domésticas, como acontece nas economias fechadas; *v*) acesso a insumos intermediários especializados e bens de capital produzidos em outros países; e *vi*) obter benefícios com uma possível redução nos custos de gerar P&D, dado que esses custos podem ser divididos num mundo com muitos países.

A heterogeneidade dos estados brasileiros reflete-se no desempenho das variáveis econômicas. No período entre 1995 e 2006, enquanto o estado de Mato Grosso teve o maior aumento no nível da renda *per capita* (R\$ 3.009),³ o estado do Amapá registrou um pequeno aumento no seu nível de renda (de R\$ 269).⁴ Quanto ao nível do capital humano da força de trabalho, o estado do Acre ficou estagnado; Já o estado de Tocantins registrou maior aumento no nível médio do capital humano, com incremento de 2,49 anos de estudos na média. A abertura comercial dos estados possui, também, evolução diferenciada: em 2006, o estado

2. Ver Romer (1994), Eaton e Kortum (2001), Goldberg *et al.* (2009) e Feenstra (2010).

3. Valores em reais de 2000, deflacionados pelo deflator implícito do PIB.

4. Valores em reais de 2000, deflacionados pelo deflator implícito do PIB.

do Amazonas registrou o maior grau de abertura (49%) e o estado do Acre não alcançou 1%, enquanto na média o grau de abertura comercial do Brasil registrou 21,5% em 2006.

Nesse cenário, o objetivo desta pesquisa é analisar e quantificar os impactos de variações no capital humano dos indivíduos empregados e da abertura comercial dos estados brasileiros sobre os seus crescimentos econômicos no período de 1995 a 2006. Subsidiariamente, será apresentado um arcabouço teórico para analisar a relação entre o capital humano dos indivíduos, a abertura econômica e o crescimento econômico, além de definir e estimar modelos econométricos. Para alcançar o objetivo proposto, será utilizado o procedimento econométrico de dados em painel dinâmico que contorna os potenciais problemas de endogeneidade e causalidade reversa.

Esta pesquisa pretende contribuir para o debate econômico, apresentando novas evidências sobre a relação entre abertura comercial, capital humano e crescimento econômico no Brasil. Analisa-se, também, o efeito da complementaridade entre abertura comercial e capital humano sobre o crescimento econômico, como apresenta Chang, Kaltani e Loayza (2009). Para tanto, utilizam-se dados organizados em painel para os estados brasileiros, de maneira a contemplar as diferenças regionais que possam existir.

Além desta introdução, este artigo apresenta, na segunda seção, algumas evidências da literatura empírica referente ao tema. A terceira seção apresenta o arcabouço teórico. A quarta seção apresenta os dados e os procedimentos econométricos a serem utilizados. Na quinta seção, são apresentadas as estimativas econométricas e a discussão delas. Por fim, a sexta seção apresenta as considerações finais.

2 A RELAÇÃO ENTRE ABERTURA COMERCIAL, CAPITAL HUMANO E CRESCIMENTO ECONÔMICO: EVIDÊNCIAS DA LITERATURA EMPÍRICA

De acordo com Edwards (1992), a relação entre comércio internacional e crescimento econômico é uma questão antiga e controversa entre os economistas. Embora alguns sejam um pouco céticos quanto aos benefícios oriundos do comércio internacional sobre o crescimento econômico, vários estudos empíricos corroboram a hipótese de que economias voltadas para o exterior (e, portanto, mais abertas) têm obtido efeitos positivos sobre o crescimento econômico. Edwards (1992, 1993) argumenta que os desenvolvimentos recentes na geração de modelos de crescimento baseados em economias de escala, acumulação de capital humano e progresso tecnológico endógeno *à la* Lucas (1988) e Romer (1990) geram novos elementos para análise da forma pela qual o comércio internacional pode afetar o crescimento econômico.

Desde o início da década de 1990, têm surgido vários trabalhos empíricos, que buscaram analisar os canais pelos quais o comércio internacional afetaria o

crescimento econômico dos países. Os avanços dessa agenda de pesquisa são no sentido, principalmente, de resolver o problema de endogeneidade das variáveis utilizadas como *proxies* para indicar o grau de abertura comercial dos países.

Levin e Raut (1997) afirmam que essa relação interativa do capital humano e comércio internacional sobre o produto (renda) dos países tem sido negligenciada pela literatura. Para constatar empiricamente a existência dessa relação, os autores citados especificaram uma função de produção que permite analisar a relação de complementaridade entre exportações e capital humano no crescimento econômico para um grupo de trinta países semi-industrializados. Os autores confirmaram que existe evidência forte e robusta da interação entre educação média da força de trabalho e exportações (orientação comercial), indicando, portanto, alto grau de complementaridade entre as duas variáveis na contribuição para o crescimento econômico dos países. Para os autores, esses resultados dão suporte para o desenvolvimento de políticas que devem estimular o crescimento econômico de longo prazo por meio de políticas simultâneas de investimento em capital humano e no setor exportador.

Miller e Upadhyay (2000) partiram de uma função de produção agregada e analisaram o efeito da abertura comercial, da orientação comercial e do capital humano sobre a Produtividade Total dos Fatores (PTF) para um grupo de 83 países. As conclusões dos autores mostraram que abrir a economia ao comércio internacional (por exemplo, aumentar o percentual das exportações em relação ao PIB) é benéfico à PTF. O estoque de capital humano contribui positivamente para aumentar a produtividade na maioria das especificações. O efeito do capital humano sobre o crescimento econômico é negativo para os países de alta renda e positivo para os de média renda. Maior nível de educação amplia o efeito da abertura sobre o crescimento da produtividade. Já para os países considerados de baixa renda, o coeficiente do capital humano move-se de negativo para positivo à medida que aumenta o grau de abertura da economia.

Chuang (2000) verifica a relação de longo prazo e a causalidade entre acumulação de capital humano, exportações e crescimento econômico para a economia de Taiwan. Para realizar as estimativas, o autor utilizou o procedimento de causalidade de Granger e cointegração. Os resultados mostram que existe uma relação de longo prazo entre as variáveis (exportação, capital humano e crescimento) do modelo. Isso acontece porque a abertura comercial cria oportunidades e aumenta a taxa de retorno do investimento em capital humano, que, por sua vez, encoraja os trabalhadores qualificados a elevarem o nível de educação, o que reforça a competitividade no mercado internacional, alimentando o crescimento de longo prazo do país.

Chang, Kaltani e Loayza (2009) especificaram uma equação de crescimento não linear para verificar como a relação entre crescimento econômico e abertura comercial pode depender de outras variáveis, que representam reformas

complementares ao aumento no grau de abertura. Entre as possíveis reformas complementares ao indicador para abertura, pode-se ter um aumento do investimento em educação. Os autores concluem que um maior grau de abertura comercial, se combinado com reformas complementares, pode gerar uma taxa maior de crescimento econômico. Também, as reformas consideradas complementares podem ampliar positivamente a magnitude desse efeito encontrado, que é estatisticamente significativo e robusto, tanto para as mudanças na especificação quanto para as mudanças de método e medida de abertura.

Nesse contexto, a seção seguinte apresenta dois modelos teóricos: no primeiro, tanto a variável de comércio internacional quanto o capital humano se apresentam de forma direta, como insumos no modelo de crescimento; no segundo modelo apresenta-se uma estrutura que considera o progresso tecnológico como endógeno, e o comércio internacional interage com o nível do capital humano para afetar a economia.

3 MODELOS TEÓRICOS RELACIONANDO ABERTURA COMERCIAL, CAPITAL HUMANO E CRESCIMENTO ECONÔMICO

3.1 Modelo de Solow estendido⁵

Esta seção apresenta o modelo de Solow estendido com capital humano e adicionalmente modificado para a inclusão da variável comércio internacional. Segundo Mankiw, Romer e Weil (MRW) (1992), o ajustamento do modelo poderia melhorar ao se incluir o capital humano.

O modelo proposto parte de uma função de produção com tecnologia neutra e equação de acumulação de capital físico e humano com inspiração no modelo de MRW. A função de produção tem o seguinte formato:

$$Y(t) = F(AKHL) = (A_t K_t)^\alpha (H_t)^\beta (L_t)^{1-\alpha-\beta} \quad (1)$$

em que Y é o produto, A representa a tecnologia, K é o nível de capital físico, H é o capital humano, L é o fator trabalho que cresce a uma taxa exógena n . Adicionalmente, α e β têm valores entre 0 e 1: $\alpha, \beta \in [0, 1]$; α, β e $(1 - \alpha - \beta)$ são as parcelas de cada um dos insumos na renda, sob a hipótese de retornos constantes à escala. Quanto ao trabalho, tem-se:

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

5. Este item traz como mudança, em relação aos modelos teóricos que o inspiraram, a incorporação da variável que representa o comércio internacional a partir da equação (12).

Dividindo as variáveis do primeiro e do terceiro membros da equação (1) por L e chamando $y = (Y/L)$, $k = (K/L)$ e $h = (H/L)$, tem-se:

$$y_t = (Ak_t)^\alpha h_t^\beta \quad (3)$$

em que y é o produto por unidade de trabalho, k é o estoque de capital medido em unidades de trabalho e h é o capital humano medido em unidade de trabalho.

A equação (3) é uma função de produção que apresenta retornos decrescentes de escala para o produto *per capita*, ou seja, à medida que o capital físico e o humano *per capita* aumentam, o respectivo efeito torna-se cada vez menor, ou seja, $(\alpha + \beta) < 1$.

Assumindo os pressupostos da segunda equação fundamental de Solow para as equações que ditam a dinâmica da acumulação dos fatores, tem-se as equações que descrevem as evoluções do capital físico (K) e humano (H) especificadas por:⁶

$$\dot{K} = s_k Y - \delta K \quad (4)$$

$$\dot{H} = s_h Y - \delta H \quad (5)$$

em que s_k é a fração da renda investida em capital físico e s_h é a fração investida em capital humano. De acordo com as equações acima, as alterações nos estoques de capital físico (\dot{K}) e capital humano (\dot{H}) são, respectivamente, iguais ao montante do investimento bruto em capital físico ($s_k Y$) e humano ($s_h Y$), descontados os montantes da depreciação que ocorre durante o processo produtivo, cuja taxa (δ) é a mesma, por suposição, para ambos os estoques de capital (físico e humano). Como no modelo de MRW (1992), a mesma função de produção gera k , h e bens para consumo (c), ou seja, é possível abdicar de uma unidade de consumo para ter uma unidade extra de capital.

Definindo a acumulação do estoque de capital físico e humano por unidade de trabalho como $\dot{k} = \partial(K/L)/\partial t$ e $\dot{h} = \partial(H/L)/\partial t$, tem-se:

$$\dot{k} = \partial(K/L)/\partial t = (\dot{K}L - K\dot{L})/L^2 = \frac{\dot{K}}{L} - kn \quad (6)$$

6. Ver Barro e Sala-i-Martin (2003).

$$\dot{h} = \partial(H/L) / \partial t = (\dot{H}L - H\dot{L}) / L^2 = \frac{\dot{H}}{L} - hn \quad (7)$$

Substituindo as equações (6) e (7) nas equações (4) e (5) em termos *per capita*, respectivamente, e rearranjando os termos pode-se expressar as equações em termos de crescimento do capital por unidade de trabalho:

$$\dot{k}_t = s_k y_t - (n + \delta)k_t \quad (8)$$

$$\dot{h}_t = s_h y_t - (n + \delta)h_t \quad (9)$$

Rearranjando os termos das equações acima e fazendo investimento em capital físico por unidade de capital físico $i_{k(t)} = (s_k y) / k_t$ e investimento em capital humano por unidade de capital humano $i_{h(t)} = (s_h y) / h_t$, estas podem ser representadas por:

$$\frac{\dot{k}_t}{k_t} = i_{k(t)} - (n + \delta) \quad (10)$$

$$\frac{\dot{h}_t}{h_t} = i_{h(t)} - (n + \delta) \quad (11)$$

A equação (3) considera o nível tecnológico potencializando o capital físico. Essa inovação tecnológica pode tanto ser gerada dentro do país quanto ser importada via comércio internacional. Para contemplar esse último efeito, modifica-se a função de produção incluindo o comércio internacional.

A introdução do comércio internacional (nível de abertura econômica) na função de produção justifica-se por este ser um importante meio de difusão de tecnologia entre os países desenvolvidos e os países em desenvolvimento (Helpman, 2004). Esse conhecimento encontra-se embutido em bens comercializáveis e assim pode ser transferido. Portanto, quando um país compra bens de capital e insumos de outras nações e os usa no processo de produção, a quantidade de tecnologia utilizada amplia-se. Entre as importações de uma nação, encontram-se, por exemplo, máquinas para o setor produtivo, que foram produzidas em outro país mais desenvolvido. Logo, o país importador em questão está fazendo uso de tecnologia

que foi desenvolvida com investimentos em P&D do inventor estrangeiro. Também, uma economia com maior nível de comércio (mais aberta) é suscetível a um maior nível de competição; conseqüentemente, aumentam as razões para que as empresas despendam maiores recursos para aumentar a inovação tecnológica (de produto ou processo) para permanecer competitiva.

Considere que, na equação (3), A é a inovação tecnológica associada ao capital físico (K) e depende de elementos domésticos (tecnologia desenvolvida dentro do país) e exógenos (desenvolvidos no estrangeiro). Estes últimos são absorvidos via comércio internacional e estariam representados na variável ac (abertura comercial). O restante seria gerado dentro do Brasil e captado por uma variável ψ . Assim, assumindo que⁷ $A^\alpha = (\psi \cdot ac)^\phi$, tem-se:

$$y_t = (\psi \cdot ac_t)^\phi k_t^\alpha h_t^\beta \quad (12)$$

De outra forma,

$$y_t = \psi^\phi \cdot ac_t^\phi k_t^\alpha h_t^\beta$$

em que ψ é o conhecimento gerado dentro do país em consideração que potencializa o capital físico e ac representa o volume de comércio do país com o exterior (abertura comercial). O parâmetro ϕ é o equivalente à parcela que o produto ($\psi \cdot ac$) terá na composição do produto *per capita*.

Fazendo o logaritmo natural de ambos os lados da equação (12), chega-se a:

$$\ln y = \phi \ln \psi + \phi \ln ac + \alpha \ln k + \beta \ln h \quad (13)$$

Derivando ambos os lados da equação (13) com relação ao tempo, obtém-se a taxa de crescimento do produto em função da taxa de crescimento dos insumos, ou seja:

$$\frac{\dot{y}}{y} = \phi \frac{\dot{\psi}}{\psi} + \phi \frac{\dot{ac}}{ac} + \alpha \frac{\dot{k}}{k} + \beta \frac{\dot{h}}{h} \quad (14)$$

em que $\frac{\dot{x}}{x}$ corresponde a $\frac{d \ln x}{dt}$, e x representa qualquer variável na equação (13).

7. Devido às interações não conhecidas previamente entre ac e ψ , não se assume *a priori* que ϕ e α sejam iguais.

Substituindo as equações (10) e (11) na equação (14), tem-se:

$$\frac{\dot{y}}{y} = \phi \frac{\dot{\Psi}}{\Psi} + \phi \frac{\dot{ac}}{ac} + \alpha(i_k) + \beta(i_h) - (\alpha + \beta)(n + \delta) \quad (15)$$

A equação (15), ao estilo dos modelos tradicionais de crescimento econômico utilizados pela literatura, mostra a taxa de crescimento da renda por unidade de trabalho (\dot{y}/y) em função do comércio internacional (abertura comercial/econômica) do país (medida por \dot{ac}/ac), da acumulação dos fatores de produção, do crescimento da população (n) e da taxa de depreciação δ .

Para realizar as estimativas, propõe-se a especificação empírica fundamentada na apresentação teórica da equação (15). Obtém-se, assim, a equação (16). Por simplicidade, assumem-se as seguintes notações: $gy = \dot{y}/y$ é a taxa de crescimento do PIB *per capita*, $\omega = \phi\dot{\Psi}/\Psi$ é uma constante e $gac = \dot{ac}/ac$ é a taxa de crescimento da abertura comercial. Dessa forma, tem-se:⁸

$$gy_{it} = \omega + \phi(gac_{it}) + \alpha(i_{k(it)}) + \beta(i_{h(it)}) - (\alpha + \beta)(n + \delta)_{it} + u_{it} \quad (16)$$

$$u_{it} = \mu_i + \eta_{it}$$

De acordo com a equação (16), a taxa de crescimento econômico dos estados brasileiros (gy) depende da taxa de crescimento da abertura comercial (gac), do investimento em capital físico (i_k), do investimento em capital humano (i_h), que se materializa na escolaridade média dos indivíduos, da taxa de crescimento do fator trabalho (n), da depreciação (δ) e do termo de erro (u) que é constituído dos efeitos fixos (EFs) (μ_i) dos estados (variáveis não observadas) e do termo de erro η_{it} .

3.2 Modelo de crescimento econômico com progresso tecnológico endógeno

Nesta subseção, propõe-se um modelo teórico de crescimento endógeno partindo de alguns pressupostos dos modelos desenvolvidos por Romer (1990) e Rivera-Batiz e Romer (1991). O modelo a ser desenvolvido destaca a importância do progresso tecnológico endógeno para o crescimento econômico pelo nível de capital humano dos agentes econômicos (trabalhadores) e do grau de abertura da economia, que é representado pela razão [(exportações+importações)/PIB]. A maneira proposta

8. A fórmula (16) mantém na mesma variável a soma da taxa de crescimento da força de trabalho (n) e a taxa de depreciação (δ), seguindo o proposto por MRW (1992).

para a incorporação do nível de abertura da economia (ac) é a inovação adicionada ao modelo e, acredita-se, é uma contribuição teórica do artigo, o qual tem por hipótese que o comércio internacional é um canal que, potencialmente, amplia o crescimento tecnológico de maneira sucessiva. A tecnologia, portanto, não é fixa e pode ser acumulada por meio do capital humano, do conhecimento já existente e pela transferência internacional – absorção de tecnologia gerada no exterior – via comércio internacional. Assim, a proposta para a evolução da tecnologia é representada da seguinte forma:⁹

$$\dot{A} = \phi[(1 + ac)H_A]A \quad (17)$$

sendo que ϕ capta a eficiência do país em utilizar o conhecimento e a tecnologia disponível, ac é o nível de abertura comercial do país e H_A é o capital humano alocado no setor de tecnologia.

A equação (17) mostra que, se a economia do país estiver em autarquia, o ac será 0 ($ac = 0$); portanto, o setor de tecnologia tem dinâmica doméstica e se desenvolve via capital humano acumulado, como na economia de Romer (1990), ou seja, $\dot{A}/A = \phi(H_A) > 0$. Já com economia aberta, comercializando com o resto do mundo, tem-se $ac > 0$ – a dinâmica tecnológica é potencializada pela transferência internacional de tecnologia via comércio internacional (ac) que interage com o capital humano existente, conforme $\dot{A}/A = [\phi(H_A) + \phi \cdot ac \cdot H_A] > 0$. É interessante observar que, se a economia tiver um alto valor para ac (isto é, alto grau de abertura) e o nível de eficiência (ϕ) e/ou o capital humano (H_A) forem muito baixos, o ac terá pouco impacto no desenvolvimento tecnológico do país e, conseqüentemente, sobre o crescimento econômico. Como ϕ , ac e H_A são positivos, a tecnologia cresce continuamente.

O capital humano, conforme proposto por Romer (1990), se mensura pela seguinte fórmula:

$$H_g = H_Y + H_A \quad (18)$$

sendo que H_g representa a quantidade geral de capital humano utilizado na economia, H_Y é o capital humano dos trabalhadores que estão no setor de produção de bens de consumo e H_A é o capital humano acumulado daqueles trabalhadores que não estão no setor de produção para o consumo e estão alocando capital humano,

9. No modelo seminal de Romer (1990), o progresso tecnológico evolui da seguinte maneira: $\dot{A} = \delta HA$. No modelo para uma economia integrada com fluxo internacional de conhecimento, conforme Rivera-Batiz e Romer (1991), o progresso tecnológico evolui da seguinte forma: $\dot{A} = \delta H_A(A + A^*) = 2\delta H_A A$, onde A^* é o estoque de conhecimento desenvolvido internacionalmente.

de alguma maneira, para o avanço da tecnologia da economia no setor de capital. O nível de abertura da economia (ac), por hipótese, é determinado por políticas exógenas que afetam as importações e exportações.

A função de produção possui formato Cobb-Douglas com o produto (Y) sendo a função dos insumos – capital humano (H), trabalho (L) e capital físico (K) – representada por:

$$Y = (AH_Y)^\alpha (AL)^\beta (K)^{1-\alpha-\beta}$$

ou:

$$Y = A^{\alpha+\beta} H_Y^\alpha L^\beta K^{1-\alpha-\beta} \quad (19)$$

Nessa especificação, é importante ressaltar que a tecnologia endogenamente gerada, conforme proposto por Romer (1990), é poupadora tanto de capital humano quanto de trabalho, mas não de capital físico (K). Esse mesmo autor pressupõe que L é fixo e aqui é normalizado para 1 (isto é, $L = 1$).¹⁰ A equação (19) pode ser reescrita para produção em termos *per capita* – $y = Y/L$, $h = H/L$, $k = K/L$ – como segue:

$$y = A^{\alpha+\beta} h_Y^\alpha k^{1-\alpha-\beta} \quad (20)$$

na qual y é o produto *per capita*, A é o nível tecnológico endógeno que está associado ao capital humano do trabalhador (h_Y) e absorção de tecnologia externa (ac), e k é o estoque de capital físico por trabalhador (K/L).

A partir das equações (17) e (19), constata-se que, quanto maior for o nível do capital humano e a absorção de tecnologias externas, o capital físico fica mais produtivo e gera maior produção. Da mesma forma que o modelo de Romer (1990), a dinâmica de acumulação do capital *per capita* ($\dot{k} = y - c$) nessa economia é a diferença entre o produto e o consumo e possui o seguinte formato, considerando as equações (18) e (20):

$$\dot{k} = A^{\alpha+\beta} (h_g - h_A)^\alpha k^{1-\alpha-\beta} - c \quad (21)$$

10. Esta hipótese é utilizada por Romer (1990, p. 79 e 84) e serve para obter o fechamento de seu modelo. A mesma hipótese é assumida em Romer (2012, p. 128). Trata-se, portanto, de uma simplificação teórica.

O capital físico¹¹ se acumula por meio da parcela da produção que não vai para o consumo (c), ou seja, o capital físico se acumula por meio do investimento. Assumindo a função utilidade com Elasticidade de Substituição Intertemporal Constante – Constant Intertemporal Elasticity of Substitution (Cies) –, o comportamento maximizador do agente econômico representativo possui a seguinte representação:

$$U(c) = \frac{c^{1-\theta}}{1-\theta} \quad (22)$$

em que θ representa o coeficiente de aversão ao risco e um fator de desconto no consumo presente. Assumindo $\theta \neq 1$, a elasticidade de substituição intertemporal (Barro e Sala-i-Martin, 2003, p. 65) é constante e igual a $\sigma = 1/\theta$. Dada a função utilidade, o objetivo do agente representativo é maximizar a função de bem-estar, como apresenta a equação (23).

$$u(c) = \int_0^{\infty} \frac{c^{1-\theta}}{1-\theta} e^{-\rho t} dt \quad \text{para } \theta \neq 1 \quad (23)$$

Esta função depende do consumo *per capita* (c) e do coeficiente de elasticidade da substituição intertemporal do consumo (constante e igual a $1/\theta$). O agente representativo desconta a utilidade futura a uma taxa constante de preferência, ou seja, ρ é a taxa de desconto intertemporal. As restrições do planejador central são dadas pelas seguintes equações já apresentadas previamente:¹²

$$\dot{A} = \phi[(1+ac)h_A]A \quad (24)$$

$$\dot{k} = (h_g - h_A)^\alpha A^{\alpha+\beta} k^{1-\alpha-\beta} - c \quad (25)$$

e:

$$k(0) > 0 \text{ e } A(0) > 0$$

11. Atente-se ao fato de as equações (8) e (21) se referirem a modelos distintos e sujeitos a hipóteses diferentes.

12. Na equação (17) aparece o H_A e na equação (24) o h_A , sendo $h_A = H_A/L$. Mas, como suposto, o L é normalizado para 1.

sendo $k(0)$ e $A(0)$ os estoques iniciais de capital físico e tecnologia, respectivamente. A solução para o crescimento equilibrado (*steady state growth*) implica que as taxas de crescimento das variáveis de estados (k e A) devem ser iguais; h_A é o capital humano médio por trabalhador (H/L). Para tanto, aplica-se o hamiltoniano.

O hamiltoniano¹³ (J) do valor corrente das equações (23), (24) e (25) é representado por:

$$J = \frac{c^{1-\theta}}{1-\theta} + \lambda_1 [(h_g - h_A)^\alpha A^{\alpha+\beta} k^{1-\alpha-\beta} - c] + \lambda_2 [\phi(1+ac)h_A A] \quad (26)$$

A equação acima está expressa em valor presente, dada a taxa de desconto no tempo que é ρ . Os λ_1 e λ_2 representam, respectivamente, os preços nos setores de capital físico e tecnologia – são os preços-sombra. As condições de transversalidade são: $\lim_{t \rightarrow \infty} k(t)\lambda_1(t)e^{-\rho t} = 0$, e $\lim_{t \rightarrow \infty} A(t)\lambda_2(t)e^{-\rho t} = 0$. Ainda, para facilitar o desenvolvimento adota-se o seguinte,

$$Z = (h_g - h_A)^\alpha A^{\alpha+\beta} k^{1-\alpha-\beta} \quad (27)$$

A partir da maximização da função hamiltoniana¹⁴ chega-se às seguintes expressões:¹⁵

$$\frac{\partial J}{\partial c} = c^{-\theta} - \lambda_1 = 0 \Rightarrow c^{-\theta} = \lambda_1 \quad (28)$$

$$\dot{\lambda}_1 - \rho\lambda_1 = -\frac{\partial J}{\partial k} \Rightarrow \dot{\lambda}_1 = -\lambda_1 [(1-\alpha-\beta)A^{\alpha+\beta}(h_g - h_A)^\alpha k^{-\alpha-\beta}] + \rho\lambda_1 \quad (29)$$

$$\begin{aligned} \dot{\lambda}_2 - \rho\lambda_2 = -\frac{\partial J}{\partial A} \Rightarrow \dot{\lambda}_2 = & -\lambda_1 [(\alpha+\beta)A^{\alpha+\beta-1}(h_g - h_A)^\alpha k^{1-\alpha-\beta}] - \\ & - \lambda_2 [\phi(1+ac)h_A] + \rho\lambda_2 \end{aligned} \quad (30)$$

13. Ver Dorfman (1969), para a interpretação da teoria do controle ótimo.

14. Ver Chiang (1992, cap. 7).

15. As expressões a seguir se distinguem das apresentadas por Chiang (1992, p. 272) pela adoção, neste trabalho, da equação (17) que inova em relação à equação de progresso tecnológico do modelo original de Romer (1990).

$$\frac{\partial J}{\partial h_A} = -\lambda_1[\alpha(h_g - h_A)^{-1}Z] + \lambda_2[\phi(1+ac)A] = 0 \quad (31)$$

$$Z = \frac{\lambda_2[\phi(1+ac)A]}{\alpha\lambda_1} \cdot (h_g - h_A) \quad (32)$$

A partir da equação (31), é possível verificar que os produtos marginais do capital humano nos setores de capital e tecnologia se igualam. Portanto,

$$\lambda_1\alpha(h_g - h_A)^{\alpha-1} A^{\alpha+\beta} k^{1-\alpha-\beta} = \lambda_2[\phi(1+ac)A] \quad (33)$$

A partir da equação (33), tirando o logaritmo natural de ambos os lados, derivando em relação ao tempo e assumindo $(h_g - h_A)$ como constante, obtém-se:

$$\frac{\dot{\lambda}_1}{\lambda_1} + (\alpha + \beta)\frac{\dot{A}}{A} + (1 - \alpha - \beta)\frac{\dot{k}}{k} = \frac{\dot{\lambda}_2}{\lambda_2} + \frac{\dot{A}}{A} \quad (34)$$

$$\frac{\dot{\lambda}_1}{\lambda_1} + (1 - \alpha - \beta)\frac{\dot{k}}{k} = \frac{\dot{\lambda}_2}{\lambda_2} + (1 - \alpha - \beta)\frac{\dot{A}}{A}$$

A expressão apresentada mostra que, em equilíbrio, as taxas de crescimento de k e A são iguais, o que implica que as taxas de crescimento dos preços-sombra também são iguais, dado que a abertura comercial (ac) é exógena (variável de política econômica).

O objetivo é solucionar o modelo sob a condição de crescimento equilibrado. Como existem quatro equações diferenciais – as equações (28), (29), (30), (31) –, o sistema não pode ser analisado, por exemplo, com o diagrama da fase (Chiang, 1992, cap. 9). Portanto, para alcançar o objetivo supracitado, concentram-se nas propriedades inerentes ao modelo e em como o crescimento é afetado pelos vários parâmetros, buscando identificar as políticas a serem sugeridas. A característica básica pressuposta, seguindo a regra de Romer (1990), é que, sob crescimento equilibrado, as variáveis y , k , A e c devem crescer à mesma taxa. Tem-se:

$$g_y = \frac{\dot{y}}{y} = \frac{\dot{k}}{k} = \frac{\dot{c}}{c} = \frac{\dot{A}}{A} = \phi[(1+ac)h_A] \quad (35)$$

em que g_y é a taxa de crescimento do produto. O último membro do lado direito da equação (35) é a taxa de crescimento de A , conforme a equação (17) com capital humano por trabalhador $-h_A$ no lugar H_A da equação (17). Por meio da solução para h_A , pode-se encontrar a taxa de crescimento em função de parâmetros. Derivando a equação (28) em relação ao tempo e utilizando a igualdade de (35), pode-se obter a seguinte expressão:

$$\frac{\dot{\lambda}_1}{\lambda_1} = -\theta \frac{\dot{c}}{c} = -\theta[\phi(1+ac)h_A] \quad (36)$$

A taxa de crescimento do preço-sombra da tecnologia, $\dot{\lambda}_2/\lambda_2$, pode ser obtida a partir da combinação das equações (30) e (32) e posterior divisão por λ_2 , obtendo a equação a seguir.¹⁶

$$\frac{\dot{\lambda}_2}{\lambda_2} = \rho - [\phi(1+ac)] \left[\frac{(\alpha+\beta)}{\alpha} h_g - \frac{\beta}{\alpha} h_A \right] \quad (37)$$

Partindo do pressuposto de que as taxas de crescimento dos preços-sombra são iguais¹⁷ e, portanto, igualando as equações (36) e (37) e resolvendo para h_A , obtém-se um valor constante de *steady state* para esta variável,¹⁸ que é:

$$h_A = \frac{[\phi(1+ac)](\alpha+\beta)h_g - \alpha\rho}{[\phi(1+ac)](\alpha\theta+\beta)} \quad (38)$$

Substituindo a equação (38) na equação (24) e rearranjando os termos, tem-se:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{(\alpha+\beta)[\phi(1+ac)]h_g - \alpha\rho}{(\alpha\theta+\beta)} \quad (39)$$

Como resultado, esta equação mostra a existência de uma relação positiva entre capital humano global da economia ($h_g = h$) e nível de abertura econômica (ac) com a taxa de crescimento da tecnologia e, conseqüentemente, com o crescimento econômico. Esta é a questão central proposta no modelo desenvolvido para explicar a taxa de crescimento econômico do produto *per capita*. Quanto aos

16. O desenvolvimento da equação (37) encontra-se no apêndice A.

17. Parte-se do pressuposto de que as taxas de crescimento dos preços ótimos (preços-sombra) do capital físico (λ_1) e da tecnologia (λ_2) são idênticas, tal como apresentado por Chiang (1992, p. 273).

18. Os passos para chegar à equação (38) encontram-se no apêndice B.

demais parâmetros, tanto o crescimento da taxa de desconto intertemporal (ρ) com sinal negativo quanto o coeficiente de aversão ao risco (θ) afetam negativamente o crescimento do progresso tecnológico.

Para averiguar os determinantes do crescimento econômico com progresso tecnológico endógeno, conforme o modelo teórico apresentado, é necessária uma especificação direta dos respectivos determinantes. Supõe-se que $\alpha\rho$ seja constante (C). Das suposições das equações (35) e (39), chega-se à seguinte especificação:¹⁹

$$g_y = C + \frac{(\alpha + \beta)}{(\alpha\theta + \beta)} \cdot \phi \cdot h + \frac{(\alpha + \beta)}{(\alpha\theta + \beta)} \cdot \phi \cdot ac \cdot h \quad (40)$$

Esta equação mostra que a taxa de crescimento do produto *per capita* (g_y) depende do nível do capital humano da economia (h) e do nível de abertura econômica (ac) – comércio internacional – que interage com o capital humano. Fica evidente que para o comércio internacional, via transmissão tecnológica de fronteira, conseguir afetar a taxa de crescimento econômico do país é necessário haver capital humano ($h > 0$). Quanto maior for o nível de capital humano da força de trabalho, maior será a eficiência em que o país poderá incorporar novas tecnologias.

Da exposição teórica da relação positiva entre taxa de crescimento econômico, capital humano e abertura econômica, equação (40), propõe-se uma especificação empírica a ser estimada a partir dos dados dos estados brasileiros, que é:

$$gy_{it} = C + \xi(h_{it}) + \gamma(ac \cdot h)_{it} + u_{it} \quad (41)$$

$$u_{it} = \mu_i + \eta_{it}$$

em que gy é a taxa de crescimento do PIB *per capita* dos estados, h representa o capital humano (escolaridade média) e ac é o nível de abertura comercial dos estados representado pela razão [(exportações+importações)/PIB]; ξ e γ são parâmetros a serem estimados; μ_i são os EFs não observáveis; e η_{it} é o termo de erro.

19. O apêndice C apresenta a passagem das equações (35) e (39) para (40).

4 MÉTODOS ECONOMÉTRICOS E DADOS UTILIZADOS

4.1 Procedimentos econométricos

A metodologia econométrica proposta é a estimativa de equações dinâmicas para dados em painel, conforme sugerido por Arellano e Bond (1991) e Blundell e Bond (1998). Além de considerar os EFs, consideram-se, também, os potenciais problemas de endogeneidade e causalidade reversa das variáveis independentes.

Estimativas por meio dos procedimentos que combinam dados em séries temporais com dados *cross-section* têm se tornado frequentes na literatura econômica. Considerando que muitas relações econômicas são dinâmicas por natureza, o painel dinâmico permite um melhor entendimento da dinâmica do ajustamento dessas relações. Assume-se a seguinte expressão para o modelo dinâmico:

$$Y_{it} = \delta Y_{it-1} + \sum_{j=1}^k \beta X_{it}^j + u_{it} \quad |\delta| < 1; \quad i = 1, 2, \dots, N; \quad t = 2, 3, \dots, T \quad (42)$$

sendo $u_{it} = \mu_i + \eta_{it}$

em que Y_{it} é variável dependente. No presente artigo, ela é a taxa de crescimento econômico do estado i no ano t ; X_{it} é o vetor do valor corrente ou *lag* das variáveis explicativas; μ_i é o efeito específico não observável dos estados, sendo $\mu_i \sim (0, \sigma_\mu^2)$ e o termo de erro $\eta_{it} \sim (0, \sigma_\eta^2)$ independentes e identicamente distribuídos. O painel dinâmico proposto por Arellano e Bond (1991) é estimado pelo procedimento conhecido como Método dos Momentos Generalizados em Diferenças – *Generalized Method of Moments in Differences* (GMM-dif). A estimação da equação (42) pelo método GMM-dif, que elimina os efeitos específicos dos estados (μ_i desaparece), consiste na seguinte especificação:

$$Y_{it} - Y_{it-1} = \delta(Y_{it-1} - Y_{it-2}) + \beta(X_{it} - X_{it-1}) + (\eta_{it} - \eta_{it-1}) \quad (43)$$

Nesse modelo, para que tenha ortogonalidade, a seguinte condição de momento se faz necessária:

$$E[Y_{i,t-2} \cdot (\eta_{i,t} - \eta_{i,t-1})] = 0 \quad \forall t = 3, \dots, T \quad (44)$$

$$E[X_{i,t-2} \cdot (\eta_{i,t} - \eta_{i,t-1})] = 0 \quad \forall t = 3, \dots, T \quad (45)$$

Neste caso, Y_{t-2} é um instrumento válido na equação em primeira diferença, uma vez que é fortemente correlacionado com $(Y_{it-1} - Y_{it-2})$ e não é correlacionado com os erros $(\eta_{it} - \eta_{it-1})$. Valores defasados de Y_t superiores a três constituem instrumentos válidos (Baltagi, 2005). Dessa forma, quanto maior é a ordem, estatisticamente mais adequado é o instrumento. Como o modelo pode ser sobreidentificado, o teste de Sargan deve ser aplicado para verificar a validade dos instrumentos escolhidos.

Quanto aos erros, η_{it} , a estimativa GMM-dif produz erros correlacionados de primeira ordem. Arellano e Bond (1991, p. 282) apresentam um teste de hipótese de que não há correlação serial de segunda ordem dos distúrbios da equação de primeira diferença. Neste teste não se rejeita a hipótese nula de correlação dos erros de primeira ordem (AR1), mas rejeita-se a correlação de ordem superior.

Blundell e Bond (1998) alegam que o *lag* do nível das séries gera instrumentos fracos para estimativa em primeira diferença, principalmente quando δ se aproxima de uma unidade ou quando a variância do efeito específico aumenta, ampliando $\sigma_{\mu}^2 / \sigma_{\eta}^2$. Esses autores, com base em Arellano e Bover (1995) apresentam como sugestão estimar um sistema de equações utilizando GMM *system* (GMM-sys). Neste sistema, utilizam-se tanto a equação em primeira diferença, conforme apresentado previamente, quanto a equação em nível com as primeiras diferenças das variáveis como potencial instrumento para essa equação. A segunda parte do GMM-sys (regressão em nível) depende da seguinte condição:

$$E[(Y_{i,t-1} - Y_{i,t-2}).(\eta_{i,t})] = 0 \quad \forall t = 3, \dots, T \quad (46)$$

$$E[(X_{i,t-1} - X_{i,t-2}).(\eta_{i,t})] = 0 \quad \forall t = 3, \dots, T \quad (47)$$

A preferência pelo estimador por meio do método dos momentos generalizados é porque esse método, além de corrigir o viés dos EFs (específicos dos estados), elimina qualquer endogeneidade que pode surgir da correlação dos efeitos específicos dos estados com as variáveis independentes (Baltagi, Demetriades e Law, 2009, p. 287). Ao mesmo tempo, ele elimina o problema de causalidade reversa no modelo estimado. Portanto, desde que o banco de dados contempla uma série de tempo com tamanho suficiente para estimativas dinâmicas, esse procedimento dinâmico – GMM – se apresenta como método superior ao método estático de dados em painel.

4.2 Dados utilizados

Os dados utilizados na presente pesquisa foram extraídos do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) – Ipeadata –, do Ministério de Minas e Energia (MME), da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009) e do Banco Central do Brasil (BCB, 2012) – Sisbacen.

O painel de dados é formado por 27 Unidades Federativas (UFs) (26 estados e o Distrito Federal) ao longo de doze anos (de 1995 a 2006). As variáveis utilizadas são as que se seguem.

- 1) PIB *per capita* (y), que é representado pelo PIB *per capita* em reais de 2000 deflacionado pelo deflator implícito do PIB, conforme disponibilizado pelo Ipeadata. A partir desta variável é gerada a taxa de crescimento do PIB *per capita* dos estados brasileiros.
- 2) Abertura comercial, representada pela notação ac , é definida como sendo a razão entre a soma das exportações (X) mais as importações (M) dividido pelo PIB dos respectivos estados, ou seja, $ac = (X + M)/PIB$. Essa *proxy* é uma variável abrangente no sentido de que reflete não só o componente de política comercial mas, também, outros componentes institucionais e geográficos dos estados. Além deste, outros indicadores de abertura comercial são utilizados nos estudos *cross-country*, mas, para grupos de estados de uma mesma nação, é mais complicado o seu uso, porque esses indicadores são mensurados para países. Alguns desses indicadores alternativos são: índice de barreiras tarifárias e não tarifárias; índice de distorção nas importações; índice de orientação externa do banco mundial.
- 3) Capital (K), para o qual se utiliza o consumo industrial de energia elétrica como *proxy* porque o Brasil não dispõe de informações sobre o estoque de capital físico (ou investimento) para cada estado brasileiro. Também foi considerada, como alternativa para o cálculo do K , a taxa de crescimento do investimento (inv) nos estados, representada pela soma das operações de crédito dos bancos nos estados, obtida por meio do *software* PASC10 do Sisbacen, mais o investimento público em capital realizado pelos estados, conforme Kroth e Dias (2006). Séries deflacionadas pelo Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M). Os resultados encontrados,²⁰ no entanto, não foram melhores do que considerar o consumo industrial de energia elétrica como medida do K .

20. Ver tabela D.1 do apêndice D.

- 4) Capital humano (h) definido como sendo a escolaridade média da parcela da população economicamente ativa (PEA) empregada. A escolaridade média é uma medida amplamente utilizada como *proxy* para o capital humano na literatura sobre crescimento econômico.²¹
- 5) Força de trabalho (L) = PEA (em milhares de trabalhadores). A sua taxa de crescimento (n) de um ano para outro é calculada por meio de: $[\ln(L_t) - \ln(L_{t-1})]/t$.
- 6) A taxa de depreciação do capital (δ), para a qual é utilizada a taxa de 3,5% ao ano (a.a.), é a taxa utilizada em alguns estudos como, por exemplo, por Ellery Júnior (2009).

5 ESTIMATIVAS ECONÔMETRICAS E DISCUSSÃO DE SEUS RESULTADOS

5.1 Modelo de Solow estendido

Neste item são apresentados os resultados da estimativa da equação (16), chamada de modelo tradicional (tabela 1). Inicialmente, foram feitas as estimativas por meio do modelo com EFs, pois o procedimento de dados organizados em painel controlando para os efeitos específicos dos países (regiões ou estados) tem se tornado o principal método utilizado por grande parte da literatura que estuda os determinantes do crescimento econômico.

Para constatar se as estimativas devem realmente levar em consideração os efeitos específicos dos estados, é aplicado o teste de Hausman (1978). A estatística Qui-quadrado do teste Hausman ($\chi^2 = 20,71$) e nível de significância de 1% (valor-p = 0,00) confirmam que as estimativas devem considerar os EFs dos estados.

Outro teste realizado é o que constata haver uma possível presença de heteroscedasticidade nos grupos de painéis. Em específico, o teste consiste em verificar se $E(u_{it} u_{jt}) \neq I\sigma^2$ para $i \neq j$, onde I é a matriz identidade. Objetiva-se, portanto, verificar se as variâncias dos grupos são homocedásticas. Este teste – que se baseia na distribuição estatística χ^2 (Qui-quadrado) para painéis de dados – é apresentado por Greene (2000). De acordo com o resultado, no nível de significância de 1%, não é possível rejeitar a hipótese de heteroscedasticidade para o grupo de painéis.

O teste para verificar multicolinearidade para o modelo estático, que é o Fator de Inflação da Variância – Variance Inflation Factor (VIF) –, apresenta valor de 1,01. Isto indica que a multicolinearidade não se apresenta como um problema nas estimativas, pois como regra prática o VIF é considerado um problema sério quando seu valor é superior a 10 (VIF > 10).

21. Ver Dias, Dias e Lima (2009) e Cangussu, Salvato e Nakasbashi (2010).

TABELA 1

Estimativas dos modelos de painel: EFs e dinâmicos – GMM-dif, GMM-sysVariável dependente: taxa de crescimento (gy)

Variáveis	Modelo estático		Modelo dinâmico	
	EF (1)	GMM-dif (2)	GMM-sys (3)	
Constante	-0,1733* (0,028)	-0,0993 (0,234)	-0,1847 (0,228)	
gy_{t-1}		-0,4984 (0,261)	-0,5426*** (0,301)	
gy_{t-2}		0,0046 (0,232)	-0,0555 (0,237)	
gac_t	0,0069 (0,015)	0,0348 (0,080)	0,02112 (0,079)	
gac_{t-1}		0,1052 (0,080)	0,0934 (0,085)	
gac_{t-2}		0,1242* (0,049)	0,1341* (0,046)	
gac_{t-3}		0,1130** (0,042)	0,1208** (0,054)	
h	0,0364* (0,003)	0,0609*** (0,037)	0,0502*** (0,030)	
k	-0,0358* (0,010)	-0,0023 (0,099)	0,0461 (0,076)	
k_{t-1}		-0,1384 (0,112)	-0,0736 (0,074)	
$(n + \delta)$	0,0003 (0,007)	0,0379 (0,030)	0,0250 (0,019)	
Hausman (χ^2)	20,71			
Correlação Arellano-Bond (valor-p) ²				
AR(1)		0,538	0,717	
AR(2)		0,343	0,278	
Validade dos instrumentos				
Teste de Sargan (valor-p)		0,507	0,544	
Número de instrumentos		23	29	
N	324	233	233	

Elaboração dos autores.

Obs.: Os valores entre parênteses são os erros-padrão robustos.

Os valores reportados em AR(1) e AR(2) são os valores-p dos testes de autocorrelação dos erros em primeira e segunda ordem, respectivamente. Os valores das variáveis explicativas, exceto o capital humano (h), estão em taxas de crescimento (medido em valores decimais). O procedimento econométrico adotado considera os EFs.

* Nível de significância de 1%, ** nível de significância de 5% e *** nível de significância inferior a 10%.

Os resultados da regressão (1) na tabela 1, obtidos pelo método de EFs, mostram que o coeficiente associado à abertura comercial (ac) apresenta o sinal positivo, mas não é estatisticamente significativo. O coeficiente associado à variável capital humano (h) apresenta o sinal esperado e significância estatística. Já o coeficiente associado à variável capital físico (k) apresenta sinal contrário ao esperado e significância estatística. A constante é estatisticamente significativa, no entanto apresenta sinal negativo – contrário ao esperado.

O resultado da regressão com EFs se deu pela causalidade reversa da relação entre crescimento econômico e abertura econômica, levantado por Rodríguez e Rodrik (2000). Para contornar esse problema, Lee, Ricci e Rigobon (2004) e Chang, Kaltani e Loayza (2009) sugerem o uso do GMM, conforme apresentado no item 4.1. O procedimento GMM, além de controlar para os efeitos específicos não observados, aborda a questão da causalidade reversa que o modelo de EFs não leva em consideração, podendo gerar coeficientes viesados.

A tabela 1 também apresenta as estimativas da equação (16) por meio do procedimento dinâmico (GMM). Nesta regressão, a taxa de crescimento do PIB *per capita* foi regredida contra o grau de abertura da economia, capital humano e as demais variáveis de controle, conforme o modelo econômico apresentado – equação (16).

As regressões (2) e (3) na tabela 1 apresentam os resultados por meio do GMM em diferença (GMM-dif) e sistema (GMM-sys). Essas últimas visam contornar os potenciais problemas, como heteroscedasticidade nos painéis, por exemplo, que influenciam o resultado EF, buscando obter resultados mais consistentes.

A regressão (2) da tabela 1, obtida por meio do GMM-dif, consiste em estimar a equação em diferença utilizando como instrumentos os *lags* das variáveis explicativas em nível. Todos os coeficientes relacionados à variável abertura econômica foram positivos, mas apenas estatisticamente significativos nas defasagens $t - 2$ e $t - 3$. Por exemplo, o coeficiente associado a gac_{t-2} indica um crescimento de 1 ponto percentual (p.p.) na taxa de crescimento da abertura que poderá aumentar a taxa de crescimento econômico dos estados brasileiros em 0,124 p.p. em média, após dois anos. Apesar de não serem estatisticamente significativos, os coeficientes de gac nos momentos t e $t - 1$ não podem ser desprezados quanto a suas importâncias sobre o crescimento econômico, pois há efeitos recursivos de gac sobre o crescimento econômico nos períodos de t a $t - 3$.

A outra variável-chave da análise deste modelo, capital humano, é estatisticamente significativa e apresentou o sinal esperado. Um aumento de um ano na escolaridade média da força de trabalho ocupada aumenta a taxa de crescimento do PIB *per capita* dos estados em 0,0609 p.p., na média. A *proxy* para a variável investimento em capital físico (k) é estatisticamente não significativa.

O sinal dessa variável é igual ao encontrado por Nakabashi e Figueiredo (2008). Resultado similar é encontrado quando se utiliza a variável *inv* que representa a taxa de crescimento dos investimentos públicos e privados.²²

A estimativa por meio do GMM-sys – procedimento que estima a equação em nível e utiliza os *lags* da diferença das variáveis explicativas como instrumentos – gera melhores resultados que as demais equações estimadas. O coeficiente da variável *ac* defasada em dois períodos aumentou, enquanto o coeficiente do capital humano reduziu. Nessa regressão (3), o sinal do parâmetro da variável *k* passou a ser positivo, mas permanece estatisticamente não significativo. Quanto ao crescimento da população mais a taxa de depreciação ($n + \delta$), em todas as especificações foi mostrada uma insignificância estatisticamente.

A qualidade dos resultados do modelo dinâmico (tabela 1) está condicionada aos testes de autocorrelação – Arellano-Bond (AR1 e AR2) – dos erros e ao teste de Sargan que verifica se os instrumentos utilizados são válidos para as respectivas equações. A hipótese nula (H_0) do teste de autocorrelação é de que não existe autocorrelação. Os resultados são válidos mesmo na presença de autocorrelação de primeira ordem (AR1), mas não permanecem válidos na presença de AR2. Conforme os resultados – regressão (2) –, pelo procedimento GMM-dif, as probabilidades de não autocorrelação são de 0,54 e 0,34 para AR1 e AR2, respectivamente. O resultado para o teste de Sargan (valor-p) é de 0,50, portanto os instrumentos são válidos.

Para a regressão GMM-sys, as probabilidades de não autocorrelação para AR1 e AR2 são de 0,72 e 0,28, respectivamente; já o resultado do teste de Sargan (valor-p) é de 0,54. Portanto, verifica-se que não é possível rejeitar a validade dos instrumentos utilizados, e os resultados dos modelos dinâmicos (2) e (3) da tabela 1 não sofrem a interferência de problemas de autocorrelação.

Conforme os resultados apresentados, a partir do modelo econômico de Solow estendido, é possível afirmar que, na média, o aumento no nível de abertura comercial pode gerar aumentos nas taxas de crescimento econômico. No entanto, esse efeito de um aumento no grau de abertura sobre a taxa de crescimento não é instantâneo e tem uma defasagem mínima de dois anos.

5.2 Modelo de crescimento com progresso tecnológico endógeno

Esta subseção apresenta as estimativas da equação (41), deduzida na subseção 3.2, que é um modelo de crescimento econômico com progresso tecnológico endógeno.

22. Ver tabela D.1 do apêndice D.

Considerando a questão da causalidade reversa existente na relação entre taxa de crescimento econômico e abertura comercial e a heteroscedasticidade nos dados, aplica-se nesta subseção o modelo dinâmico por meio do GMM. O teste de Hausman para constatar se as estimativas devem realmente levar em consideração os efeitos específicos dos estados foi aplicado e, de acordo com a estatística Qui-quadrado ($\chi^2 = 17,78$) e nível de significância de 1% (valor-p = 0,00), pode-se sugerir que as estimativas devem considerar os EFs dos estados.

Primeiramente, são apresentadas as estimativas pelo procedimento GMM-dif e, em seguida, as estimativas GMM-sys (tabela 2).

TABELA 2

Estimativas dos modelos de painel dinâmicos: GMM-dif, GMM-sysVariável dependente: taxa de crescimento (*gy*)

Variáveis	Modelo dinâmico			
	GMM-dif		GMM-sys	
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>C</i>	0,0224 (0,079)	-0,2281 (0,186)	-0,2555 (0,214)	-0,3524 (0,249)
<i>gy</i> _{<i>t-1</i>}	-0,1695 (0,165)1	-0,0712 (0,154)	-0,1007 (0,231)	-0,0775 (0,253)
<i>ach</i> _{<i>t</i>}	0,0256 (0,026)	0,0543 (0,035)	-0,0175 (0,016)	0,0065 (0,029)
<i>ach</i> _{<i>t-1</i>}	-0,0609* (0,021)	-0,0753* (0,028)	-0,0539* (0,018)	-0,0569** (0,029)
<i>ach</i> _{<i>t-2</i>}	0,0514** (0,025)	0,0706** (0,033)	0,0957* (0,036)	0,0901* (0,035)
<i>ach</i> _{<i>t-3</i>}	-0,0248 (0,017)	-0,0229 (0,016)	-0,0448 (0,0293)	-0,0457 (0,027)
<i>h</i>	0,0033 (0,014)	0,0079 (0,033)	0,0475 (0,033)	0,0728*** (0,042)
<i>k</i>		0,1709 (0,126)		-0,0785 (0,039)
Hausman (chi ²)	17,78			
Correlação Arellano-Bond2				
AR(1)	0,045	0,023	0,055	0,050
AR(2)	0,199	0,139	0,155	0,124
Validade dos instrumentos				
Teste de Sargan	0,118	0,189	0,137	0,241
Número de instrumentos	25	23	22	22
<i>N</i>	243	243	243	243

Elaboração dos autores.

Obs.: Os valores entre parênteses são os erros-padrão robustos.

Os valores reportados em AR(1) e AR(2) são os valores-p dos testes de autocorrelação dos erros em primeira e segunda ordem, respectivamente. As variáveis *ach* e *h* estão em nível com as demais em taxas de crescimento. O procedimento econométrico adotado considera os EFs.

* Nível de significância de 1%, ** nível de significância de 5% e *** nível de significância inferior a 10%.

Os resultados das estimativas por meio do GMM-dif, tanto da regressão (1) quanto da regressão (2) que controla para a variável capital (k), não apresentam a variável h como estatisticamente significativa. A inclusão da variável de controle (k) nas estimativas visa verificar se o sinal dos coeficientes ($ac \cdot h$ e h) e a significância estatística destes permanecem estáveis. Esse procedimento de incluir novas variáveis para verificar a estabilidade está de acordo com Edwards (1998). Tanto na regressão (1) quanto na regressão (2) (tabela 2), embora a variável capital humano não seja estatisticamente significativa, a variável de interação abertura econômica-capital humano ($ac \cdot h$) é significativa a partir de $t - 1$ e o coeficiente apresenta sinal negativo, tornando-se positivo em $t - 2$. Esse resultado mostra que o aumento na abertura econômica começa a surtir efeitos no ano seguinte, sendo que no primeiro momento esse efeito é negativo, mas ele é quantitativamente ampliado e torna-se positivo dois anos após o aumento no grau da abertura. O comportamento dessa relação pode ser explicado em parte pela rigidez do sistema produtivo, que leva algum tempo para executar os ajustes necessários para enfrentar o novo cenário. Os testes de autocorrelação mostram que não é possível rejeitar a hipótese de autocorrelação de primeira ordem, no entanto AR1 não invalida os resultados, conforme Arellano e Bond (1991). Quanto à autocorrelação de segunda ordem (AR2), o resultado permite rejeitar a hipótese nula de existência de autocorrelação (0,14) no modelo GMM-dif. Esses resultados referem-se às condições iniciais de momento. O teste de Sargan (valor-p = 0,19) confirma que os instrumentos usados são válidos.

As regressões (3) e (4) da tabela 2 apresentam os resultados do procedimento GMM-sys. Pode-se constatar uma pequena melhora nos testes estatísticos dos coeficientes em relação ao GMM-dif – em especial, a regressão (4) – e, ao mesmo tempo, estão corroborando a direção dos resultados anteriores para o capital humano e a abertura econômica.

Analisando primeiro os testes estatísticos, as estimativas confirmam que os instrumentos são válidos, com valor-p de 0,14 e 0,24, respectivamente, para o teste de Sargan. Tanto na regressão (3) quanto na regressão (4) não é possível rejeitar a presença de autocorrelação de primeira ordem (AR1). A estatística Arellano-Bond confirma que é possível rejeitar a presença de autocorrelação de segunda ordem (AR2), portanto constata-se que autocorrelação não é um problema que interfere nos resultados. É interessante ressaltar que os coeficientes da variável de interação ($ac \cdot h$), embora possuam o mesmo sinal que o modelo GMM-dif, nas últimas regressões da tabela 2 (regressões 3 e 4), observa-se que $ac \cdot h$ em $t - 1$ mantém o sinal negativo, mas tem menor magnitude absoluta do coeficiente do que no modelo GMM-dif. No entanto, enquanto em $t - 2$ o sinal é o mesmo do GMM-dif, a magnitude do parâmetro aumenta. Isso mostra que o procedimento, por meio do modelo em diferença e que utiliza variáveis em nível como instrumento, pode estar subestimando os parâmetros. A variável capital humano passa a ser estatisticamente significativa

na estimativa (4), no entanto, esperava-se que a mesma deveria ser significativa em todas as regressões. Conforme a regressão (4), o aumento de um ano no nível médio de escolaridade da PEA ocupada pode aumentar a taxa de crescimento do PIB *per capita* em 0,0728 p.p., resultado esse que está em linha com outros encontrados na literatura econômica.²³ Miller e Upadhyay (2000) sugerem que existe um alto grau de complementaridade entre essas duas variáveis (*ac* e *b*) para explicar as diferenças nas taxas de crescimento dos países.

Os resultados apresentados nas subseções 5.1 e 5.2 são discutidos na próxima seção e, no que se refere às variáveis-chave, estão em linha com aqueles encontrados pela literatura recente, por exemplo, Greenaway, Morgan e Wright (2002) e Chang, Kaltani e Loayza (2009).

5.3 Discussão dos resultados econométricos

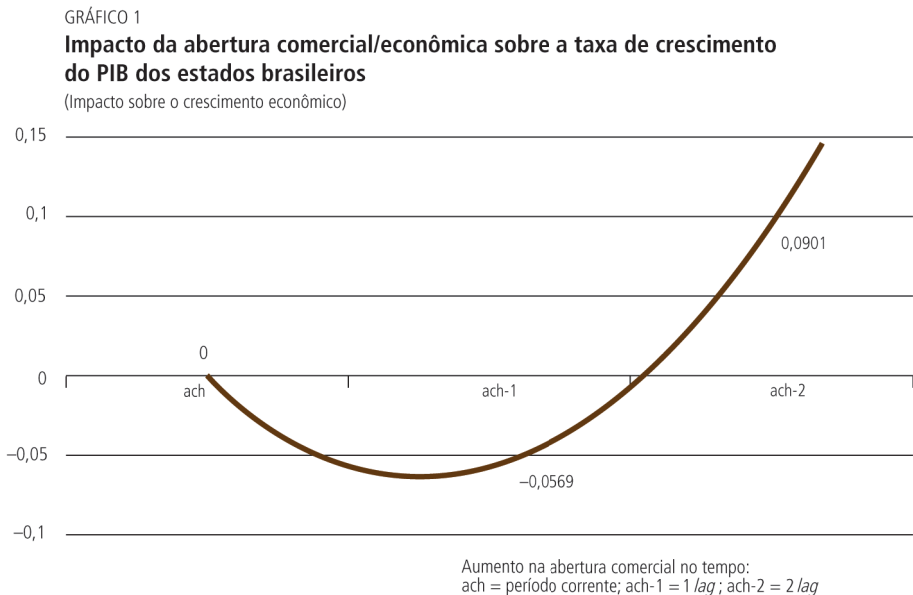
Vários estudos apresentam uma relação positiva entre abertura comercial e crescimento econômico. Outros estudos apontam que essa relação pode ser complementada com o capital humano da força de trabalho, de maneira que a interação entre essas duas variáveis tem maior impacto sobre a taxa de crescimento econômico dos países, principalmente daqueles em desenvolvimento. Embora Rodriguez e Rodrik (2000) apresentem uma exaustiva análise crítica sobre a relação entre abertura comercial e crescimento econômico, os trabalhos posteriores a essa apresentação cética – como Greenaway, Morgan e Wright (2002); Lee, Ricci e Rigobon (2004); Chang, Kaltani e Loayza (2009) e Manole e Spatareanu (2010) – procuraram realizar estimativas por meio de métodos econométricos mais sofisticados, principalmente no que diz respeito ao controle da endogeneidade e causalidade reversa das variáveis, e a conclusão desses estudos é que a abertura comercial afeta positivamente o crescimento econômico dos países.

Este trabalho avaliou a mesma questão, porém considerando os estados brasileiros. As estimativas por meio do procedimento econométrico de painel dinâmico com dados anuais, tanto do modelo econômico tradicional quanto do modelo com progresso tecnológico endógeno, permitem afirmar que aumentos na abertura comercial afetam positivamente a taxa de crescimento do PIB *per capita* com defasagens de dois anos. Dessa forma, o efeito não é instantâneo.

Destacam-se as regressões do modelo com progresso tecnológico endógeno – regressões (3) e (4) na tabela 2 –, nos quais a variável de abertura comercial afeta a taxa de crescimento econômico por meio da interação com o nível do capital humano. Nestas estimativas, o coeficiente tem o seguinte comportamento: estatisticamente insignificante no ano corrente; negativo e significativo no ano $t-1$;

23. Para mais detalhes, ver Cangussu, Salvato e Nakabashi (2010).

tornando-se positivo, significativo e maior (em valor absoluto) no ano $t - 2$. Esses resultados guardam uma relação com aqueles encontrados por Greenaway, Morgan e Wright (2002) para países em desenvolvimento, nos quais os autores apresentam uma curva de reação do aumento da abertura sobre o crescimento econômico no formato de J (do tipo do gráfico 1, que retrata o caso dos estados brasileiros), ou seja, no primeiro período, após uma política de promoção comercial (liberalização), o efeito sobre o crescimento é negativo, mas, a partir do segundo período, os efeitos tornam-se positivos, caracterizando o que os autores denominaram de curva J. Chang, Kaltani e Loayza (2009) destacam que políticas de investimento em educação, por exemplo, são complementares à abertura econômica para aumentar o PIB *per capita* dos países, tanto dos desenvolvidos como dos países em desenvolvimento.



Fonte: Tabela 2, resultados da regressão (4). Elaboração dos autores.

A variável capital humano se apresenta como estatisticamente significativa e com o sinal esperado em todas as especificações do modelo econômico de Solow estendido (tabela 1). No entanto, as estimativas com painel dinâmico (GMM) ampliam a magnitude do coeficiente desta variável, mostrando que o modelo estático (EF) pode estar subestimando o coeficiente. Os resultados do segundo modelo (tabela 2) apresentam, segundo as estimativas GMM-dif, a variável capital humano como estatisticamente insignificante (embora com coeficiente positivo). Na estimativa GMM-sys, o coeficiente dessa variável (h) permanece insignificante

na regressão (3); já na regressão (4), que se apresenta como melhor especificada, o coeficiente torna-se estatisticamente significativo com a inclusão da variável k (*proxy* para investimento em capital físico), como no primeiro modelo. Portanto, o coeficiente da variável capital humano é sensível à presença da variável de investimento em capital físico. Comparando esse resultado com as estimativas de trabalhos anteriores, a magnitude do coeficiente da variável capital humano encontrado nas regressões deste artigo (tabelas 1 e 2) é inferior aos coeficientes estimados por Lau *et al.* (1993) e Andrade (1997), que utilizaram regressões de *cross-section* para os estados brasileiros. No entanto, conforme Cangussu, Salvato e Nakabashi (2010, p. 173), essa diferença ocorre porque, nos primeiros trabalhos citados, as especificidades de cada estado não foram controladas e, desse modo, o coeficiente da *proxy* para capital humano também incorporou esses efeitos.

Como apresentado previamente, maior abertura comercial gera aumento de competição entre as empresas, estimula o investimento em P&D, o que aumenta a demanda por trabalho qualificado (Ribeiro e Jacinto, 2008) e por fim, aumenta a produtividade da economia. Em relação à produtividade, esta é apontada como um dos principais canais pelos quais a abertura comercial pode afetar o crescimento econômico e, nessa linha, Ferreira e Guillén (2004) constataram aumentos na produtividade da indústria²⁴ brasileira de transformação. Segundo estes autores, o acesso a insumos importados e o uso de novas tecnologias podem ser possíveis canais de aumento da produtividade. Cabe ressaltar que, segundo Puga (2007, p. 7), em média, nos setores com maior aumento nas importações, o crescimento da produção nacional foi também maior.

Os efeitos da abertura comercial sobre o crescimento do PIB *per capita* estimados neste artigo podem ter sido mitigados, em parte, pelo ambiente econômico que se apresentou em certa fase do período em análise (1995-2006). A partir da segunda metade dos anos 1990, apesar da melhora na estabilidade de preços, ocorreram choques em outras economias que não foram tão favoráveis à economia brasileira, considerando que o país estava em um momento de consolidação da estabilidade monetária e ainda sensível a choques externos. Segundo Tybout, Melo e Corbo (1990) e Ferreira e Guillén (2004), condições macroeconômicas adversas podem mascarar os efeitos positivos das reformas comerciais sobre a economia.

Para captar os choques externos, foram realizadas estimativas dos modelos de Solow estendido e com progresso tecnológico endógeno, adotando (como explicativa) a variável *dummy* de tempo para o período 1995-1999. No entanto, essa nova variável explicativa (*dummy*) não apresentou coeficiente estatisticamente

24. Foram analisados dezesseis setores da indústria de transformação no período pré e pós-abertura comercial.

significativo.²⁵ Ainda no campo macroeconômico, Pastore e Pinotti (2006) argumentam que a má qualidade do ajuste fiscal brasileiro tem sido entrave ao crescimento. Portanto, pode-se afirmar que o cenário macroeconômico que se configurou no final dos anos 1990 não foi dos mais favoráveis no sentido de permitir os efeitos plenos da abertura comercial sobre o crescimento do PIB. Não obstante, é possível constatar a contribuição da abertura comercial para o crescimento da renda *per capita* brasileira, no período de análise.

Quanto à robustez da relação entre abertura comercial, capital humano e crescimento econômico – considerando a relativa estabilidade dos parâmetros sob as diferentes especificações apresentadas e os procedimentos utilizados –, pode-se afirmar que os resultados encontrados são robustos e tanto o aumento da abertura comercial quanto o aumento no nível da escolaridade da PEA ocupada geram, em média, aumentos na taxa de crescimento do PIB *per capita* do Brasil. No entanto, esses impactos podem acontecer de formas diferenciadas entre os estados e/ou regiões, dada a heterogeneidade dos mesmos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como a literatura recente tem investigado a relação entre abertura comercial, capital humano e crescimento econômico para grupo de países, torna-se relevante analisar essa relação para um grupo de estados de um mesmo país, onde todas as UFs (do painel) podem ter acesso à mesma tecnologia de produção, à mesma política comercial, às mesmas instituições e existe livre mobilidade de fatores. Foi dentro deste propósito que este trabalho procurou analisar, a partir de 1995, as relações entre abertura comercial, aumento do capital humano da força de trabalho e taxa de crescimento econômico dos estados brasileiros.

As estimativas econométricas apresentadas, tanto do modelo de Solow estendido quanto do modelo com progresso tecnológico endógeno, permitem afirmar que o aumento do grau de abertura comercial afeta positivamente a taxa de crescimento do PIB *per capita*, embora o efeito positivo possa não ser imediato. Constatou-se que esse impacto tem uma defasagem de dois anos. Estima-se que um aumento na taxa de crescimento da abertura comercial de 1 p.p., em média, aumenta entre 0,124 p.p. e 0,134 p.p. a taxa de crescimento do PIB *per capita*, quando é válido para a economia o modelo tradicional de Solow estendido. Ao se avaliar o impacto do capital humano, constata-se que, para cada aumento de um ano no nível médio da escolaridade da força de trabalho haverá o aumento entre 0,05 p.p. e 0,06 p.p. na taxa de crescimento do PIB *per capita*.

25. Ver, na tabela D.1 do apêndice D, as regressões (3) e (4).

A estimativa econométrica com melhor ajuste do modelo teórico com progresso tecnológico endógeno apresentou os seguintes resultados: o aumento de 1% no nível da variável de abertura comercial, dado o nível do capital humano médio da economia (interação abertura comercial-capital humano), aumenta, após dois anos, a taxa de crescimento do PIB *per capita* em 0,09 p.p., enquanto o aumento de um ano no nível médio de escolaridade da força de trabalho eleva a taxa de crescimento do PIB *per capita* em aproximadamente 0,073 p.p. – equação (4) da tabela 2. É interessante observar que, nas estimativas desse segundo modelo, o impacto de aumentos na abertura comercial sobre o crescimento econômico tem um efeito como uma curva em formato de J, porque, no ano seguinte ao impacto da abertura, o coeficiente é negativo, tornando-se positivo no segundo ano após o aumento da abertura. Já o capital humano, nessa especificação, apresentou resultado sensível à presença da variável capital físico.

Os resultados apontam que a estimativa do modelo estendido de Solow possui bom ajuste para avaliar o impacto da abertura comercial e do capital humano sobre a taxa de crescimento do PIB *per capita* dos estados brasileiros. Suas estimativas apresentaram maior estabilidade dos parâmetros, indicando que os resultados encontrados são consistentes.

Este artigo contribui para o debate nacional quanto ao rumo das políticas públicas de fomento ao crescimento econômico dos estados e do Brasil como um todo. Os resultados aqui apresentados apontam que se faz necessário não só aumentar o grau de abertura comercial, para permitir às empresas aqui instaladas o acesso a tecnologias desenvolvidas no exterior, mas que também é importante adotar políticas complementares que contemplem investimento contínuo em qualificação da força de trabalho, lembrando que o maior nível de qualificação permitirá o uso mais eficiente de tecnologia importada via máquinas e equipamentos modernos. Deve-se incentivar o aumento de P&D para gerar produtos diferenciados, tornar as empresas competitivas e dinamizar as exportações brasileiras.

ABSTRACT

This paper aims to analyze the relationship among human capital of employed labor force, trade openness and economic growth of the Brazilian states. Using a dynamic panel procedure, two theoretical models were estimated: one is the extended Solow model and the other model has endogenous technological progress. The results indicate that 1% – increased level of trade openness increases, on average, the GDP – per capita growth rate between 0.09 to 0.13 percentage points. Already an increase of 1 year in the average level of workers' schooling leads to an increase of 0.06 pp thru 0.07 pp in this GDP per capita growth rate.

Keywords: economic openness, technological advances; dynamic panel.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. V. Educação e crescimento econômico no Brasil: evidências empíricas para os estados brasileiros – 1970/1995. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA*, 25., 1997, Recife. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPEC, 1997.
- ARELLANO, M.; BOND, S. R. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. **Review of economic studies**, v. 58, n. 2, p. 277-297, 1991.
- ARELLANO, M.; BOVER, O. Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. **Journal of econometrics**, v. 68, n. 1, p. 29-51, 1995.
- BALTAGI, B. H. **Econometric analysis of panel data**. New York: John Wiley & Sons, 2005.
- BALTAGI, B. H.; DEMETRIADES, P. O.; LAW, S. H. Financial development and openness: evidence from panel data. **Journal of development economics**, v. 89, n. 2, p. 285-296, 2009.
- BCB – BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Sistema de informações** (Sisbacen), 2012. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/?SISBACEN>>. Acesso em: 5 set. 2012.
- BARRO, R.; SALA-I-MARTIN, X. **Economic growth**. 2.ed. Cambridge: The MIT Press, 2003.
- BLUNDELL, R.; BOND, S. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. **Journal of econometrics**, v. 87, n. 1, p. 115-143, 1998.
- CANGUSSU, R. C.; SALVATO, M. A.; NAKABASHI, L. Uma análise do capital humano sobre o nível de renda dos estados brasileiros: MRW *versus* Mincer. **Estudos econômicos**, v. 40, n. 1, p. 153-183, 2010.
- CHANG, R.; KALTANI, L.; LOAYZA, N. V. Openness can be good for growth: the role of policy complementarities. **Journal of development economics**, v. 90, n. 1, p. 33-49, 2009.
- CHIANG, A. **Elements of dynamic optimization**. New York: McGraw-Hill, 1992.
- CHUANG, Y. Human capital, exports, and economic growth: a causality analysis for Taiwan, 1952-1995. **Review of international economics**, v. 8, n. 4, p. 712-720, 2000.
- DIAS, J.; DIAS, M. H. A.; LIMA, F. F. Os efeitos da política educacional no crescimento econômico: teoria e estimativas dinâmicas em painel de dados. **Revista de economia política**, v. 29, n. 3, p. 232-251, 2009.
- DIAS, J. **Restrição da oferta e demanda por capital humano qualificado e o crescimento econômico e das exportações dos estados brasileiros**. BNDES/ANPEC, 2012 (Séries Working Paper, n. 30).
- DORFMAN, R. An economic interpretation of optimal control theory. **American economic review**, v. 59, n. 5, p. 817-831, 1969.
- EATON, J.; KORTUM, S. Technology, trade, and growth: a unified framework. **European economic review**, v. 45, n. 4-6, p. 742-755, 2001.
- EDWARDS, S. Trade orientation, distortions and growth in developing countries. **Journal of development economics**, v. 39, n. 1, p. 31-57, 1992.
- _____. Openness, trade liberalization, and growth in developing countries. **Journal of economic literature**, v. 31, n. 3, p. 1.358-1.393, 1993.
- _____. Trade openness, productivity and growth: what do we really know? **The economic journal**, v. 108, n. 447, p. 383-398, 1998.

ELLERY JÚNIOR, R. G. Estratégias para o crescimento da economia brasileira. In: RENAUT, M.; CARVALHO, L. (Org.). **Crescimento econômico: setor externo e inflação**. Rio de Janeiro: Ipea, 2009. cap. 3.

FEENSTRA, R. **Product variety and the gains from international trade**. Cambridge: The MIT Press, 2010.

FERREIRA, P. C.; GUILLÉN. Estrutura competitiva, produtividade industrial e liberalização comercial no Brasil. **Revista brasileira de economia**, v. 58, n.4, p. 507-532, 2004.

GIOVANETTI, B.; MENEZES-FILHO, N. A. Trade liberalization and the demand for skilled labor in Brazil. **Economia**, v. 7, n. 1, p. 1-28, 2006.

GOLDBERG, P. K. *et al.* Trade liberalization and new imported inputs. **American economic review**, v. 99, n. 2, p. 94-100, 2009.

GOULD, D. M.; RUFFIN, R. J. Human capital, trade, and economic growth. **Review of world economics**, v. 131, n. 3, p. 425-445, 1995.

GREENAWAY, D.; MORGAN, W.; WRIGHT, P. Trade liberalisation and growth in developing countries. **Journal of development economics**, v. 67, n. 1, p. 229-244, 2002.

GREENE, W. H. **Econometrics analysis**. New Jersey: Prentice Hal, 2000.

HAUSMAN, J. A. Specification tests in econometrics. **Econometrica**, v. 46, n. 6, p. 1.251-1.272, 1978.

HELPMAN, E. **The mystery of economic growth**. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 2004.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional por amostra de domicílio** (PNAD), 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/download/estatistica.shtm>>. Acesso em: 5 jul. 2009.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **IPEADATA**. 2008. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2009.

KROTH, D. C.; DIAS, J. A contribuição do crédito bancário e do capital humano no crescimento econômico dos municípios brasileiros: uma análise em painéis de dados dinâmicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 34., 2006, Salvador. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPEC, 2006.

LAU, L. J. *et al.* Education and economic growth: some cross-sectional evidence from Brazil. **Journal of development economics**, v. 41, n. 1, p. 45-70, 1993.

LEE, H.; RICCI, L. A.; RIGOBON, R. Once again, is openness good for growth? **Journal of development economics**, v. 75, n. 2, p. 451-472, 2004.

LEVIN, A.; RAUT, L. K. Complementarities between exports and human capital in economic growth: evidence from the semi-industrialized countries. **Economic development and cultural change**, v. 46, n. 1, p. 155-174, 1997.

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

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

MANOLE, V.; SPATAREANU, M. Trade openness and income – a re-examination. **Economic letters**, v. 106, n. 1, p. 1-4, 2010.

MILLER, S. M.; UPADHYAY, M. P. The effects of openness, trade orientation, and human capital on total factor productivity. **Journal of development economics**, v. 63, n. 2, p. 399-423, 2000.

NAKABASHI, L.; FIGUEIREDO, L. Mensurando os impactos diretos e indiretos do capital humano sobre o crescimento. **Economia aplicada**, v. 12, n. 1, p. 151-171, 2008.

PASTORE, A. C.; PINOTTI, M. C. Política macroeconômica, choque externo e crescimento. **Estudos e pesquisas**, n. 141, p. 1-14, 2006.

PUGA, F. P. Aumento das importações não gerou desindustrialização. **Visão do desenvolvimento**, n. 26, p. 1-8, 2007.

RIBEIRO, E. P.; JACINTO, P. A. Estimando a demanda por trabalhadores qualificados no Brasil, 1997-2003. *In*: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMETRIA (SBE), 30., 2008, Salvador. **Anais...** Rio de Janeiro: SBE, 2008.

RIVERA-BATIZ, L.; ROMER, P. Economic integration and endogenous growth. **Quarterly journal of economics**, v. 106, n. 2, p. 531-555, 1991.

RODRIGUEZ, F.; RODRIK, D. Trade policy and economic growth: a skeptic's guide to the cross-national evidence. *In*: BERNANKE, B.; ROGOFF, K. (Ed.). **NBER macroeconomics annual**. Cambridge: The MIT Press, 2000. chap. 2.

ROMER, D. **Advanced macroeconomics**. 4. ed. McGraw-Hill, 2012.

ROMER, P. M. Endogenous technological change. **The journal of political economy**, v. 98, n. 5, p. s71-s102, 1990.

_____. New goods, old theory, and the welfare costs of trade restrictions. **Journal of development economics**, v. 43, n. 1, p. 5-38, 1994.

SOLOW, R. A Contribution to the theory of economic growth. **Quarterly journal of economics**, v. 70, n. 1, p. 65-94, 1956.

TYBOUT, J. R.; de MELO, J.; CORBO, V. **The effects of trade reforms on scale and technical efficiency**: new evidence from Chile. World Bank, 1990 (Working Paper, n. 481). Disponível em: <http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/IW3P/IB/1990/08/01/000009265_3960929223040/Rendered/PDF/multi0page.pdf>. Acesso em: out. 2012.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

MDIC – MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Estatísticas de comércio exterior**. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=5&menu=1078&refr=1076>>. Acesso em: 20 nov. 2008.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Boletins anuais de consolidação do mercado de energia elétrica e da economia**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Mercado_9.aspx?CategoriaID=>>. Acesso em: 22 set. 2009.

(Originais submetidos em dezembro de 2011. Última versão recebida em novembro de 2012. Aprovada em julho de 2013).

APÊNDICE A

DEDUÇÃO DA EQUAÇÃO (37)

A equação (30) é:

$$\dot{\lambda}_2 - \rho\lambda_2 = -\frac{\partial J}{\partial A} \Rightarrow \dot{\lambda}_2 = -\lambda_1[(\alpha + \beta)A^{\alpha+\beta-1}(h_g - h_A)^\alpha k^{1-\alpha-\beta}] - \lambda_2[\phi(1+ac)h_A] + \rho\lambda_2 \quad (30)$$

Reescrevendo (30) com o termo Z definido em (27), tem-se:

$$\dot{\lambda}_2 = -\lambda_1[(\alpha + \beta)A^{-1}Z] - \lambda_2[\phi(1+ac)h_A] + \rho\lambda_2 \quad (B.1)$$

Agora substituindo a equação (32) na equação acima, tem-se:

$$\dot{\lambda}_2 = -\lambda_1 \left[(\alpha + \beta)A^{-1} \cdot \frac{\lambda_2[\phi(1+ac)A]}{\alpha\lambda_1} \cdot (h_g - h_A) \right] - \lambda_2[\phi(1+ac)h_A] + \rho\lambda_2 \quad (B.2)$$

Dividindo ambos os lados da expressão acima por λ_2 e rearranjando os termos, tem-se:

$$\frac{\dot{\lambda}_2}{\lambda_2} = \rho - [\phi(1+ac)h_A] - (\alpha + \beta) \cdot \frac{[\phi(1+ac)]}{\alpha} (h_g - h_A) \quad (B.3)$$

$$\begin{aligned} \frac{\dot{\lambda}_2}{\lambda_2} = \rho - [\phi(1+ac)h_A] - \frac{(\alpha + \beta)}{\alpha} \cdot [\phi(1+ac)] \cdot h_g + \frac{\alpha}{\alpha} [\phi(1+ac)]h_A + \\ + \frac{\beta}{\alpha} [\phi(1+ac)]h_A \end{aligned} \quad (B.4)$$

$$\frac{\dot{\lambda}_2}{\lambda_2} = \rho - \frac{(\alpha + \beta)}{\alpha} \cdot [\phi(1+ac)] \cdot h_g + \frac{\beta}{\alpha} [\phi(1+ac)]h_A \quad (B.5)$$

Realocando os termos, por fim chega-se à equação (37) apresentada no texto,

$$\frac{\dot{\lambda}_2}{\lambda_2} = \rho - [\phi(1+ac)] \left[\frac{(\alpha + \beta)}{\alpha} \cdot h_g - \frac{\beta}{\alpha} h_A \right] \quad (37)$$

APÊNDICE B**PASSAGEM DA EQUAÇÃO (37) PARA A (38)**

Fazendo: $\varphi = [\phi(1 + ac)]$ e sendo $\frac{\dot{\lambda}_1}{\lambda_1} = \frac{\dot{\lambda}_2}{\lambda_2}$. Pode-se igualar as equações (36) e (37) para obter (38).

$$-\varphi\theta h_A = \rho - \varphi \left[\frac{\alpha + \beta}{\alpha} h_g - \frac{\beta}{\alpha} h_A \right] \quad (C.1)$$

$$-\varphi \left[\theta h_A + \frac{\beta}{\alpha} h_A \right] = \rho - \varphi \left[\frac{\alpha + \beta}{\alpha} h_g \right] \quad (C.2)$$

$$\varphi \left[\theta - \frac{\beta}{\alpha} \right] h_A = \varphi \frac{[(\alpha + \beta)h_g]}{\alpha} - \rho \quad (C.3)$$

Resolvendo (C.3) para h_A chega-se à equação (38) do texto, que é:

$$h_A = \frac{[\phi(1 + ac)](\alpha + \beta)h_g - \alpha\rho}{[\phi(1 + ac)](\alpha\theta + \beta)} \quad (38)$$

em que h_g é o capital humano médio dos trabalhadores de qualquer setor.

APÊNDICE C

PASSAGEM DAS EQUAÇÕES (35) E (39) PARA A (40)

Sendo a taxa de crescimento do PIB *per capita*:

$$g_y = \frac{\dot{A}}{A}$$

e

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{(\alpha + \beta)[\phi(1 + ac)]h_g - \alpha\rho}{(\alpha\theta + \beta)} \quad (39)$$

Supondo $\frac{\alpha\rho}{(\alpha\theta + \beta)}$ ser uma constante C, tem-se:

$$g_y = \frac{(\alpha + \beta)[\phi(h_g + ach_g)]}{(\alpha\theta + \beta)} + C \quad (D.1)$$

Por fim, rearranjando os termos chega-se à equação (40) do texto:

$$g_y = C + \frac{(\alpha + \beta)}{(\alpha\theta + \beta)}\phi(h) + \frac{(\alpha + \beta)}{(\alpha\theta + \beta)}\phi(ach) \quad (40)$$

APÊNDICE D

TABELA D.1

Novas estimativas dos modelos de painel dinâmicosVariável dependente: taxa de crescimento (gy), considerando nova definição para a variável K e $dummy$ para os anos de 1995 a 1999

Variável	Modelo exógeno			Modelo endógeno	
	GMM-sys (1)	GMM-dif (2)	GMM-sys (3)	GMM-sys (4)	GMM-sys (5)
gy_{t-1}	-0,534*** (0,283)1	-0,424*** (0,239)	-0,555*** (0,289)	-0,227 (0,228)	-0,121 (0,241)
gy_{t-2}	-0,0461 (0,225)	0,0119 (0,218)	-0,0563 (0,239)		
gac	0,0178 (0,0799)	0,0466 (0,0756)	0,0119 (0,0748)		
gac_{t-1}	0,0874 (0,0724)	0,102 (0,0632)	0,0891 (0,0834)		
gac_{t-2}	0,117** (0,0548)	0,120** (0,0516)	0,129* (0,0469)		
gac_{t-3}	0,114*** (0,0618)	0,123*** (0,0650)	0,114** (0,0573)		
h	0,0469*** (0,0257)	0,0477 (0,0344)	0,0424 (0,0368)	-0,0106 (0,0583)	0,0736*** (0,0441)
k			0,0602 (0,0857)		
k_{t-1}			-0,0867 (0,0863)		
inv	-0,00980 (0,0809)	-0,00386 (0,0988)			-0,0833 (0,0598)
inv_{t-1}	-0,0172 (0,0686)	0,0125 (0,0592)			
$(n + d)$	0,0288 (0,0207)	0,0344*** (0,0205)	0,0273 (0,0210)		
$dummy$ (1995-1999)			-0,0173 (0,0279)	-0,0824 (0,136)	
ach				0,00590 (0,00982)	-0,00711 (0,0246)
ach_{t-1}				-0,0650* (0,0224)	-0,0730* (0,0278)
ach_{t-2}				0,0834** (0,0357)	0,103* (0,0397)
ach_{t-3}				-0,0335 (0,0218)	-0,0436 (0,0306)
Constante	-0,182 (0,187)	-0,176 (0,233)	-0,125 (0,281)	0,134 (0,406)	-0,428 (0,288)

(Continua)

(Continuação)

Variável	Modelo exógeno			Modelo endógeno	
	GMM-sys (1)	GMM-dif (2)	GMM-sys (3)	GMM-sys (4)	GMM-sys (5)
Correlação Arellano-Bond (valor-p) ²					
AR(1)	0,622	0,317	0,746	0,186	0,055
AR(2)	0,253	0,419	0,260	0,765	0,186
Validade dos instrumentos					
Sargan (valor-p)	0,434	0,353	0,472	0,142	0,163
Número de instrumentos					
	29	23	29	25	23
<i>N</i>	233	233	233	243	243

Elaboração dos autores.

Obs: Os valores entre parênteses são os erros-padrão robustos.

Os valores reportados em AR(1) e AR(2) são os valores-p dos testes de autocorrelação dos erros em primeira e segunda ordem, respectivamente.

As variáveis *ach* e *h* estão em nível.*inv.* corresponde à soma das operações bancárias de crédito mais o investimento público dos estados. O procedimento econométrico adotado considera os EFs.

* Nível de significância de 1%, ** nível de significância de 5% e *** nível de significância inferior a 10%.