

# CONVERGÊNCIA REGIONAL BRASILEIRA REVISITADA\*

Pedro Jucá Maciel\*\*

Joaquim Andrade \*\*\*

Vladimir Kühn Teles\*\*\*\*

Este artigo tem o objetivo de analisar a dinâmica de convergência regional para as regiões brasileiras a partir de uma adaptação do modelo Hall e Jones (1999), que incorpora mobilidade de trabalho e capital. Por meio de simulações computacionais, os resultados indicam uma tendência à concentração espacial e formação de dois *steady states* para as rendas *per capita* das regiões brasileiras: rico e pobre. As regiões Sul e Centro-Oeste tendem a alcançar a renda *per capita* da região mais rica, o Sudeste. Por outro lado, as regiões mais pobres, o Nordeste e Norte, não tendem a apresentar mudanças significativas na dinâmica de suas rendas *per capita*, permanecendo em um nível em torno de 3,0 e 2,8 vezes menor, respectivamente, às demais regiões. O fator-chave para a não-convergência regional encontra-se na diferença brutal de produtividade entre as regiões, o que mantém os produtos marginais do capital físico e da mão-de-obra maiores nas regiões ricas, apesar de estas terem estoques de capital maiores.

## 1 INTRODUÇÃO

A economia regional difere da teoria econômica geral basicamente em relação ao seu enfoque. Seu interesse é voltado para as relações econômicas de regiões geográficas em um mesmo país sob certa mobilidade dos fatores de produção. Barro (1995) descreve algumas peculiaridades da análise da economia regional em relação à da internacional, como o menor diferencial tecnológico, de preferências e institucionais. As regiões analisadas dividem um Governo Central comum e, portanto, têm estruturas institucionais e sistemas legais similares. Assim, barreiras legais, culturais, linguísticas e institucionais para a mobilidade dos fatores tendem a ser menores sobre as regiões de um país do que sobre os países.

Os recentes artigos de economia regional no Brasil têm baseado seus instrumentais em modelos econométricos de análise de convergência<sup>1</sup> e mensuração de sua velocidade, podendo chegar a resultados contraditórios, dependendo do período e da origem dos dados da amostra. Este trabalho adota uma abordagem alternativa, tomando por base simulações computacionais para a análise de conver-

---

\* Os autores agradecem os comentários valiosos de Roberto Ellery e a Eustáquio Reis pela disponibilização dos dados. A responsabilidade por erros remanescentes é naturalmente nossa.

\*\*Da Universidade de Brasília e do Ministério da Fazenda

\*\*\*Da Universidade de Brasília

\*\*\*\*Da Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas

1. Grande parte dos trabalhos foi influenciada por Barro (1991). Alguns fazem extensões apresentando modelos de econometria espacial para a análise regional.

gência regional, utilizando um modelo dinâmico de crescimento econômico, com o objetivo de analisar o comportamento das principais variáveis macroeconômicas e de mobilidade dos fatores regionais sobre as hipóteses assumidas no modelo. Assim a pergunta que busca ser respondida é: sendo verdadeiros os pressupostos do modelo neoclássico, e havendo perfeita mobilidade de fatores de produção, o destino do Brasil é a convergência regional? Ou a convergência só será alcançada por meio de políticas públicas adequadas?

Os modelos neoclássicos de crescimento regional têm como foco a análise de convergência em torno do comportamento dos fatores de produção e os diferenciais de retorno das funções de produção. Assim, economias cujos fatores de produção são relativamente mais escassos, assumindo identidades tecnológicas, adquirem taxas de retornos maiores sobre esses fatores devido aos rendimentos decrescentes em relação à escala das funções de produção utilizadas.<sup>2</sup> Nesse caso, com a mobilidade dos fatores, as regiões tendem a convergir ao mesmo *steady state*, ou seja, há uma  $\beta$ -convergência das rendas *per capita*.

Barro (1995) realizou testes econométricos e adverte para alguns fatores capazes de contribuir para os desequilíbrios regionais. Entre esses, pode-se citar a fração do estoque de capital – que inclui o capital humano – que não é móvel. A velocidade de convergência aumenta pela existência da mobilidade de capital, mas permanece com um pequeno alcance quando se aumenta a fração do capital que não é imóvel. Outro fator seria uma tecnologia sem retornos decrescentes do capital,<sup>3</sup> que implica uma velocidade de convergência zero, estando a economia aberta ou fechada. O mesmo autor realizou testes em relação à migração e constatou que a liberdade de migração no modelo de crescimento tende a acelerar o processo de convergência.

Lucas (1990) analisa os fatores pelos quais a mobilidade do capital não é observada em nível internacional. De acordo com o autor, se o modelo neoclássico levar em consideração o capital humano como fator de produção e suas externalidades,<sup>4</sup> os diferenciais de taxa de retorno do capital dos países caem significativamente. Além disso, assumindo-se que os mercados de capitais são imperfeitos, a política ótima do monopolista é retardar o fluxo de capital para manter os níveis salariais artificialmente baixos. Outro fator importante que insere rigidez na mobilidade do capital seria o risco político do país.

O comportamento da mobilidade da mão-de-obra sobre o ajustamento regional foi analisado por Pessoa (1999). O autor afirma que, sob a hipótese da

---

2. Essa tendência é revertida quando se assumem funções de produção com rendimentos crescentes.

3. Pode-se citar como exemplo uma versão do modelo AK.

4. Assume-se, nesse caso, que os *spillovers* do conhecimento de um país não impactam outros países.

mobilidade do trabalho, qualquer diferencial de renda *per capita* entre as regiões seria eliminado, inclusive os diferenciais do estoque de capital *per capita*. Há, no entanto, dois tipos de imperfeições quanto à mobilidade da mão-de-obra que podem ocasionar desaceleração do processo de convergência ou diferenciais nos rendimentos: fricção dinâmica e fricção estática.<sup>5</sup> Esses diferenciais, no entanto, não são superiores ao custo fixo de deslocamento do fator.

No Brasil, vários autores realizaram estudos sobre a convergência regional no país. Ferreira e Diniz (1995) realizaram estudo com dados de 1970 e 1985, detectando uma reversão do processo de divergência regional observado até o referido período. Pessoa (1999b) muda o foco da análise regional. Os diferenciais da renda *per capita* entre as regiões são determinados pelas características dos indivíduos que moram na região, não por características da região. Azzoni (2001) elaborou o estudo de maior amplitude temporal (1939-1995) tendo como resultado uma tendência de comportamento da desigualdade regional que depende dos ciclos econômicos pelos quais passou a economia brasileira. Em anos de elevado crescimento, as economias regionais tendem a divergir, ocorrendo o oposto quando há períodos de recessão. Ferreira e Ellery (1996) analisam a convergência brasileira com dados de 1970-1990. O trabalho indica uma convergência das rendas *per capita* estaduais, porém a velocidade de convergência apresentou-se pequena em relação às estimações dos Estados Unidos.

Ferreira (2000) analisa a distribuição interestadual de renda no Brasil a partir de 1970. Utilizando o coeficiente de variação e o índice de Theil, o autor verifica o processo de sigma-convergência entre 1970 e 1986. Após 1986, no entanto, a velocidade de convergência foi reduzida aproximadamente à metade. As estimações de longo prazo indicam uma tendência de redução da dispersão interestadual de renda, porém foi constatado que a renda *per capita* relativa dos estados “pobres” e “muito pobres” estavam próximos de seu *steady state*.

Os artigos mais recentes de economia regional no Brasil utilizam em sua metodologia instrumentais de econometria espacial. Os trabalhos de Azzoni e Silveira Neto (2003), Mossi *et al.* (2003) e Hewings, Magalhães e Azzoni (2005) identificam dois regimes espaciais para o Brasil. Mossi *et al.* (2003) trabalha com dados de 1939 a 1998 examinando o papel da geografia na explicação do crescimento econômico. O trabalho revela a existência de dois *clusters* espaciais: um de baixa renda no Nordeste e um de alta renda no Sudeste.

Resultados semelhantes para a economia mundial foram encontrados por Jones (1997), que realizou estimações entre países. A conclusão básica do modelo

---

5. A fricção dinâmica é algum custo que depende da velocidade de ajustamento. Desaparece, portanto, quando o fluxo migratório encerra-se. A fricção estática é algum custo fixo a ser pago ao migrar. Essa imperfeição impede a completa equalização das rendas *per capita* regionais, mas limita-se a esse custo fixo.

é que os países se encontram divididos em dois grupos. As economias acima do 50º percentil tendem a alcançar (*catch-up*) a economia americana na posição de líder e algumas até mesmo ultrapassar. Já as economias abaixo do 50º percentil estão previstas a permanecerem próximas dos níveis de renda de 1990. A conclusão básica do trabalho, dados os níveis de tecnologias constantes, é que haverá uma divergência adicional dos mais pobres com os ricos e um processo de convergência, entre si, dos países nos percentis superiores de renda *per capita*.

O objetivo deste trabalho é descrever o comportamento dos fatores de produção, sua mobilidade e seu impacto sobre o crescimento regional. Este modelo terá como aplicação empírica a análise dinâmica das cinco regiões brasileiras. Com base nas calibrações do modelo e informações sobre as condições iniciais, é possível descrever o comportamento das diversas variáveis envolvidas ao longo do tempo via simulação computacional em um modelo de crescimento.

A contribuição principal do presente artigo é a utilização de simulações recursivas para a análise do processo de convergência regional para o caso brasileiro. A partir dessa abordagem é possível verificar a validade dos pressupostos teóricos-chave dos modelos teóricos para o caso brasileiro e fazer previsões para o futuro com base nas calibrações realizadas. As conclusões abrem espaço para pesquisas futuras, uma vez que demonstram a necessidade de políticas públicas adequadas para reverter um quadro de divergência regional estabelecido.

Na seção 2, realiza-se a revisão metodológica da teoria do crescimento econômico incluindo o capital humano e a mobilidade dos fatores, além da apresentação do modelo de crescimento proposto. Na seção 3, são apresentadas as condições iniciais e a calibração dos parâmetros para as simulações. A seção 4 reporta-se à dinâmica das principais variáveis do modelo e analisa a convergência regional no país. A seção 5 realiza a análise de sensibilidade do modelo ao parâmetro de crescimento tecnológico das regiões. Na última seção são apresentadas as principais conclusões do trabalho.

## 2 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho tem o objetivo de utilizar um modelo de crescimento regional capaz de explicar a dinâmica dos fatores de produção e seus impactos no crescimento econômico, dada uma determinada função de produção. A análise se baseia no modelo de crescimento Hall e Jones (1999), com algumas alterações, em que uma função minceriana de acumulação de capital humano é utilizada e o fluxo de fatores entre as regiões é modelado. Na subseção a seguir explicam-se tais mudanças e apresentam-se as equações básicas para a realização das simulações.

## 2.1 Capital humano

Vários artigos recentes ressaltam a importância do capital humano no processo de crescimento econômico. Ignorar o capital humano pode levar a conclusões incorretas. De acordo com Mankiw, Romer e Weil (1992), a inclusão do capital humano no modelo de Solow aumenta a explicação das variáveis de 59% para 78% para a economia mundial. Além disso, a acumulação do capital humano está relacionada com a taxa de poupança e com o crescimento populacional. Neste caso, omitir a acumulação do capital humano do modelo implica uma estimação econométrica viesada dos coeficientes.

Lucas (1990) justifica a falta de mobilidade do capital físico das regiões ricas em direção às pobres na medida em que diferenciais de taxa de retorno do capital entre os países caem significativamente pela inclusão do capital humano na função de produção. A exclusão desse fator e suas externalidades no modelo podem sobreestimar o potencial deslocamento do fator de produção capital entre as regiões.

De acordo com Pessoa (1999a), há duas objeções para a utilização do modelo neoclássico expandido. No modelo, nada impede que um indivíduo seja proprietário de todo o capital físico e humano da economia. Faz sentido a possibilidade de um indivíduo concentrar todo o capital físico, mas a concentração do capital humano seria um absurdo. Além disso, uma das conseqüências do modelo é que o estoque do capital humano *per capita* cresce à taxa do progresso tecnológico. Ou seja, seria uma variável ilimitada, o que não parece ser uma boa descrição para essa variável.

Os modelos de Klenow e Rodriguez-Clare (1997) e Hall e Jones (1999) não apenas discordam dos de Mankiw, Romer e Weil (1992), como derrubam os resultados desses últimos. A função de produção proposta no trabalho segue a do modelo de Hall e Jones (1999), baseada no capital físico e no trabalho especializado da forma minceriana descrita como:

$$Y_T = K_T^\alpha (A_T H_T)^{1-\alpha} \quad (1)$$

$$H_T = e^{\theta educ(t)} L_T \quad (2)$$

onde:

$H_T$  = estoque de capital humano no período  $t$ ;

$\theta$  = taxa de retorno minceriana de um ano de estudo;<sup>6</sup> e

$educ(t)$  = anos médios de estudo da mão-de-obra.

6. Para mais referências, ver Mincer (1974).

Observa-se que um ano de estudo aumenta a mão-de-obra efetiva em 1000% e, conseqüentemente, eleva os salários na mesma proporção. Retornos constantes à escala e à exaustão do produto pelo pagamento dos fatores são preservados, assumindo-se que o capital humano é incorporado ao trabalho. A estrutura exponencial do capital humano é tradicional aos modelos de economia do trabalho. Além disso, considera-se que há um único tipo de trabalho<sup>7</sup> e que os indivíduos têm um horizonte infinito de tempo.

Ferreira, Issler e Pessoa (2002) testam funções de produção em modelo de painéis para países. A conclusão foi a rejeição do modelo neoclássico estendido (ver MANKIW; ROMER; WEIL, 1992) em favor da especificação minceriana. A estimação do *capital share* foi de 42%, a taxa de retorno da educação de 7,5% por ano de estudo e o crescimento da produtividade de 1,4% ao ano (a.a.). Os autores realizaram um exercício de decomposição da variância, chegou-se à conclusão de que a produtividade sozinha explica 54% da variação do produto por trabalho entre os países.

## 2.2 Mobilidade dos fatores

O crescimento econômico inter-regional do modelo neoclássico é caracterizado de acordo com Calberg (1981) como o livre comércio, movimentos de capitais e migração de mão-de-obra. Os produtos são transportados para as regiões que pagam os melhores preços. Poupanças são investidas nas regiões que oferecem as melhores taxas de retorno, incrementando o estoque de capital. Ao mesmo tempo, a mão-de-obra move-se para as regiões que lhe ofereçam os melhores salários.

Assume-se, a princípio, a existência de duas regiões de análise. A mobilidade dos fatores seguirá a suposição da racionalidade econômica dos agentes, ou seja, os fatores se deslocam para os locais que lhes ofereçam as maiores taxas de retorno. Seguindo o padrão estabelecido por Ghali, Akiyama e Fujiwara (1981), o capital se desloca seguindo o fator de deslocamento dado por:

$$\Phi_K \left( \frac{r_i - r_j}{r_\omega} \right) \quad (3)$$

onde:

$$\omega = \begin{cases} i & \text{se } r_i < r_j \\ j & \text{se } r_i > r_j \end{cases}$$

7. A motivação é que os dados disponíveis dos países são calculados pela média de anos de estudo. Fato este que não permite a separação da mão-de-obra em qualificada e não-qualificada.

Observe que o sinal do fator de deslocamento dependerá da relação entre  $r_i$  e  $r_j$  no numerador da fração. Caso, por exemplo,  $r_i < r_j$ , haverá uma saída de capital da região  $i$  (a expressão se torna negativa). O índice da taxa de retorno no denominador  $\omega$  é dado pela região emissora do capital. Haverá um influxo de capital na situação em que  $r_2 < r_1$ . Haverá um influxo de capital na situação em que  $r_j < r_i$ . É interessante observar que a taxa de retorno dependerá da forma em que a função de produção seja modelada. Se assumirmos, por exemplo, uma forma funcional com retornos marginais decrescentes sobre os fatores de produção e identidade tecnológica, a taxa de retorno da região pobre será maior que a da rica.<sup>8</sup>

É importante observar que o  $\phi_K$  pode assumir várias interpretações econômicas. A primeira seria a idéia de Barro (1995) sobre a existência de parte do capital que é imóvel, contribuindo para a divergência das rendas *per capita* regionais. Pode-se interpretar esse parâmetro como custos de ajustamentos ou imperfeições no mercado de Easterly (1993). Outro sentido econômico para esse parâmetro seria o risco político ou as imperfeições do mercado de capitais pelo comportamento monopolista apresentado em Lucas (1990).

A mobilidade da mão-de-obra segue o mesmo fator de deslocamento, dado pela expressão:

$$\phi_L \left( \frac{w_i - w_j}{w_\omega} \right) \quad (4)$$

onde:

$$\omega = \begin{cases} i & \text{se } w_i < w_j \\ j & \text{se } w_i > w_j \end{cases}$$

O fator  $w_j$ , que representa a taxa de retorno da mão-de-obra, pode ser interpretado como o salário médio da região  $i$ . Da mesma forma que o capital, o fator de deslocamento dependerá da relação entre  $w_i$  e  $w_j$  no numerador da fração. O índice da taxa de retorno no denominador  $\omega$  é dado pela região emissora da mão-de-obra. É interessante observar que a mão-de-obra é um fator relativamente mais escasso na região rica (maior renda *per capita* e, conseqüentemente, proporção  $K/L$ ). Se assumirmos uma forma funcional com retornos marginais decrescentes, o salário médio será maior, gerando, portanto, uma tendência ao deslocamento da mão-de-obra via migração para essa região.

8. Esse comportamento parte do pressuposto de que a região rica é mais abundante na relação  $K/Y$  do que a pobre. Vale destacar que esse comportamento não é observado quando assumimos que funções de produção sem retornos decrescentes como o modelo AK.

No modelo proposto neste artigo, a mão-de-obra imigrante permanece com a mesma média educacional da região emissora. Ou seja, caso haja migração de uma região pobre (menor média educacional) para uma região rica, a média educacional da região receptora é reduzida. Dessa forma, o modelo gera uma tendência de convergência das rendas *per capita* regionais.

O parâmetro  $\phi_L$  representa a sensibilidade da população da região  $i$  à migração. Da mesma forma que no caso anterior, há interpretações econômicas ao parâmetro. Pode-se associar o parâmetro à fricção estática comentada por Pessoa (1999) que seria o custo fixo a ser pago ao migrar. Outro sentido econômico baseado em Barro (1995) seriam as amenidades do destino da migração, tais como clima, geografia, segurança pública etc.

### 2.3 O modelo dinâmico

Como foi dito anteriormente, o modelo matemático aqui proposto tem por objetivo apresentar a dinâmica de crescimento e inter-relação regional, acrescentado pela mobilidade dos fatores. Esse modelo será uma adaptação de Hall e Jones (1999) com a inserção da mobilidade dos fatores de produção. Como o modelo é analisado por simulações computacionais, é importante destacar que ele está flexível para qualquer modificação nas leis de movimento das variáveis ou na função de produção.

Assumem-se três hipóteses no modelo:

- 1) a economia nacional é fechada e formada por cinco regiões (Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte);
- 2) tanto o produto quanto os fatores de produção são homogêneos; e
- 3) há apenas um único setor produtivo na economia.

O sistema dinâmico em tempo discreto proposto para as regiões brasileiras é apresentado na tabela 1.

TABELA 1  
Modelo dinâmico de crescimento regional

$$Y_{i,T+1} = K_{i,T+1}^{\alpha_i} (A_{i,T+1} H_{i,T+1})^{\beta_i} \quad (5)$$

$$K_{i,T+1} = S_{i,k} Y_{i,T} + (1 - \delta_i) K_{i,T} + \sum_{j=2}^5 \phi_K \left( \frac{r_{i,T} - r_{j,T}}{r_{\omega,T}} \right) K_{\omega,T}, \text{ onde } \omega = \begin{cases} i & \text{se } r_{i,T} < r_{j,T} \\ j & \text{se } r_{i,T} > r_{j,T} \end{cases} \quad (6)$$

$$L_{natural,i,T+1} = (1 + n_i) L_{i,T} \quad (7)$$



$$L_{imigrante,i,T+1} = \sum_{j=2}^5 \phi_L \left( \frac{w_{i,T} - w_{j,T}}{w_{\omega,T}} \right) L_{\omega T}, \text{ onde } \omega = \begin{cases} i & \text{se } w_{i,T} < w_{j,T} \\ j & \text{se } w_{i,T} > w_{j,T} \end{cases} \quad (8)$$

$$H_{i,T+1} = e^{\theta_i educ_{i,T+1}} L_{natural,i,T+1} + e^{\theta_i educ_{j,T+1}} L_{imigrante,i,T+1} \quad (9)$$

$$educ_{i,T+1} = educ_{i,T} + B_i^{-educ_{i,T}} \quad (10)$$

$$A_{i,T+1} = g_i A_{i,T} \quad (11)$$

onde:

$Y_i, K_i, L_i, H_i, A_i$  = são, respectivamente, o produto, estoque de capital físico, mão-de-obra, estoque de capital humano e produtividade da região  $i$ ;

$\theta_i$  = taxa de retorno da educação na região  $i$ ;

$S_i$  = proporção da renda investida no capital  $i$ ;

$educ_i$  = anos médios de estudo da população da região  $i$ ;

$B_i$  = base exponencial do crescimento da educação da região  $i$ ;

$\delta_i$  = taxa de depreciação do capital da região  $i$ ;

$r_i$  = taxa de retorno do capital na região  $i$ ;

$n_i$  = taxa de natalidade líquida da mão-de-obra da região  $i$ ;

$w_i$  = taxa de retorno da mão-de-obra da região  $i$ ;

$g_i$  = taxa do avanço tecnológico da região  $i$ ; e

$\phi_m$  = sensibilidade de deslocamento do fator de produção  $m$ .

A função de produção (5) e a dinâmica do capital humano (9) seguem proposta de Hall e Jones (1999). Observa-se que o capital humano da região  $i$  é formado com base nas características da população original da região junto com o capital humano proveniente das migrações, utilizando-se a média educacional da região emissora.

Adiciona-se a dinâmica dos anos de estudo médio da população ao modelo (10). Imagina-se que a educação média da população cresce ao longo do tempo.

É razoável supor que esse crescimento, no entanto, segue tendência decrescente, ou seja, a região de alto nível educacional tem maior dificuldade de elevá-lo do que as regiões de nível educacional mais básico.<sup>9</sup>

A equação de movimento do capital (6) é dada pelo investimento, incrementando-se o estoque de capital existente, menos a depreciação anual. Deve-se adicionar o movimento inter-regional do capital apresentado na seção anterior por (3). Observa-se que o índice  $\omega$  do capital que multiplica o fator de deslocamento é dado pela região que envia o capital à receptora, ou seja, a região que tiver a menor taxa de retorno.

A dinâmica da mão-de-obra está separada de duas formas. A primeira (7) se refere ao crescimento vegetativo da população, ou seja, a natalidade líquida da mortalidade. O outro bloco é formado pela dinâmica da população imigrante (8), ou seja, há o movimento do fator trabalho entre as regiões de acordo com a sensibilidade de deslocamento (4), sendo que o índice da região ( $\omega$ ) é dado pela região de menor salário. Observa-se que a produtividade tem uma taxa de crescimento dada pelo avanço tecnológico  $g_i$  em (11).

### 3 CONDIÇÕES INICIAIS E CALIBRAÇÃO DOS PARÂMETROS

Devido à presença de não-linearidade, o sistema de equações em diferença citado anteriormente não apresenta solução analítica fechada. Tal problema impede até uma análise qualitativa simples e confiável. Nesse caso, a forma mais plausível de se analisar o comportamento dinâmico das variáveis, apesar de suas limitações em alguns casos, é por meio da simulação computacional. As simulações realizadas no presente trabalho englobam o período de 1985 a 2015.

Os dados utilizados tiveram como base o ano de 1985. Como já mencionado, o trabalho pretende abranger as cinco regiões brasileiras: Sudeste, Nordeste, Centro-Oeste, Norte e Sul. Os valores das condições iniciais estão apresentados na tabela 2.

Os dados das condições iniciais da população, PIB e educação foram extraídos do Ipeadata, tendo como fonte o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados relativos ao estoque inicial total de capital físico regional foram extraídos do Censo Industrial de 1985 exposto em Morandi e Reis (2004).<sup>10</sup> O capital humano inicial é dado de acordo com a equação (9). O estoque inicial de tecnologia  $A_0$  foi

9. Esse comportamento é condizente com os dados do crescimento regional da educação brasileira.

10. Os autores agradecem a Eustáquio Reis pela disponibilidade dos dados.

determinado evidenciando esta variável na função de produção minceriana.<sup>11</sup> Assim, utilizando-se aritmética simples, é possível chegar à seguinte expressão:

$$A_0 = \left( \frac{Y_0}{K^\alpha e^{\theta educ_0 \beta} L^\beta} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (12)$$

TABELA 2  
Condições iniciais – 1985

| Item                  | Sudeste    | Nordeste   | Centro-Oeste | Norte     | Sul        |
|-----------------------|------------|------------|--------------|-----------|------------|
| População             | 56.738.627 | 38.307.303 | 7.998.030    | 8.170.119 | 20.439.893 |
| PIB (R\$ bilhões)     | 437        | 103        | 35           | 28        | 124        |
| PIB <i>per capita</i> | 7.710      | 2.678      | 4.370        | 3.418     | 6.085      |
| $K_0$ (R\$ bilhões)   | 1.159      | 309        | 129          | 65        | 323        |
| <i>educ</i> (anos)    | 5,02       | 2,74       | 4,40         | 5,04      | 4,41       |
| $H_0$ (milhões)       | 104        | 53         | 14           | 15        | 35         |
| $A_0$                 | 1.360      | 744        | 1.830        | 626       | 1.355      |

Fonte: Elaboração própria.

É importante observar que a região que apresenta a maior produtividade é a Centro-Oeste, seguida de Sudeste e Sul. Pode-se justificar a alta produtividade do Centro-Oeste por ser região de fronteira agrícola e também de serviços, dada a aquisição da com a capital federal. Ferreira e Diniz (1995) citam três fatores que contribuíram para o crescimento da produtividade agrícola dessa região: *a*) o avanço tecnológico que possibilitou a produção agrícola no cerrado com terras planas, baratas e de maior produtividade física por área; *b*) desenvolvimento da infra-estrutura; e *c*) crédito agrícola subsidiado.<sup>12</sup>

A tabela 3 apresenta os parâmetros utilizados. Calcularam-se os parâmetros  $\alpha_i$  e  $\beta_i$  multiplicando a renda média pelo número dos trabalhadores ocupados e achando a razão em relação ao PIB.<sup>13</sup> É importante comentar que há problemas

11. Os diferenciais de produtividade inicial das regiões têm um papel crucial para a dinâmica do produto regional. Deve-se mencionar a importância da educação para a formação dessa variável.

12. Podem-se citar o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (Polocentro) e o Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para Desenvolvimento dos Cerrados (Proceder).

13. Nesse caso, acha-se o rendimento total do capital humano. Como  $\alpha_i = (1 - \beta_i)$ , acha-se a remuneração total do capital físico.

de mensuração desse parâmetro pelo fato de as estatísticas não levarem em consideração a remuneração das pessoas que trabalham por conta própria (GOLLIN, 1998). Gomes, Bugarin e Ellery (2003) realizaram as correções propostas por Gollin e chegaram a um resultado para o parâmetro em torno de 0,5 em nível nacional. Devido à indisponibilidade de dados regionais, não foi possível a adaptação do método neste trabalho.

TABELA 3  
Parâmetros – 1985

| Item           | Sudeste | Nordeste | Centro-Oeste | Norte | Sul   |
|----------------|---------|----------|--------------|-------|-------|
| $\alpha_i$ (%) | 53,76   | 46,28    | 20,80        | 56,21 | 50,51 |
| $\beta_i$ (%)  | 46,24   | 53,72    | 79,20        | 43,79 | 49,49 |
| $s_i$ (%)      | 20,17   | 20,17    | 20,17        | 20,17 | 20,17 |
| $\delta_i$ (%) | 6,5     | 6,5      | 6,5          | 6,5   | 6,5   |
| $n_i$ (%)      | 1,64    | 1,71     | 2,53         | 3,09  | 1,38  |
| $g_i$ (%)      | 0,51    | 0,44     | 2,39         | -0,16 | 1,40  |
| $\theta_i$ (%) | 12      | 12       | 12           | 12    | 12    |
| $B_i$          | 1,41    | 1,41     | 1,4          | 1,53  | 1,39  |
| $\phi_k$ (%)   | 0,1     | 0,1      | 0,1          | 0,1   | 0,1   |
| $\phi_i$ (%)   | 0,04    | 0,04     | 0,04         | 0,04  | 0,04  |

Fonte: Elaboração própria.

A taxa de poupança foi dada pela média nacional. A taxa de depreciação foi estabelecida em 6,5% para condizer, em termos médios, com o ocorrido no período de 1985 a 2000. A taxa de natalidade  $n_i$  foi extraída do crescimento populacional do mesmo período pelas estatísticas do IBGE. A taxa de crescimento da produtividade foi calculada pela média geométrica de crescimento do PIB *per capita* dos últimos 15 anos, seguindo Hansen e Prescott (1995).<sup>14</sup>

É importante destacar que as taxas de retornos sobre os fatores de produção  $r_{i,T}$  e  $w_{i,T}$  são determinadas de forma endógena do modelo pela derivação da função de produção em relação aos mencionados fatores.

Assim, determinam-se as seguintes expressões:

$$r_{i,T} = \alpha_i K_{i,T}^{\alpha_i - 1} (H_{i,T} A_{i,T})^{\beta_i} \quad (13)$$

$$w_{i,T} = \beta_i K_{i,T}^{\alpha_i} L_{i,T}^{\beta_i - 1} (A_{i,T} e^{\theta_i z_i(t)})^{\beta_i} \quad (14)$$

14. Essa calibração é usual nas simulações da literatura de crescimento. Assume-se o modelo de Solow como padrão, no *steady state* o crescimento do produto *per capita* é igual ao crescimento tecnológico.

A taxa de retorno da educação  $\theta_i$  foi parametrizada pela média calculada por Reis e Barros (1990) e Leal e Vevlang (1991). A base exponencial do crescimento educacional ( $B_i$ ) foi calibrada para que a dinâmica reflita o ocorrido no período de 1985 a 2000. Observe-se que o valor se situa em torno de 1,4. Os parâmetros  $\phi_k$  e  $\phi_l$  foram calibrados para tornar os resultados próximos do previsto no período para o ano 2000.

#### 4 RESULTADOS

Os resultados encontrados nessa simulação podem ser comparados com o ocorrido no ano 2000. Assim, pode-se analisar a capacidade do modelo de replicar a realidade e possíveis alterações na calibração dos parâmetros. A tabela 4 apresenta os resultados encontrados nas estatísticas oficiais e os previstos pelo modelo.

TABELA 4  
Observado e previsto no modelo proposto ao ano 2000

| Item                  | Sudeste |       | Nordeste |       | Centro-Oeste |       | Norte   |       | Sul     |       |
|-----------------------|---------|-------|----------|-------|--------------|-------|---------|-------|---------|-------|
|                       | Observ. | Prev. | Observ.  | Prev. | Observ.      | Prev. | Observ. | Prev. | Observ. | Prev. |
| População (milhões)   | 72,4    | 72,9  | 47,7     | 48,1  | 11,6         | 12,4  | 12,9    | 12,5  | 25,1    | 25,5  |
| PIB (R\$ bilhões)     | 636     | 649   | 144      | 145   | 77           | 82    | 51      | 46    | 194     | 205   |
| PIB <i>per capita</i> | 8.788   | 8.816 | 3.019    | 2.984 | 6.578        | 6.431 | 3.926   | 3.632 | 7.708   | 7.882 |
| K0 (R\$ bilhões)      | 1.622   | 1.500 | 405      | 356   | 261          | 152   | 112     | 103   | 473     | 445   |

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se que a população tende a ficar próxima do previsto em todas as regiões. Essa variável é determinada pelo crescimento vegetativo líquido (IBGE) mais a migração inter-regional, dados pela forma funcional (4); logo, é possível que o fator de deslocamento da mão-de-obra para o Centro-Oeste gerou o resultado superior ao observado.<sup>15</sup> O PIB estimado chegou a resultados próximos do observado sendo um pouco maior no Sudeste, Centro-Oeste e Sul, e menor no Norte. É importante observar que um importante parâmetro para determinação do crescimento do PIB é a poupança e a depreciação. Devido à indisponibilidade dos dados, esses parâmetros foram iguais em todas as regiões à média nacional.<sup>16</sup>

O PIB *per capita* seguiu a tendência da variável anterior apresentando resultados próximos do observado. O estoque de capital físico foi subestimado em todas as regiões analisadas, tendo maior discrepância no Nordeste e no Centro-Oeste. Essa variável depende da taxa de poupança, depreciação e sua mobilidade inter-regional (3).

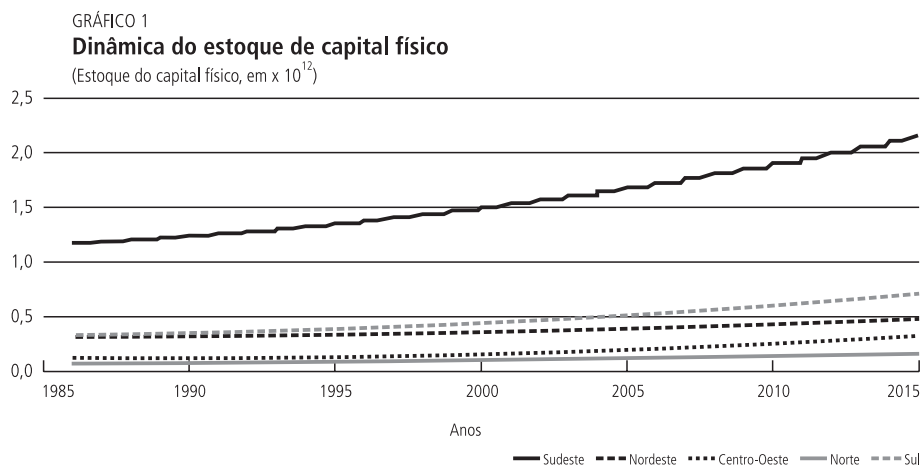
15. Como a região Norte tem uma das maiores taxas de retorno da mão-de-obra, ela se torna um dos principais focos das imigrações.

16. No caso da depreciação, buscou-se um valor que, em termos médios, minimizasse os erros dessas previsões dentro de um intervalo normalmente aceito.

Apesar de haver alguns problemas nas previsões de algumas variáveis, esses problemas são originários da calibração do modelo por falta de dados regionais. Realizou-se um exercício de replicar essas variáveis ao longo do tempo. O modelo foi capaz de replicá-las perfeitamente, utilizando uma calibração dos parâmetros em conformidade com as aplicações na área econômica. Assim, sugere-se que o principal objetivo do trabalho, a elaboração de um modelo de crescimento apto às análises de economia regional, foi exercido, sugerindo-se a coleta desses dados em nível regional para as possíveis estimações econométricas dos parâmetros.

#### 4.1 Dinâmica do estoque de capital físico

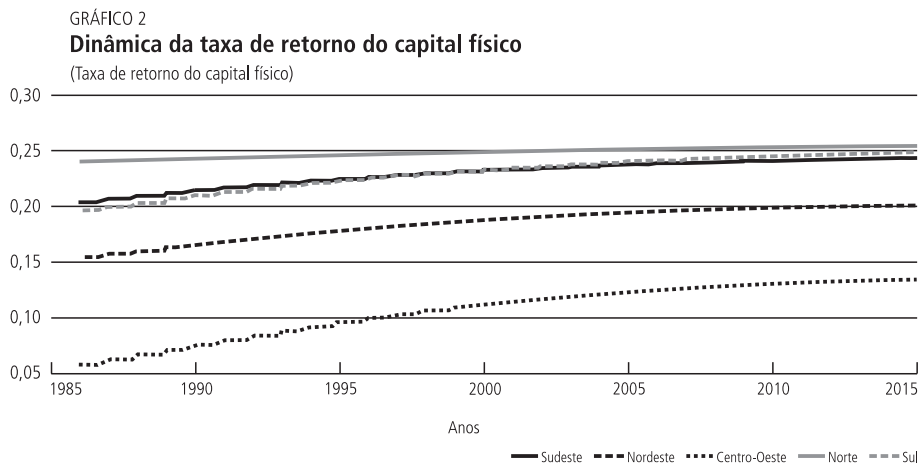
A dinâmica regional do estoque de capital físico está apresentada no gráfico 1. Observa-se que Sudeste, Centro-Oeste e Sul apresentam uma taxa de acumulação do capital físico superior ao Norte e Nordeste. A região Sul, que, a princípio, tem o estoque de capital físico próximo do Nordeste, tende a divergir deste. O mesmo comportamento é observado entre o Centro-Oeste e o Norte.



O gráfico 2 apresenta o comportamento da taxa de retorno do capital físico. Observa-se que a região Centro-Oeste possui a menor taxa de retorno do capital físico no período analisado. O Norte, que no início tem a maior taxa de retorno no país, tende a ser ultrapassado pela região Sul. A taxa de retorno do Sul passa a da região Sudeste após 13 anos.

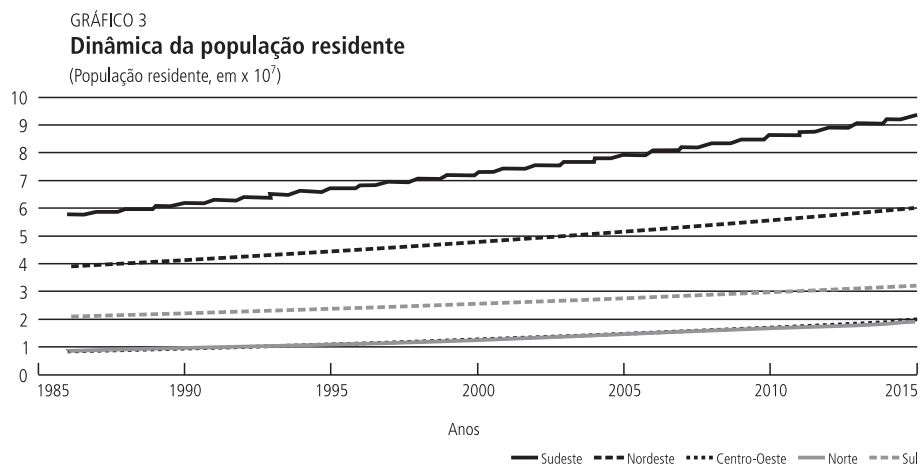
É interessante notar que a região Nordeste apresenta a segunda menor taxa de retorno do país. Além disso, não há tendência à reversão dessa dinâmica. Essa constatação contradiz o modelo de Solow (1956) tradicional na qual estipula que

as maiores taxas de retorno do capital físico estão relacionadas às regiões que os detêm de maneira relativamente mais escassa. Assim, a hipótese de Lucas (1990) é verificada: ao incorporar o capital humano na função de produção, os diferenciais das taxas de retorno do capital físico diminuem. No caso do Nordeste, é observado, até mesmo, que essa taxa é menor que nas demais regiões do país, não havendo tendência dos capitais no sentido de fluir dos ricos para os pobres.

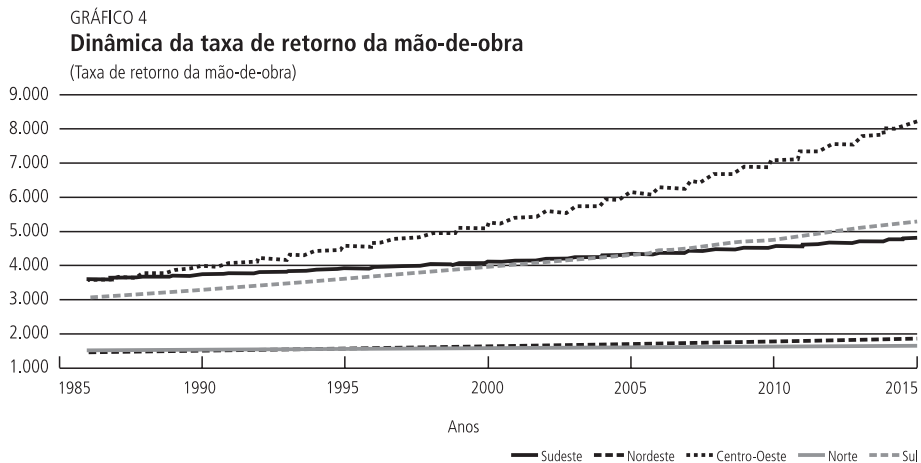


#### 4.2 Dinâmica da mão-de-obra

No gráfico 3, apresenta-se a dinâmica da população residente das diversas regiões. A tendência é a concentração espacial da população na região Sudeste.



O gráfico 4 apresenta a dinâmica da taxa de retorno da mão-de-obra no Brasil. Nota-se que o Centro-Oeste tende a apresentar a maior taxa de retorno da mão-de-obra do país. Logo, há uma tendência migratória das demais regiões ao Centro-Oeste em termos líquidos, ocasionando um aumento da população residente. É importante notar que, no final de 30 anos, a inclinação da taxa de retorno do trabalho no Centro-Oeste apresenta-se mais acentuada que nas demais regiões.



Destaca-se que, no modelo proposto, a migração impacta o capital humano regional baseado na forma funcional minceriana de acordo com Jones (1997) que relaciona a mão-de-obra com o nível educacional de acordo com a expressão (9). Espera-se, dessa forma, que as populações emigrantes das regiões pobres, ao chegarem às regiões ricas, permaneçam, em termos médios, com a mesma educação da região emissora. Assim, a migração exerce influência positiva para a convergência regional.

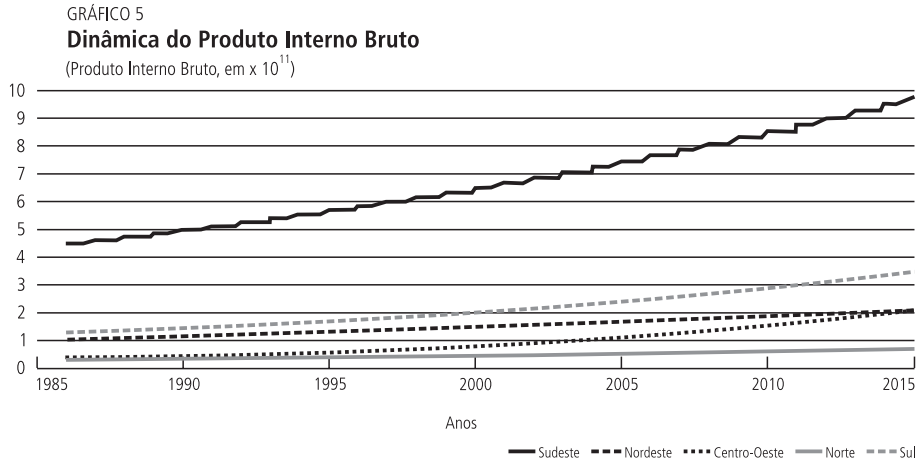
### 4.3 Dinâmica do produto interno bruto

A dinâmica do PIB regional está apresentada no gráfico 5. Observa-se que o comportamento segue a tendência do capital físico. O Sudeste concentra especialmente a grande parcela do produto nacional. O PIB da região Centro-Oeste chega ao da região Nordeste após 30 anos. O Sul tende a se distanciar do Nordeste ao longo do tempo se consolidando em segundo lugar do PIB nacional.

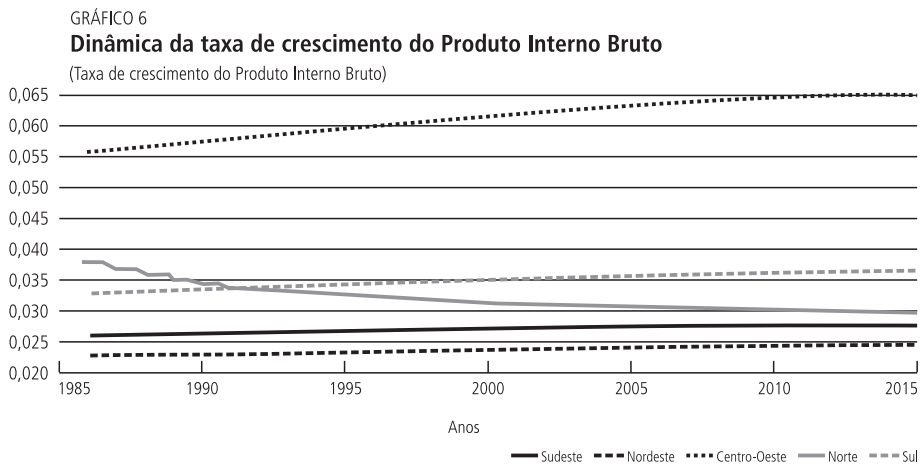
Pessoa (1999) afirma que a concentração espacial da atividade econômica não constitui um problema de crescimento ou desenvolvimento, a menos que esteja havendo problemas de deseconomias de escala. Por mais que os custos dos congestionamentos sejam repassados, em termos teóricos, aos agentes econômicos das regiões que concentram a atividade como sugerido pelo autor, eles constituem



uma ineficiência do ponto de vista da economia nacional.<sup>17</sup> Pode-se imaginar, como exemplo extremo, uma economia onde toda sua produção esteja em uma única região sob congestionamento.



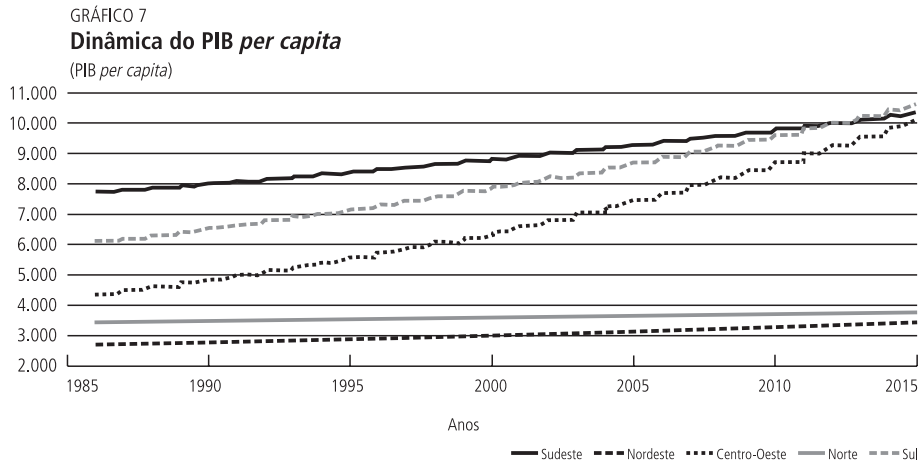
O gráfico 6 apresenta a taxa de crescimento do PIB. A dinâmica segue a calibração da taxa de crescimento tecnológico das regiões e o deslocamento líquido de capital e mão-de-obra regional. O Centro-Oeste apresenta maior crescimento em relação às demais regiões. O Norte apresenta taxa de crescimento do PIB decrescente e o Nordeste permanece como a região com pior crescimento econômico em 30 anos, apesar de a calibração do crescimento tecnológico ser superior ao do Norte.



17. Além dos problemas sociais e ambientais que são visíveis nos centros urbanos no Brasil.

#### 4.4 Dinâmica do produto interno bruto *per capita*

O gráfico 7 apresenta o comportamento dos produtos *per capita* regionais ao longo do tempo. Observa-se um processo de convergência das regiões Sul e Centro-Oeste ao Sudeste. Enquanto o Nordeste e o Norte apresentam um comportamento estável, em um patamar inferior de renda *per capita*. Pode-se especular, com base nessas simulações, que a economia regional apresenta dois *steady states*: o rico e o pobre.<sup>18</sup>



Em 30 anos, a região Centro-Oeste chega próximo ao PIB *per capita* da região Sudeste, assumindo uma tendência junto com o Sul a se consolidarem como as regiões mais ricas do país. Esse comportamento do Centro-Oeste é justificado pela alta taxa de crescimento tecnológico calibrada no modelo, baseada na média geométrica do crescimento do PIB *per capita* dos últimos anos.<sup>19</sup> As três regiões mais ricas tendem a ter uma renda *per capita*, após 30 anos, superior a R\$ 10 mil. O Nordeste e o Norte apresentam um pequeno acréscimo do PIB *per capita*. Após 30 anos o PIB *per capita* do Norte e do Nordeste chegam a R\$ 3.751 e R\$ 3.436, respectivamente.

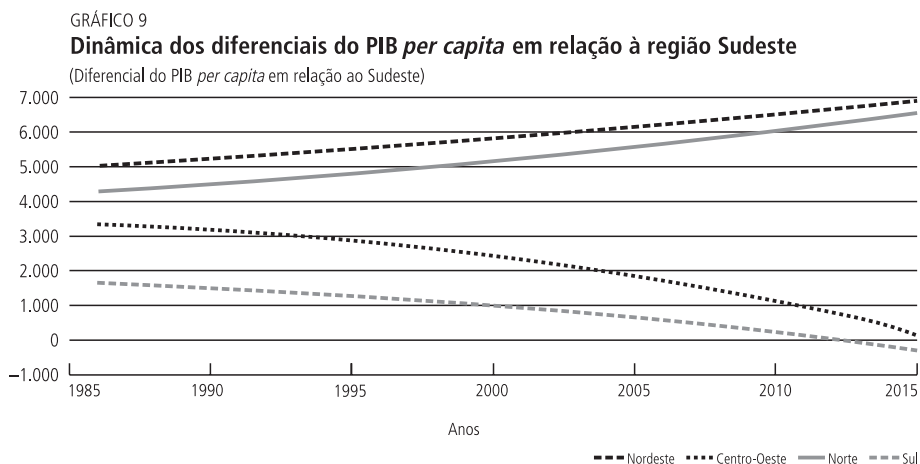
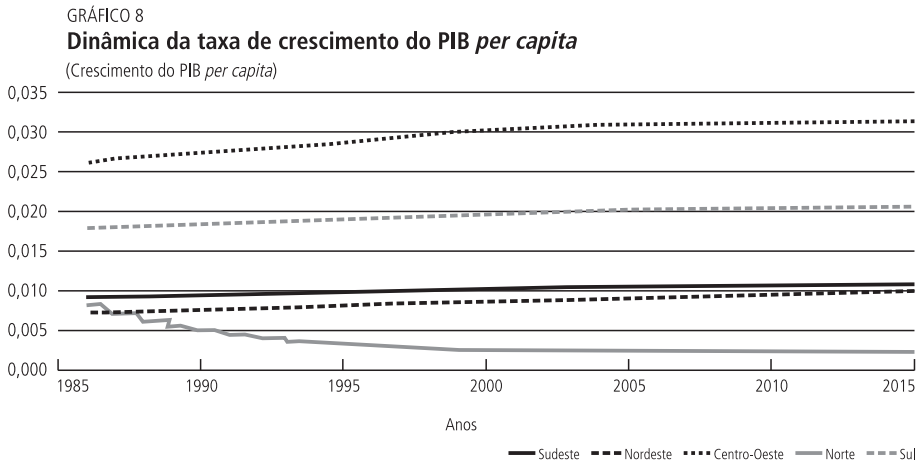
A economia do Centro-Oeste passou por mudanças estruturais significativas nos últimos 45 anos, com a implantação da capital federal e com inovações tecnológicas que permitiram a produção agrícola no cerrado. Nesse sentido, especula-se que houve mudança do *steady state* dessa economia a um nível mais elevado. Assim, ao majorar a distância dessa economia ao seu nível estacionário, há um aumento do crescimento do produto *per capita* como apontado por Barro (1995), mas que, ao se aproximar do *steady state*, essa taxa de crescimento tende a diminuir. Como a taxa de crescimento tecnológico no modelo proposto é fixa, esse comportamento não é captado.

18 Resultado condizente com o trabalho de Azzoni e Silveira Neto (2003); Mossi *et al.* (2003); e Hewings, Magalhães e Azzoni (2005).

19. Ver resultados da alteração da calibração do crescimento tecnológico do Centro-Oeste na subseção 5.2.

O gráfico 8 apresenta a dinâmica do crescimento do PIB *per capita*. Assim como em Solow (1956), o crescimento do PIB *per capita* tende a ser igual ao crescimento tecnológico das regiões. O Centro-Oeste é a região de maior crescimento do PIB *per capita* e o Norte, de menor.

Com o propósito de analisar mais detalhadamente a convergência regional, elaborou-se o gráfico 9, que traz as diferenças dos PIBs *per capita* das regiões brasileiras em relação à região Sudeste. Em termos absolutos, a diferença do PIB *per capita* do Nordeste e Norte em relação ao Sudeste se acentua. Após 30 anos, essa diferença fica em torno de R\$ 6.904 para o Nordeste e de R\$ 6.589 para o Norte, além disso, a inclinação do diferencial da região Nordeste em relação à da Sudeste apresenta-se menos acentuada que o Norte.



As regiões Centro-Oeste e Sul apresentam redução na sua diferença em relação ao Sudeste. Elas iniciam o período com o valor de R\$ 3.340 e R\$ 1.625 e, ao final de 30 anos, chegam a um valor em torno daquele do Sudeste. Assim, há um processo de  $\beta$ -convergência das rendas *per capita* em relação ao Sudeste, mas, em seguida, começa a haver divergência das rendas *per capita* em favor do Centro-Oeste e do Sul.

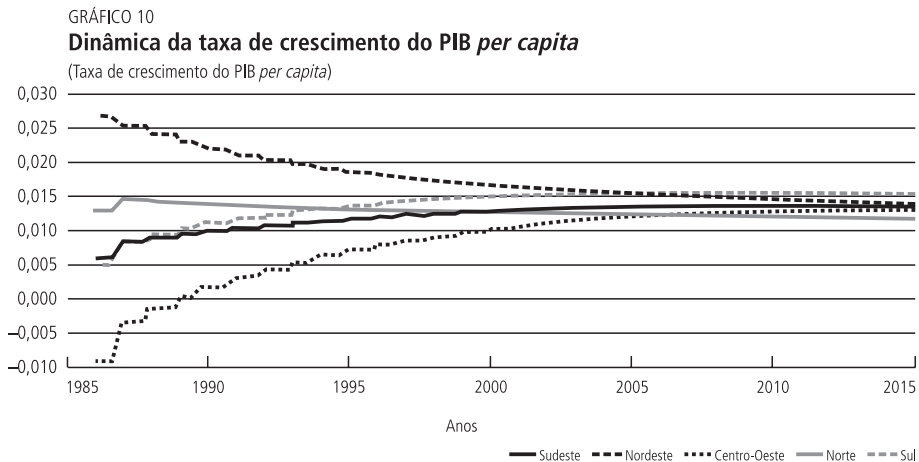
## 5 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO MODELO

Esta seção tem como objetivo analisar a sensibilidade do modelo à mudança dos parâmetros. É possível, dessa forma, verificar como a calibração dos parâmetros pode alterar os resultados apresentados anteriormente.

### 5.1 Igualdade do crescimento tecnológico regional

Calibraram-se, nesta subseção, os parâmetros do crescimento tecnológico, o *capital share* da função de produção e a sensibilidade do deslocamento da mão-de-obra ( $g_i = 0,62\%$ ,  $\alpha_i = 0,4$  e  $\phi_l = 1\%$ ) iguais para todas as regiões, mantendo-se os demais parâmetros da simulação-padrão.

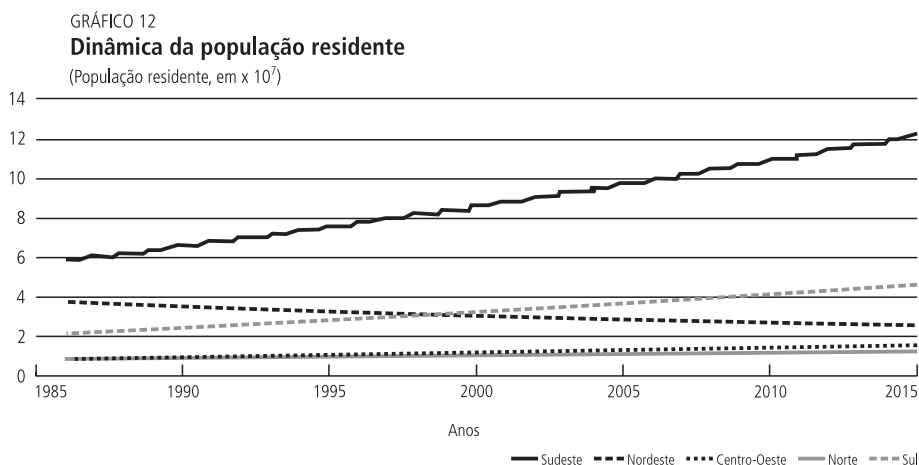
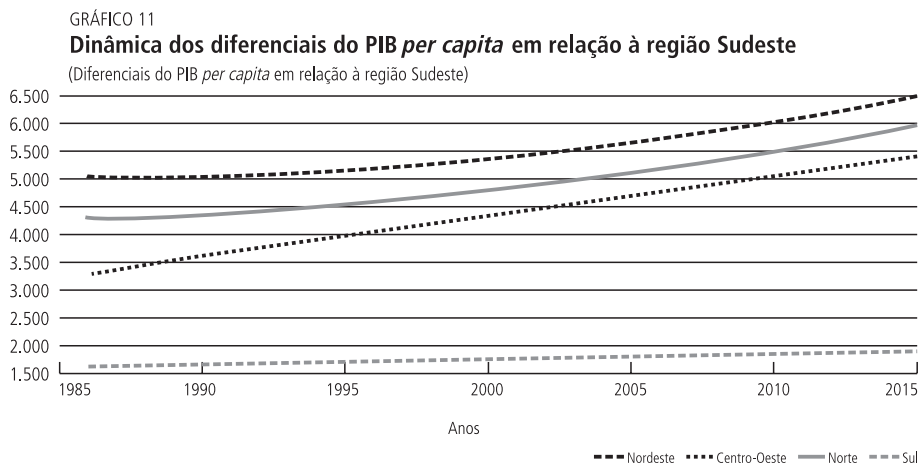
O gráfico 10 apresenta a dinâmica do crescimento do PIB *per capita* regional. Observa-se tendência de convergência do crescimento do PIB *per capita* de todas as regiões para um valor em torno de 1,4% a.a.<sup>20</sup> O Nordeste inicia o período como a região de maior crescimento do PIB *per capita*, apresentando queda; já o Centro-Oeste exibe um surpreendente aumento. Esse resultado está em conformidade com o modelo de Solow (1956), em que se prevê o crescimento do PIB *per capita* com base no crescimento tecnológico.



20. Devido à forte migração de sua mão-de-obra em direção às regiões mais ricas.

No gráfico 11 observa-se a dinâmica do PIB *per capita* das demais regiões em relação ao Sudeste. Apesar da convergência do crescimento do PIB *per capita* observada no gráfico anterior, o valor dessa variável das regiões mais pobres, em termos absolutos, não tende a convergir ao Sudeste. O Nordeste e o Norte, ao final do período, apresentam a maior tendência de divergência, enquanto o Sul tende a permanecer no mesmo patamar de diferença em relação ao Sudeste. Conclui-se que não há um processo de  $\beta$ -convergência.

O gráfico 12 apresenta a dinâmica da população residente das regiões, para a calibração estabelecida nesta subseção. Observa-se tendência de migração acentuada das regiões mais pobres às mais ricas. Verifica-se, inclusive, um esvaziamento populacional da região Nordeste, o que não é factível com os dados observados.



Esse resultado deixa claro que a escolha dos parâmetros traz uma discussão sobre a validade do modelo neoclássico de crescimento ao estudar o processo de convergência regional. Se considerarmos que o crescimento tecnológico é puramente aleatório – e, conseqüentemente, exógeno, como sugerido pelo modelo neoclássico –, temos de utilizar uma calibração que mantenha o crescimento do progresso técnico igual para todas as regiões. Os resultados são diferentes do observado, uma vez que significaria convergência de renda com esvaziamento populacional das regiões mais pobres.

Por outro lado, se admitirmos que o progresso técnico é diferente para cada região, chegamos a resultados mais próximos da realidade observada. Não há qualquer justificativa dentro do modelo neoclássico para supor que o crescimento do progresso técnico seja persistentemente diferente entre duas regiões. Logo, ao assumir que as regiões têm diferentes progressos tecnológicos de forma persistente, temos de admitir que há alguma causa endógena para essa premissa. Essa conclusão não é nova, pois foi uma das razões para desencadear o desenvolvimento dos modelos de crescimento endógeno.<sup>21</sup> Entretanto esse resultado é significativo para avaliar o comportamento do desenvolvimento regional brasileiro e para lançar questões para futuras pesquisas.

Não é o objetivo do presente trabalho verificar as razões da persistente diferença de progresso técnico das regiões, mas esse é um campo de pesquisa promissor. O resultado mais relevante para países, no tocante a essas pesquisas, é o de Mayer-Foulkes (2002),<sup>22</sup> em que fica claro que os países se organizam em termos de clubes de convergência das suas taxas de crescimento, e não em torno de níveis de renda, como argumentado por Barro e Sala-i-Martin (1992); Mankiw, Romer e Weil (1992); Evans (1996); e Maddison (2001). Neste estudo se determinam dois clubes de convergência e verifica-se que esses clubes de países divergiram entre 1960 e 1985, concluindo-se que a distância entre esses grupos cresceu por um fator de 2.6. Ao se utilizar a classificação de países de Maddison (2001) para definir os grupos, chega-se a uma conclusão muito similar.

O artigo que ganhou mais destaque na explicação teórica dessas evidências de diferenças persistentes de progresso técnico entre países, e da criação de clubes de convergência de taxas de crescimento, foi o de Howitt (2000). Nesse artigo o modelo schumpeteriano de crescimento endógeno de Aghion e Howitt (1992) é expandido para um arcabouço com *spillovers* tecnológicos entre os países. Como conseqüência, o mecanismo de convergência deixa de ser o rendimento marginal decrescente do capital e passa a ser a adoção de tecnologia e de inovações, que são

21. Em um dos artigos seminais dos modelos de crescimento endógeno, Romer (1986) inicia a introdução justamente com o argumento de que a previsão de convergência dos países e regiões se mostrou absolutamente irrealista, havendo a necessidade de endogeneizar o progresso técnico para resolver tal controvérsia.

22. O estudo segue uma série de evidências, como Baumol (1986); Durlauf e Johnson (1995); Quah (1993, 1997); e Mayer-Foulkes (2003).

agora endógenas e dependem de condições macroeconômicas, ambiente institucional, sistema educacional e restrições ao crédito em um arcabouço com equilíbrios múltiplos. Esse modelo foi enriquecido de diversas formas como em Howitt e Mayer-Foulkes (2002); Aghion, Howitt e Mayer-Foulkes (2004).

Essa classe de modelos de convergência foi testada e verificada de forma convincente por Aghion, Howitt e Mayer-Foulkes (2004), em que restrições de crédito foram identificadas como o fator mais importante da determinação do clube de convergência em que os países irão se estabelecer. De forma similar, Benhabib e Spiegel (2005) também verificam a validade desse modelo, mas identificam o capital humano como fator mais relevante. Os resultados aqui apresentados abrem espaço para o debate sobre quais são as razões da diferença de progresso técnico entre regiões brasileiras em pesquisas futuras.

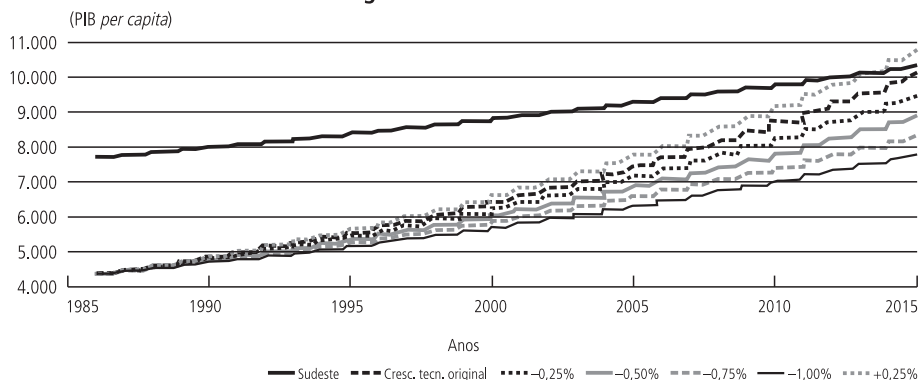
## 5.2 Sensibilidade do Centro-Oeste ao crescimento tecnológico

Como se antecipou na seção 4, o comportamento do produto *per capita* do Centro-Oeste está determinado por sua elevada taxa de crescimento tecnológico calibrada ao modelo. Supondo-se que essa economia esteja se aproximando do *steady state*, é razoável imaginar que essa taxa de crescimento tecnológico decresça.<sup>23</sup> Logo, a análise de sensibilidade do produto *per capita* dessa região à taxa de crescimento tecnológico é importante.

O gráfico 13 apresenta a dinâmica do PIB *per capita* do Centro-Oeste supondo diferentes taxas de crescimento da produtividade. Observa-se que a dinâmica do produto *per capita* dessa economia é alterada significativamente com mudanças nas taxas de crescimento tecnológico, dados outros parâmetros de calibração constantes. Assim, especula-se que o crescimento do PIB *per capita* do Centro-Oeste esteja sobreestimado ao final do período na medida em que a região se aproxima do *steady state*.

GRÁFICO 13

### Dinâmica do PIB *per capita* do Centro-Oeste em relação ao Sudeste para diferentes taxas de crescimento tecnológico ao Centro-Oeste

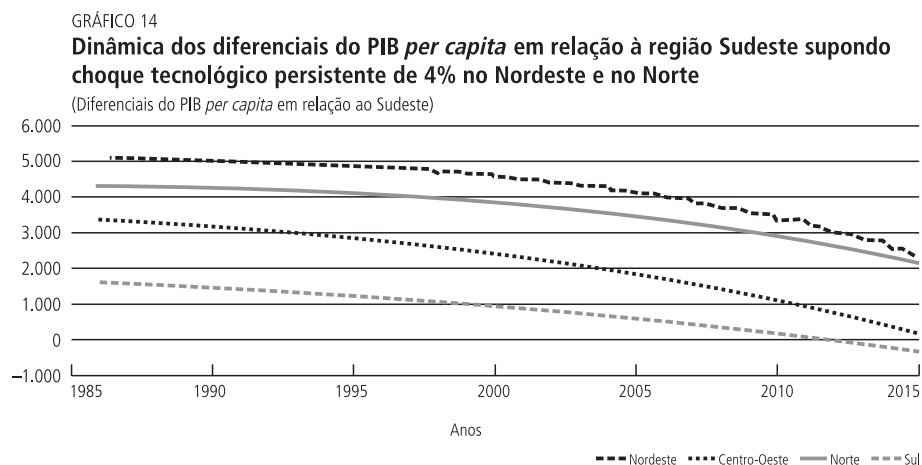


23. Isso porque a calibração da taxa de crescimento tecnológico foi dada pela média geométrica do crescimento do produto *per capita* das regiões.

### 5.3 Choques tecnológicos no Nordeste e no Norte

A presente subseção analisa o comportamento das desigualdades regionais assumindo que o Norte e o Nordeste do país tenham uma taxa de crescimento tecnológico 4,0% superior ao longo do tempo. Pode-se imaginar como exemplo uma política pública de incentivos à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico que implique, de fato, um aumento no crescimento da produtividade de alguns setores econômicos da região.

O gráfico 14 apresenta os resultados. Observa-se que o choque tecnológico altera significativamente a tendência de divergência regional. As regiões Norte e Nordeste passam de um nível de desigualdade em torno de R\$ 5.032 e R\$ 4.293 para R\$ 2.294 e R\$ 2.110, respectivamente, em relação ao Sudeste. É importante observar que, sem o referido choque tecnológico, a desigualdade regional estaria no patamar de R\$ 6.900 para o Nordeste e de R\$ 6.590 para o Norte após 30 anos.



## 6 CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi aplicar um modelo dinâmico capaz de descrever o comportamento dos fatores de produção, sua mobilidade e seu impacto sobre o crescimento regional. Realizou-se uma análise dinâmica das cinco regiões brasileiras. Com base nas calibrações do modelo e das informações sobre as condições iniciais, é possível descrever o comportamento das diversas variáveis envolvidas ao longo do tempo via simulação computacional.

Primeiramente, analisou-se a robustez do modelo comparando os resultados encontrados com o ocorrido de fato. Observou-se que o modelo previu dentro de uma margem satisfatória os dados observados no ano 2000. Além disso, verificou-se que o modelo é capaz de replicar perfeitamente as variáveis ao longo do tempo sobre



uma calibração dentro dos patamares usuais. Logo, o modelo pode ser utilizado como instrumental para a análise regional.

As simulações indicam um processo de concentração espacial da atividade econômica do país nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul. É interessante notar que a taxa de retorno do capital físico do Sul tende a se tornar a maior do país; já o Nordeste apresenta a segunda menor taxa de retorno sem perspectiva de mudança. Esse comportamento contradiz os modelos neoclássicos tradicionais e confirma as hipóteses de Lucas (1990), segundo as quais os capitais não fluem dos ricos aos pobres, quando se leva em consideração o capital humano na função de produção.

Verifica-se que não há processo de convergência das regiões de um modo global. Ao analisar as regiões, no entanto, em dois grupos, observa-se a tendência da  $\beta$ -convergência do produto *per capita* das regiões Sul e Centro-Oeste ao Sudeste do país, enquanto as regiões Norte e Nordeste permanecem em um patamar inferior com baixa capacidade de crescimento.

Logo, especula-se que há dois *steady states* no país no qual o Sudeste, o Sul e o Centro-Oeste tendem a se manter em um nível de produto *per capita* superior em 2,8 e 3 vezes ao Norte e ao Nordeste, respectivamente. Azzoni e Silveira Neto (2003), Mossi *et al.* (2003) e Hewings, Magalhães e Azzoni (2005) encontraram resultados semelhantes ao Brasil por meio de estimações econométricas. Jones (1997) chega aos mesmos resultados para a economia mundial, e existe, além disso, uma vasta literatura sobre os clubes de convergência que confirmam sua hipótese.

A seção 5 analisou a sensibilidade do modelo (e resultados) à alteração dos parâmetros. Ao fixar o crescimento tecnológico e as elasticidades da função de produção iguais para todas as regiões, houve um processo de convergência do crescimento do PIB *per capita* regional, porém, ainda há persistência do processo de divergência do PIB *per capita* em termos absolutos. Essa calibração apresentou-se fraca para a reprodução dos dados observados.

O comportamento surpreendente da economia do Centro-Oeste pode ser justificado pela calibração da taxa de crescimento tecnológico do modelo, baseada no crescimento do PIB *per capita* médio de 1985 a 2000. A subseção 5.2 analisou a sensibilidade do produto *per capita* dessa economia a diferentes valores de  $g$ . Observa-se que o desempenho dessa região é muito dependente desse parâmetro.

Por fim, fez-se uma simulação para a mudança do caráter vicioso das economias pobres (Norte e Nordeste) do país por meio de um choque tecnológico de 4%, persistente ao longo dos anos. A política de desenvolvimento tecnológico nas regiões pobres apresentou-se como uma alternativa para a quebra do processo de divergência dessas regiões.

Os resultados encontrados neste trabalho indicam o caráter perverso da dinâmica de crescimento regional observada no país. Os resultados não prevêm uma tendência à convergência dos produtos *per capita* regionais, a menos que as regiões mais pobres sejam sujeitas a choques de produtividades significativos. Observa-se que políticas públicas são fundamentais para promoção do crescimento mais balanceado no país se se levarem em consideração os custos e a ineficiência do congestionamento econômico das regiões mais promissoras.

A maior contribuição deste trabalho é a novidade do enfoque para a análise regional por meio de simulações de um modelo de crescimento macroeconômico. A vantagem do método é a possível análise detalhada da dinâmica das variáveis envolvidas na formação econômica da região, suas interações e sensibilidades.

### ABSTRACT

This article analyzes regional convergence dynamics in Brazil based on an adapted version of Hall and Jones (1999) that includes labor and capital mobility. Computational simulations indicate a tendency towards spatial concentration and the development of two alternative steady states for Brazilian regions per capita GDP: a poor and a rich one. The South and Center-West regions tend to reach the per capita GDP of the richest region, the Southeast. On the other hand, the poorest regions, Northeast and North, do not present a substantial change in their per capita GDP dynamics, remaining at inferior levels of per capita GDP (3.0 and 2.8 times less than the other regions, respectively). The main reason for this result lies in the significant differences in aggregate productivity across regions. Even though the richest regions present larger endowments of production factors, their higher aggregate productivity keeps capital and labor productivity rates higher than in poorer regions.

### REFERÊNCIAS

- AGHION, P.; HOWITT, P. A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, v. 60, p. 323-351, 1992.
- AGHION, P.; HOWITT, P.; MAYER-FOULKES, D. *The effect of financial development on convergence: theory and evidence*. 2000 (NBER Working Paper, n. 10358).
- ARRAES, R.; TELES, V. Endogeneidade versus exogeneidade do crescimento econômico: uma análise comparativa entre Nordeste, Brasil e países selecionados. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 31, n. especial, p. 754-776, 2000.
- \_\_\_\_\_. Política fiscal e crescimento econômico: aspectos teóricos e evidências empíricas para as regiões brasileiras. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 32, n. especial, p. 676-690, 2001.
- AZZONI, C. Economic growth and regional income inequality in Brazil. *The Annals of Regional Science*, v. 35, p. 133-152, 2001.
- AZZONI, C. R.; SILVEIRA NETO, R. Location and growth in Brazilian states. *Papers in Regional Science*, 2003.
- BARELLI, P.; PESSOA, S. Inada conditions imply that production function must be asymptotically Cobb-Douglas. *Ensaio Econômicos*, n. XXX, 2003.

BARRO, R. Government spending in a simple model of endogenous growth. *Journal of Political Economy*, v. 98, n. 5, p. 103-125, 1990.

\_\_\_\_\_. Economic growth in a cross section of countries. *Quarterly Journal of Economics*, v. 106, p. 407-444, 1991.

BARRO, R.; MANKIW, N.; SALA-i-MARTIN, X. Capital mobility in neoclassical models of growth. *The American Economic Review*, v. 85, n. 1, p. 103-115, 1995.

BARRO, R.; SALA-i-MARTIN, X. Convergence. *Journal of Political Economy*, v. 100, p. 223-251, 1992.

\_\_\_\_\_. *Economic growth*. New York: McGraw-Hill Advanced Series in Economics, 1995.

BAUMOL, W. J. Productivity growth, convergence, and welfare. *American Economic Review*, v. 76, p. 1072-1085, 1986.

BENHABIB, J.; SPIEGEL, M. Human capital and technology diffusion. In: AGHION, P.; DURLAUF, S. N. (Eds.). *Handbook of Economic Growth*. Elsevier, 2005.

BOYCE, W. E.; DI PRIMA, R. *Equações diferenciais elementares e problemas de valores de contorno*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1994.

CARLBERG, M. A neoclassical model of interregional economic growth. *Regional Science and Urban Economics*, v. 11, p. 191-203, 1981.

DURLAUF, S.; JOHNSON, P. Multiple regimes and cross-country growth behavior. *Journal of Applied Econometrics*, v. 10, p. 365-384, 1995.

EASTERLY, W.; REBELO, S. Fiscal policy and economic growth: an empirical investigation. *Journal of Monetary Economics*, v. 32, p. 417-458, 1993.

EVANS, P. Using cross-country variances to evaluate growth theories. *Journal of Economic Dynamics and Control*, v. 20, p. 1.027-1.049, 1996.

FERREIRA, A. Convergence in Brazil: recent trends and long-run prospects. *Applied Economics*, 2000.

FERREIRA, A. H.; DINIZ, C. Convergência entre as rendas *per capita* estaduais no Brasil. *Revista de Economia Política*, v. 15, n. 4, p. 38-55, 1995.

FERREIRA, P. C.; ELLERY, R. G. Convergência entre a renda *per capita* dos estados brasileiros. *Revista de Econometria*, v. 16, n. 1, p. 83-104, 1996.

FERREIRA, P. C.; ISSLER, J.; PESSOA, S. *Testing Producing Function Used Empirical Growth Studies*, 2002.

GHALI, M.; AKIYAMA, M.; FUJIWARA, J. Models of regional growth. *Regional Science and Urban Economics*, v. 11, p. 175-790, 1981.

GOLLIN, D. *Getting income shares right: self employment, unincorporated enterprise and the Cobb-Douglas hypothesis*. Department of Economics, (Williams College Discussion paper). Forthcoming in *Journal of Political Economy*, 1998.

GOMES, V.; BUGARIN, M.; ELLERY, R. *Long run implications of the Brazilian capital stock and income estimates*. UnB, Departamento de Economia, 2003 (Série Textos para Discussão).

HALL, R.; JONES, C. *Why do some countries produce so much more output per worker than others?* 1999 (NBER Working Papers, n. 6564).

HANSEN, G. D.; PRESCOTT, E. Recursive methods for computing equilibria of business cycle models. *Frontiers of Business Cycle Research*. Princeton University Press, 1995.

HEWINGS, A.; MAGALHÃES, A.; AZZONI, C. Spatial dependence and regional inequality in Brazil. *Investigaciones Regionales*, v. 6, 2005.

HOWITT, P. Endogenous growth and cross-country income differences. *American Economic Review*, v. 90, p. 829-846, 2000.

HOWITT, P.; MAYER-FOULKES, D. *R&D, implementation and stagnation: a Schumpeterian theory of convergence clubs*. 2002 (NBER Working Paper, n. 9104).

INADA, K. On a two-sector model of economic growth: comments and a generalization. *The Review of Economic Studies*, v. 30, n. 2, p. 119-127, 1963.

JONES, C. Convergence revisited. *Journal of Economic Growth*, v. 2, p. 131-153, 1997.

KENDRICK, J. *The formation and stocks of total capital*. New York: Columbia University for NBER, 1976.

KING, R.; REBELO, S. Public policy and economics growth: developing neoclassical implications. *Journal of Political Economy*, v. 98, p. 126-150, 1990.

KLENOW, P. J.; RODRIGUEZ-CLARE, A. The neoclassical revival in growth economics: has it gone too far? *NBER Macroeconomics Annual*, v. 12, p. 73-103, 1997.

LUCAS, R. E. On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, v. 22, p. 3-42, 1988.

MADDISON, A. *The world economy: a millennial perspective*. Paris: OECD, Development Centre Studies, 2001.

\_\_\_\_\_. Why capital doesn't flow from rich to poor countries? *American Economic Review*, v. 80, n. 2, p. 92-96, 1990.

MANKIW, G.; ROMER, D.; WEIL, D. A contribution to the empirics of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, v. 107, n. 429, p. 407-438, 1992.

MAYER-FOULKES, D. *Global divergence*. División de Economía, 2002 (Documento de Trabajo del CIDE, SDTE 250).

\_\_\_\_\_. Convergence clubs in cross-country life expectancy dynamics. In: HOEVEN, R. VAN DER; SHORROCKS, A. F. (Eds.). *Perspectives on growth and poverty*. Tokyo: United Nations University Press, 2003. p. 144-171.

MINCER, J. *Schooling, experience and earnings*. New York: Columbia Press, 1974.

MORANDI, L.; REIS, E. *Estoque de capital fixo no Brasil, 1950-2002*. Mimeografado.

MOSSI, M.; AROCA, P.; FERNÁNDEZ, I.; AZZONI, C. Growth dynamics and space in Brazil. *International Regional Science Review*, v. 26, n. 3, p. 393-418, 2003.

PESSOA, S. A. *Um modelo de acumulação de capital físico e humano: um diálogo com a economia do trabalho*. Fundação Getulio Vargas, 1999a (Textos para Discussão).

\_\_\_\_\_. Economia regional, crescimento econômico e desigualdade regional de renda. *Ensaios Econômicos*, n. 355, 1999b.

QUAH, D. T. Empirical cross-section dynamics in economic growth. *European Economic Review*, v. 37, p. 426-434, 1993.

\_\_\_\_\_. Empirics for growth and distribution: stratification, polarization, and convergence clubs. *Journal of Economic Growth*, v. 2, p. 27-59, 1997.

RAMSEY, F. A mathematical theory of saving. *Economic Journal*, v. 38, p. 545-559, 1928.

REBELO, S. Long run policy analysis and long-run growth. *Journal of Political Economy*, v. 99, p. 500-521, 1991.

RICHARDSON, H. W. *Regional growth theory*. 1ª ed. Macmillan Press LTD, 1973.

ROMER, D. *Advanced macroeconomics*. New York: McGraw-Hill, 1996.

ROMER, P. Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, v. 98, n.5, p. 1002-1037, 1986.

SIEBERT, H. *Regional economic growth: theory and policy*. 1ª ed. International Textbook Company, 1969.

SOLOW, R. M. A contribution to the theory of the economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, v. 70, p. 65-94, 1956.

STAMFORD DA SILVA, A. *O uso dos recursos energéticos, água e energia solar: implicações econômicas e decisão através de modelos dinâmicos*. 1999. Tese (Doutorado)–Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Pernambuco (Pimes/UFPE), Recife-PE, 1999.

SWAN, T. W. Economic growth and capital accumulation. *The Economic Record*, v. 32, p. 334-361, 1956.

