

Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Sócio Econômico  
Departamento de Ciências Econômicas  
Curso de Pós-Graduação em Economia  
Mestrado em Economia Industrial

CAPITAL HUMANO, DIFUSÃO TECNOLÓGICA E CONVERGÊNCIA  
DE RENDAS PER CAPITA: UMA ANÁLISE DE PAINEL DE DADOS  
PARA OS ESTADOS BRASILEIROS DE 1985 A 1995

Flávio de Oliveira Gonçalves

Dissertação apresentada ao Departamento de  
Economia da Universidade Federal de Santa  
Catarina como requisito parcial para a  
obtenção do título de mestre em economia

FLORIANÓPOLIS  
1998

**Flávio de Oliveira Gonçalves**

**CAPITAL HUMANO, DIFUSÃO TECNOLÓGICA E CONVERGÊNCIA  
DE RENDAS PER CAPITA: UMA ANÁLISE DE PAINEL DE DADOS  
PARA OS ESTADOS BRASILEIROS DE 1985 A 1995**

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Fernando Seabra - presidente (orientador)  
Prof. Dr. Joanílio Rodolpho Teixeira - membro  
Prof. Dr. Robert Samohil - membro  
Prof. Dr. João Rogério Sanson - suplente

**FLORIANÓPOLIS  
1998**


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

**Centro de Pós-Graduação em Economia**

**CAPITAL HUMANO, DIFUSÃO TECNOLÓGICA E CONVERGÊNCIA DE RENDAS  
PER CAPITA: UMA ANÁLISE DE PAINEL DE DADOS PARA OS ESTADOS  
BRASILEIROS DE 1985 A 1995**

**Flávio de Oliveira Gonçalves**

  
**Prof. Dr. Laércio Barbosa Pereira**  
**Coordenador do Mestrado em Economia**  
**GSE/UFSC**

  
**Orientador: Prof. Dr. Fernando Seabra**

**Florianópolis - SC**

**1998**

## **Agradecimentos**

Agradeço a todos que de uma maneira ou de outra colaboraram com a realização desta dissertação, e em especial para:

Inicialmente meu co-orientador Prof. Dr. Joanílio Rodolpho Teixeira, cuja experiência e boa vontade foram essenciais na construção da dissertação. Auxiliando não apenas nas dúvidas e definição das idéias a serem selecionadas dentro de um emaranhado de teorias diferentes, mas também dando o apoio moral e estímulo quando necessário.

Ao meu orientador Fernando Seabra, que durante a elaboração do trabalho, com rigor e precisão, teceu comentários e críticas evitando erros a que estamos sujeitos.

Aos professores J. R. Sanson e Jean-Luc Rosinger pelo apoio e estímulo durante o curso, ensinando a ter disciplina na busca do entendimento da teoria econômica. À Evelise, funcionária dedicada que tantos pepinos resolveu via embratel

À minha família, que sempre me apoiou, mesmo a distância.

Aos amigos do curso de Pós-Graduação, por terem agüentado momentos difíceis e dividido momentos de diversão no meio do stresse do curso. Em especial à Ana Paula, amiga confidente sempre disposta a ouvir-me.

Aos meus amigos em Brasília, pela força e auxílio emocional necessários na fase de elaboração da dissertação. Em especial àqueles que me ouviram reclamar tanto de falta de inspiração como o Paulo e o Arthur.

À minha companheira Cristina, pela compreensão e apoio nas horas mais difíceis.

Ao CNPq pelo apoio financeiro a este projeto.

**Esta dissertação á dedicada à memória  
de Adaíde Toledo de Oliveira, minha avó, que  
com carinho me ensinou o verdadeiro papel  
da educação e lições de vida nunca esquecidas.**

# **ÍNDICE**

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>7</b>
<b>A NTC E A CONVERGÊNCIA DAS RENDAS PER CAPITA</b>	<b>7</b>
<b>1.1 - Evolução Teórica</b>	<b>7</b>
<b>1.2 - O Modelo AK</b>	<b>9</b>
<b>1.3 - O Modelo de Lucas</b>	<b>11</b>
<b>1.4 - O modelo de Romer 1990</b>	<b>14</b>
1.4.1 - O caminho ótimo e o estado estacionário	18
<b>1.5 - Convergência entre Rendas per capita versus Difusão Tecnológica</b>	<b>21</b>
i) Convergência Condicional	21
ii) Convergência Absoluta	22
iii) Club Convergence	23
iv) Difusão Tecnológica	24
<b>1.6 - A NTC no Brasil</b>	<b>25</b>
<b>1.7 - Observações</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>31</b>

<b>O MODELO TEÓRICO</b>	<b>31</b>
<b>2.1 - Relações entre capital humano, tecnologia e taxas de crescimento</b>	<b>31</b>
<b>2.2 - Tecnologia endógena</b>	<b>33</b>
<b>2.3 - Um modelo à la Lucas (1988)</b>	<b>34</b>
<b>2.4 - O equilíbrio de longo prazo</b>	<b>37</b>
<b>2.5 - O problema de controle ótimo</b>	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>41</b>
<b>O MODELO EMPÍRICO</b>	<b>41</b>
<b>3.1 - Trabalhos empíricos na área sobre a economia brasileira</b>	<b>41</b>
<b>3.2 - O modelo de painel de dados</b>	<b>42</b>
3.2.1 - Modelo de Efeitos Fixos	42
3.2.2 - Modelo de Efeitos Aleatórios	44
3.2.3 - Efeitos Fixos ou Aleatórios?	46
<b>3.3 - Considerações empíricas sobre convergência</b>	<b>48</b>
<b>3.4 - O modelo estatístico</b>	<b>50</b>
<b>3.5 - Dados Estatísticos</b>	<b>51</b>
<b>3.6 - A preparação dos dados e a estimação</b>	<b>53</b>

<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>59</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO I - DADOS ESTATÍSTICOS</b>	<b>73</b>
<b>Tabela 1 - Produto Interno Bruto a custo de fatores (Reais de 1995)</b>	<b>73</b>
<b>Tabela 3 - Consumo de energia elétrica industrial (x 10<sup>6</sup> Mw)</b>	<b>75</b>
<b>Tabela 4 - Níveis de escolaridade média</b>	<b>76</b>
<b>Tabela 5 - PIB per capita (em 1.000/hab)</b>	<b>77</b>



## RESUMO

Utilizando um painel de dados dos estados brasileiros entre 1985 e 1995 do PIB, população economicamente ativa e capital humano, ajustou-se uma função de produção aumentada para incluir um termo de progresso técnico, gerando, portanto, um modelo de crescimento endógeno. Os resultados mostram que o capital humano desenvolve um importante papel na determinação das diferenças interestaduais de renda *per capita*. Estima-se também a relação entre renda inicial e taxas de crescimento, buscando-se evidências de convergência em níveis de renda *per capita*. Esta última hipótese é rejeitada quando esta convergência é controlada pelo nível de capital humano de cada estado.

## INTRODUÇÃO

As relações de longo prazo entre capital físico, trabalho e capital humano são objeto de vários modelos teóricos na literatura recente sobre crescimento. Os modelos de Solow-Swan publicados em 1956 são o início de uma discussão atual que sofreu um lapso durante a década de setenta e início de oitenta. Uma implicação teórica do modelo de Solow-Swan é que, na ausência de avanços tecnológicos, o crescimento per capita deve eventualmente cessar. Esta previsão, que remete a Malthus e Ricardo, decorre da suposição de retornos marginais decrescentes do capital. A maneira encontrada para superar este obstáculo era a suposição de um progresso tecnológico exógeno.

Esta conjectura pôde reconciliar a teoria com as evidências empíricas de crescimento continuado, porém a taxa de crescimento de longo prazo fica vinculada a uma variável exógena e sem explicação dentro do modelo. O crescimento do produto também depende do crescimento populacional, outra variável exógena ao modelo.

Na década de sessenta Cass (1965) e Koopmans (1965) trouxeram a análise de Ramsey (1928) da otimização do consumidor para o modelo de crescimento neoclássico providenciando desta forma uma determinação endógena para a taxa de poupança. Esta endogenização, porém, não exclui o progresso tecnológico exógeno como fonte propulsora do crescimento de longo prazo, apenas altera os níveis de  $K/L$  de *steady state*. Outra linha de pesquisa surgida nesta época foi a de Arrow (1962) e Sheshinski (1967) que construíram modelos nos quais “idéias” surgiam no processo de produção,

mecanismo descrito como *learning-by-doing*. A incorporação pura e simples deste tipo de avanço técnico porém era incompatível com as suposições de concorrência presentes no modelo, como demonstrado por Romer (1986), levando a taxas de crescimento que não eram Pareto ótimas. “Uma vez completada por Cass (1965) e Koopmans (1965) a teoria do crescimento neoclássica ficou extremamente técnica e sem contato com a realidade empírica” (Barro & Sala-i-Martin 1995:13).

Provavelmente, em decorrência desta falta de relevância empírica, a teoria do crescimento ficou esquecida como um campo de pesquisa nos anos setenta, época da revolução das expectativas racionais e das crises do petróleo. Por aproximadamente 15 anos macroeconomistas concentraram suas atenções em flutuações de curto prazo.

Com base nesta nova onda de trabalhos sobre crescimento, configura-se hoje um intenso debate em torno da dinâmica das desigualdades regionais no Brasil. Evidências empíricas demonstram um processo de convergência de rendas per capita durante a década de setenta e primeira metade da década de oitenta, enquanto, após 1986, apontam uma reversão desta tendência.

A motivação deste estudo surgiu a partir do trabalho de Lau et al (1993). Eles estimam um modelo de crescimento seguindo Solow (1956) para a economia brasileira, aumentado para incluir o capital humano. O método de estimação utilizado é o de *cross-section*. Os resultados parecem superestimados trazendo em nossa opinião um viés de método. A explicação encontrada por Lau et. al. para esta estimativa acima dos valores obtidos em outros estudos parte do período escolhido para análise (1970 a 1980)

durante o qual o nível de educação ultrapassou a barreira de 4 anos de escolaridade média. O alto impacto estimado da educação é então explicado por um efeito limite (*threshold effect*).

Qualquer teoria que procure explicar o crescimento deve responder pelo menos três perguntas: O que explica o crescimento continuado da renda per capita e o progresso tecnológico dos estados mais desenvolvidos? O que explica as poucas economias capazes de iniciar e sustentar períodos de forte crescimento, fazendo-as ultrapassar os níveis mais altos de renda per capita? O que explica porque algumas economias permanecem com baixo crescimento por longos períodos?

O objetivo desta dissertação é desenvolver um modelo de crescimento endógeno de difusão tecnológica e testá-lo empiricamente utilizando dados dos estados brasileiros. Buscamos explorar principalmente os resultados sobre difusão tecnológica e convergência ou divergência de rendas per capita entre os estados brasileiros. Capital humano e difusão tecnológica seriam, portanto, responsáveis pela determinação da taxa de crescimento de longo prazo e poderiam responder as perguntas acima.

O período escolhido para a análise vai de 1985 a 1995<sup>1</sup> no qual ocorreu uma reversão da tendência a convergência observada na período de 1970 a 1985<sup>2</sup>. Este tipo de abordagem torna-se relevante para a esfera

---

<sup>1</sup> Barros (1996), Ferreira, A. (1996) e Ferreira e Diniz (1995) mostram a reversão da tendência de convergência ocorrida na economia brasileira na década de oitenta. Assinala o ano posterior ao de nossa análise (1986) como o início de um período de divergência entre níveis de renda per capita estaduais.

<sup>2</sup> Gonçalves et. al. (1997), Andrade (1997) e Lau (1993) mostram o processo de convergência entre rendas per capita estaduais na década de setenta e oitenta, porém como o método utilizado

regional na medida em que a Nova Teoria do Crescimento (daqui em diante NTC) fornece *insights* para se compreender se as desigualdades regionais constituem "...a consequência lógica do funcionamento do sistema - o seu "equilíbrio" - ou se são derivadas de outros fatores - políticos, interesses de grupos..." (Barros:1997)

Optou-se por focar explicitamente as contribuições dos teóricos do crescimento econômico. A razão básica da abordagem escolhida não ter recaído sobre as contribuições da economia regional está no fato de que esses trabalhos normalmente analisam o fenômeno da concentração, enfatizando desigualdades que se manifestam ao nível das rendas absolutas. Por sua vez, busca-se aqui a discussão de desigualdades que se manifestam primordialmente ao nível das rendas per capita, dimensão ressaltada na NTC

Nossa hipótese é que o capital humano desempenha papel crucial na determinação da taxa de crescimento do nível de tecnologia adotado. Aqui a difusão de tecnologia dá-se por meio de imitação de uma economia líder em termos tecnológicos pois os custos de imitação são mais baixos que os de criação. Nesse contexto se apresenta uma classe de modelos implicando em um tipo de convergência, com a diferença de esta ser condicionada á capacidade de um país absorver tecnologia - o que depende do nível de capital humano. A pergunta é até que ponto a transferência de tecnologia leva a uma convergência nos níveis de renda per capita ou nas taxas de crescimento destes.

---

para esta análise foi o de *cross section* as taxas médias utilizadas na estimação viesaram o estudo

O restante deste trabalho está estruturado em quatro capítulos. O primeiro trata dos modelos de crescimento endógeno, expondo na primeira seção três versões desses modelos, nos quais o crescimento de longo prazo está associado às diferenças regionais. A segunda seção traz uma discussão sobre os modos de convergência encontrados na literatura e uma diferenciação entre convergência em níveis de renda e difusão tecnológica. A terceira seção traz alguns trabalhos utilizando a NTC no Brasil e discutindo a existência ou não de convergência entre os estados brasileiros.

No segundo capítulo desenvolvemos o modelo teórico a ser utilizado para os testes empíricos, buscando enfatizar as relações entre capital humano, tecnologia e taxas de crescimento. Fazendo uma análise do modelo, apontamos o caminho ótimo de expansão da economia, bem como os níveis de equilíbrio de longo prazo da tecnologia utilizada.

O terceiro capítulo descreve o método empírico a ser utilizado na estimação do modelo matemático proposto. Numa primeira seção apresentamos alguns trabalhos empíricos sobre o crescimento da economia brasileira apontando algumas limitações quanto ao método utilizado nessas estimações. Na segunda seção apresentamos o método de painel de dados, um modelo empírico que utiliza-se das variações entre os estados através do tempo, demonstrando dois modelos existentes nessa abordagem. Numa terceira seção fazemos algumas considerações empíricas sobre o estudo da convergência, mostrando que com uma simples *cross-section* é impossível diferenciar o progresso tecnológico de uma simples tendência de

---

não permitindo capturar a mudança de tendência ocorrida em 1986.

crescimento do produto. Ao final apresentamos os dados a serem utilizados na estimação comentando sobre suas fontes, limitações e problemas encontrados durante o trabalho econométrico e soluções adotadas para contornar essas limitações. São apresentados então os resultados empíricos e testadas algumas hipóteses sobre a convergência das rendas per capita entre os estados.

Por fim, o quarto capítulo traz as conclusões de estudo, inferindo ainda sobre algumas políticas regionais, tais como o investimento em educação básica, passíveis de reduzir as diferenças de renda verificadas. Algumas limitações encontradas durante o trabalho e sugestões para pesquisas posteriores também figuram neste capítulo.

# CAPÍTULO I

## **A NTC e a Convergência das Rendas Per Capita**

O objetivo deste capítulo é apresentar uma evolução dos modelos de crescimento endógeno a partir do modelo linear de Rebelo (1991), passando pelo modelo de Lucas (1988) e Romer (1990).

Especial ênfase será dada à análise de convergência e à taxa de crescimento de longo prazo, procurando demonstrar as suas fontes e valores de equilíbrio. Ao final faremos uma pequena discussão sobre os três tipos de convergência encontrados na literatura e apresentaremos algumas aplicações da nova análise sobre a economia brasileira

### ***1.1 - Evolução Teórica***

Esta breve história sobre o desenvolvimento das teorias de crescimento endógeno começa a partir dos modelos de Solow-Swan publicados em 1956. O aspecto chave do modelo de Solow (1956) é a forma da função de produção neoclássica, uma especificação que assume retornos constantes de escala, retornos marginais decrescentes para cada insumo e uma possibilidade de substituição contínua e infinita entre os insumos. Esta função de produção é combinada com uma regra de taxa de poupança constante. Na ausência de avanços tecnológicos, o crescimento per capita deve eventualmente cessar. Para reconciliar a teoria com as evidências empíricas de crescimento continuado, supõe-se a existência de um progresso tecnológico exógeno. A taxa de crescimento de longo prazo, porém, fica vinculada a uma variável sem explicação dentro do modelo. O



crescimento do produto também depende do crescimento populacional, outra variável exógena ao modelo.

Desde meados da década de oitenta a pesquisa sobre crescimento econômico tem experimentado um novo *boom*, começando com o trabalho de Romer (1986) e Lucas (1988). A nova motivação foi o reconhecimento de que os determinantes do crescimento de longo prazo são mais importantes que a mecânica de ciclos de negócios ou efeitos cíclicos ou contra-cíclicos das políticas monetária e fiscal.

A nova onda de pesquisas - Romer (1986,1990), Lucas (1988), Rebelo (1991)- construída com base no trabalho de Arow (1962), Sheshinski (1967) e Uzawa (1965), baseou-se essencialmente no afrouxamento da hipótese de retornos decrescentes e na adoção de um conceito mais abrangente de capital (incluindo capital humano). A incorporação de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e competição imperfeita nos modelos possibilitaram então explicitar um componente endógeno com relação ao avanço tecnológico. A motivação para investimentos em P&D seriam compensados por ganhos de monopólio *ex-post*.

A chamada Nova Teoria do Crescimento pode ser identificada com três correntes principais: i) O modelo linear (AK) de Rebelo (1991) onde há suposição de retornos constantes de escala e adota-se um conceito mais amplo de capital, incluindo o humano. ii) Os modelos de Externalidades ou "spill-over", associado a Lucas (1988) e Romer (1986) onde o crescimento de longo prazo é gerado por um fator de crescimento de produtividade associado ao investimento em ambos os tipos de capital. Esses teriam retornos decrescentes a nível da firma ou do indivíduo (dependendo do tipo

de capital), porém a nível da sociedade haveriam externalidades dando ao agregado uma taxa de crescimento positiva e continuada. iii) Os modelos de concorrência imperfeita de Romer (1990) e Grossman and Helpman (1991)

## 1.2 - O Modelo AK

Sala-i-Martin (1990) argumenta que os modelos de crescimento endógeno em geral podem ser considerados extensões ou microfundamentos do modelo mais simples possível: o modelo AK.

Este modelo caracteriza-se por apresentar uma função de produção com rendimentos constantes para os fatores acumuláveis:  $y=f(k)=Ak$ .

Portanto, o problema do consumidor é:

$$\text{Max} \int_0^{\infty} c^{-\theta} \left[ \frac{c^{1-\theta} - 1}{1-\theta} \right] dt \quad (1.1.1)$$

$$s.t. \dot{k} = (A - d - n)k - c$$

onde  $c$  = consumo per capita;  $\theta$  = taxa de aversão ao risco;  $\rho$  = taxa de desconto;  $k$  = capital per capita;  $A$  = tecnologia;  $d$  = depreciação;  $n$  = taxa de crescimento populacional.

A partir de 1.1 são obtidas as condições de 1 ordem:

$$c^\theta = \lambda \quad (1.1.2)$$

$$\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} = \rho - A - d$$

assim como a condição de transversalidade

$$\lim_{t \rightarrow \infty} k_t e^{-(A-d-n)t} = 0 \quad (1.1.3)$$

Para não gerar um crescimento explosivo assume-se que os parâmetros de desconto e depreciação estão no seguinte intervalo:

$$A > \rho + d > [(1-\theta)/\theta](A-d-\rho) + n + d \quad (1.1.4)$$

A restrição em 1.1 pode ser descrita da seguinte forma:

$$\dot{k} = (a - d - n)k - c(0)e^{(1-\theta)(A-d-\rho)t} \quad (1.1.5)$$

A equação diferencial tem a seguinte solução geral:

$$k_t = be^{(A-d-n)t} + [c(\theta) / \varphi]e^{(1-\theta)(A-d-\rho)t} \quad (1.1.6)$$

onde b é uma constante e  $\varphi = (A-d)(\theta-1)/\theta + \rho/\theta - n$

Substituindo-se 1.1.6 em 1.1.3 tem-se:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \{b + [c(\theta)/\varphi]e^{-\varphi t}\} = 0 \quad (1.1.7)$$

Desde que a partir de 1.1.4  $\varphi > 0$  o segundo termo em 1.1.7 converge para zero. A condição de transversalidade, portanto, leva que b também se iguale a zero, a partir de 1.1.7.

Da equação 1.1.6 deriva-se:

$$c_t = \varphi k_t \quad (1.1.8)$$

e portanto:

$$g_k = g_c = (1-\theta)(A-d-\rho)$$

Como  $y = Ak$ ,  $g_y = g_k = g_c$ . Dessa forma, o modelo não apresenta dinâmica transitória, uma vez que os valores iniciais das variáveis k, c, y são, respectivamente,  $k(0)$ ,  $\varphi k(0)$  e  $Ak(0)$ , e estas variáveis apresentam uma taxa de crescimento constante igual a  $(1-\theta)(A-d-\rho)$ .

Dessa forma, a taxa de crescimento é determinada por parâmetros tecnológicos (A e d) e pelo padrão de preferências ( $\theta$  e  $\rho$ ). Uma vez que a taxa de crescimento de y não está relacionada com o nível de k, o modelo não apresenta o resultado de convergência entre rendas. Nesse sentido, duas economias que apresentam os mesmos parâmetros e partem de

situações iniciais diferentes não convergirão para os mesmos níveis de renda per capita, uma vez que suas taxas de crescimento serão iguais.

### **1.3 - O Modelo de Lucas**

A formulação de Lucas (1988) busca enfatizar a importância do capital humano na geração do crescimento endógeno, partindo da consideração de uma economia composta de  $N$  trabalhadores com nível de capital humano  $h$ . Estes trabalhadores alocam parte ( $u$ ) de seu tempo para atividades produtivas e o restante ( $1-u$ ) para a acumulação de capital humano.

A produção de bens é descrita pela seguinte equação:

$$Y = AK_t^\beta [u_t h_t N_t]^{1-\beta} h_t^\gamma \quad (1.2.1)$$

onde  $h_t$  é o nível médio de capital humano e  $h_t^\gamma$  se refere aos efeitos externos do nível de capital humano sobre a produtividade dos fatores. Verifica-se que a função de produção exibe retornos constantes para os fatores  $K$  e  $h$  (tomados em conjunto).

Por sua vez a acumulação de capital humano se dá de forma linear, considerando que todos os trabalhadores tem o mesmo nível de capital humano  $h$ :

$$h_t = h_{t-1} d [1 - u] \quad (1.2.2)$$

onde  $d$  representa a eficiência na acumulação de capital humano, e é a taxa máxima de crescimento deste quando todo o esforço do trabalhador concentra-se na acumulação deste tipo de capital ( $u=0$ ).

O consumidor, ao eleger suas escolhas ótimas, toma o elemento  $h_t$  como dado, uma vez que os efeitos da acumulação individual de  $h$  sobre  $h_t$

são negligenciáveis. Dessa forma o problema de controle ótimo pode ser definido da seguinte forma:

$$\text{Max} \int_0^{\infty} c^{-\rho t} \left[ \frac{c^{1-\theta}}{1-\theta} \right] dt$$

sa

**(1.2.3)**

$$\dot{k} = AK^{\beta} [uhN]^{1-\beta} ha - Nc$$

$$\dot{h} = hd[1-u]$$

As condições de 1ª ordem são dadas por:

$$c^{-\theta} = \lambda_k \quad \text{(1.2.4)}$$

$$\lambda_k (1-\beta) AK^{\beta} (uhN)^{-\beta} Nh^{1-\gamma} = \lambda_h dh \quad \text{(1.2.5)}$$

$$\dot{\lambda}_k = \rho \lambda_k - \lambda_k \beta AK^{\beta-1} (uNh)^{1-\beta} h^{\gamma} \quad \text{(1.2.6)}$$

$$\dot{\lambda}_h = \rho \lambda_h - \lambda_k (1-\beta) AK^{\beta} (uN)^{1-\beta} h^{-\beta-\gamma} - \lambda_h d(1-u) \quad \text{(1.2.7)}$$

sendo ha igualado a h devido à ocorrência do *market clearing*.

Tendo  $g_y$ ,  $g_k$  e  $g_c$  os mesmos significados adotados anteriormente, e sendo a taxa de crescimento populacional igual a  $n$  e  $g_h$  a taxa de crescimento de  $h$ , obtém-se a partir de 1.2.2, 1.2.4 e 1.2.6:

$$\beta AK^{\beta-1} (uhN)^{1-\beta} h^{\gamma} = \rho + \theta g_c \quad \text{(1.2.8)}$$

$$g_h = d(1-u) \quad \text{(1.2.9)}$$

Diferenciando-se 1.2.8 e substituindo-a em 1.2.1 temos:

$$g_y = g_k = g_c = [(1-\beta+\gamma)/1-\beta] g_h \quad (1.2.10)$$

Diferenciando-se 1.2.4 e 1.2.5 obtêm-se:

$$\frac{\dot{\lambda}_h}{\lambda_h} = (\beta - \theta)g_c - (\beta - \gamma)g_h + n \quad (1.2.11)$$

Por sua vez a partir de 1.2.5 e 1.2.8 temos:

$$\frac{\dot{\lambda}_h}{\lambda_h} = \rho - d \quad (1.2.12)$$

A partir de 1.2.10, 1.2.11 e 1.2.12 temos então:

$$g_h = \{(1 - \beta)[d - (\rho - n)]\} / [\theta(1 - \beta + \gamma) - \gamma] \quad (1.2.13)$$

A taxa de crescimento da economia no *steady state* é obtida através de 1.2.10 e 1.2.13:

$$g_y = g_k = g_c = (1-\beta+\gamma)\{[d-(\rho-n)]/[(\theta(1-\beta+\gamma)-\gamma)]\} \quad (1.2.14)$$

Pode-se inferir a partir de 1.2.14 que o modelo de Lucas não prevê uma convergência entre rendas per capita, dado que a taxa de crescimento não está relacionada com os níveis de Y, C, K e H.

Cabe ressaltar que, embora o modelo apresente externalidades na função de produção, a ocorrência de crescimento endógeno não deriva desta

característica, e sim da especificação de uma tecnologia linear para a acumulação de capital humano<sup>3</sup>.

#### **1.4 - O modelo de Romer 1990**

Romer (1990) considera em seu modelo que o crescimento é resultado da introdução de novas variedades de bens. Introduz a concorrência imperfeita no setor de bens intermediários e representa as firmas engajadas em atividades de pesquisa. Desta forma estas firmas seriam compensadas por lucros de monopólio transitórios sobre suas inovações. Está baseado em três premissas:

1.A mudança tecnológica é o motor do crescimento econômico;

2.A mudança tecnológica origina-se de ações intencionais dos agentes econômicos respondendo a incentivos de mercado, ou seja, a mudança tecnológica é endógena;

3.O desenvolvimento de uma nova tecnologia é equivalente a introdução de um novo custo fixo;

O conhecimento é dividido em dois componentes. O primeiro é o capital humano, considerado um bem rival<sup>4</sup>. Portanto uma pessoa que investe em acumulação de capital humano recebe retornos crescentes. O segundo é a tecnologia, que é um bem público. Nesse caso, a característica não rival da tecnologia implica na existência de *spill-overs*, tal que a

---

<sup>3</sup>BARRO & SALA-I-MARTIN (1995:167) derivam as condições para um crescimento endógeno, identificando a função de produção de capital humano no modelo de Lucas como fato gerador deste tipo de crescimento.

<sup>4</sup> Na segunda seção do próximo capítulo faremos uma breve discussão sobre os aspectos de bens públicos do capital humano e tecnologia

descoberta de uma nova tecnologia não beneficia somente a quem a descobriu (excludabilidade incompleta).

A economia tem três setores. Um setor que produz pesquisa ou novos *designs* para o setor de bens intermediários, intensivo em capital humano e usando o estoque acumulado de conhecimento. Outro setor produz bens intermediários utilizando os *designs* do setor de pesquisa e parte do produto final não utilizado para o consumo. O terceiro setor produz o bem final utilizando trabalho, capital humano e bens intermediários.

O capital humano é considerado fixo e ofertado inelasticamente, embora sua alocação para diferentes usos ainda seja determinado endogenamente. A população é fixa.

Consideremos  $S$ = capital humano;  $S_0$ =total de capital humano fixo;  $A$ = tecnologia;  $S_Y$ = capital humano utilizado para a produção do bem final;  $S_A$ = capital humano utilizado no setor de pesquisas. Assim:

$$S_Y + S_A = S_0 \quad (1.3.1)$$

A tecnologia é criada a partir do capital humano direcionado às pesquisas e da tecnologia já existente:

$$\dot{A} = \sigma S_A A \quad (1.3.2)$$

onde  $\sigma$  é o parâmetro de sucesso das pesquisas.

Note que a taxa de crescimento da pesquisa é igual a  $\sigma S_A$ , se estes parâmetros são positivos a tecnologia pode crescer permanentemente, sem limite.



Romer emprega a teoria da variedade do Produto de Dixit e Stiglitz (1977). Nesse modelo, o crescimento de  $A$  é resultado da introdução de uma variedade crescente de bens intermediários.

Há um *continuum* de bens intermediários, medidos no intervalo de 0 a  $A$  e cada bem é produzido por um monopolista. O valor de equilíbrio de  $A$  é determinado pela condição de lucro zero (livre entrada na indústria de bens intermediários).

A característica básica deste modelo é a introdução da concorrência imperfeita no setor de bens intermediários. O objetivo desta inclusão é o de além de analisar o problema de retornos crescentes, representar as firmas como engajadas no processo de pesquisa, sendo compensadas por ganhos de monopólio no caso de sucesso na inovação. Para as empresas entrarem na indústria de bens intermediários há um custo submerso, compensado pelos ganhos de monopólio.

A atividade de pesquisa é intensiva em capital humano e tecnologia, sendo que capital físico ( $K$ ) e trabalho não qualificado ( $L$ ) não entram em sua determinação.

A função de produção é determinada em vários passos. Em primeiro lugar, define-se a tecnologia ( $A$ ) como um conjunto finito de *designs* ( $x_1, x_2, \dots$ ) e se  $x_i=0$  para  $i>A$ , então  $A$  funciona como um índice de tecnologia corrente.

A função de produção do bem final é do tipo Cobb-Douglas:

$$Y = S_Y^\alpha L_0^\beta (x_1^{1-\alpha-\beta} + x_2^{1-\alpha-\beta} \dots) \quad (1.3.22)$$

Consideremos agora o índice de *design* uma variável contínua. A função de produção torna-se portanto:

$$Y = S_Y^\alpha L_0^\beta \int_0^A x_i^{1-\alpha-\beta} di \quad (1.3.4)$$

Uma vez que  $x_i$  entra simetricamente no integrando, deduzimos que há um nível comum de uso,  $\bar{x}$ , para todo  $x_i$ . Assim:

$$\begin{aligned} \int_0^A x(i)^{1-\alpha-\beta} di &= \int_0^A \bar{x}^{1-\alpha-\beta} di \\ &= \bar{x}^{1-\alpha-\beta} \int_0^A di = A\bar{x}^{1-\alpha-\beta} \end{aligned} \quad (1.3.5)$$

Temos então nossa função de produção simplificada:

$$Y = S_Y^\alpha L_0^\beta A \bar{x}^{1-\alpha-\beta} \quad (1.3.6)$$

Para explicitar o setor de bens intermediários precisamos de algumas outras suposições:

1. Bens de capital e bens de consumo sujeitos à mesma função de produção do bem final.

2. Tomamos  $\gamma$  unidades de bens de capital para produzir uma unidade de *design*.

Portanto a quantidade de capital utilizada é:

$$K = \gamma A \bar{x}, \text{ assim } \rightarrow \bar{x} = K / \gamma A \quad (1.3.7)$$

Substituindo 1.3.7 em 1.3.6 temos:

$$\begin{aligned} Y &= S_Y^\alpha L_0^\beta A (K / \gamma A)^{1-\alpha-\beta} \\ &= S_Y^\alpha L_0^\beta A^{\alpha+\beta} K^{1-\alpha-\beta} \gamma^{\alpha+\beta-1} \\ &= (S_Y A)^\alpha (L_0 A)^\beta K^{1-\alpha-\beta} \gamma^{\alpha+\beta-1} \end{aligned} \quad (1.3.8)$$

Por  $S_Y A$  e  $L_0 A$ , a tecnologia pode ser vista como aumentadora de capital humano e de trabalho, mas é independente de  $K$ . Em outras palavras, a tecnologia é Harrod-Neutra. Isso implica na consistência da função de produção com um estado estacionário no qual, tanto a tecnologia quanto o produto, o capital e o consumo crescem sem limites.

O investimento líquido é o produto final não consumido, assim temos:

$$\dot{K} = Y - C = \gamma^{\alpha+\beta-1} A^{\alpha+\beta} (S_0 - S_A) L_0^\beta K^{1-\alpha-\beta} - C \quad (1.3.9)$$

#### 1.4.1 - O caminho ótimo e o estado estacionário

No problema de controle ótimo temos como variáveis de estado  $A$  e  $K$  e duas variáveis controle  $C$  e  $S_A$ . Adotando uma função de utilidade instantânea com elasticidade constante temos:

$$U(C) = \frac{C^{1-\theta}}{1-\theta}, \quad (0 < \theta < 1) \quad (1.3.10)$$

O problema de controle ótimo é portanto:

$$\text{Max} \int_0^\infty \frac{C^{1-\theta}}{1-\theta} e^{-\rho t} dt \quad (1.3.11)$$

s.a.

$$\dot{A} = \sigma S_A A$$

$$\dot{K} = Y - C$$

$$\text{onde} \rightarrow Y = \gamma^{\alpha+\beta-1} A^{\alpha+\beta} (S_0 - S_A)^\alpha L_0^\beta K^{1-\alpha-\beta} = \Delta$$

$$A(0) = A_0, \quad K(0) = K_0$$

O hamiltoniano de valor corrente será:

$$H_C = \frac{C^{1-\theta}}{1-\theta} + \lambda_A (\sigma S_A A) + \lambda_K (\Delta - C) \quad (1.3.12)$$

Onde  $\lambda_A$  e  $\lambda_K$  representam os preço-sombra de A e K respectivamente. Assim, temos as condições de primeira ordem:

$$\frac{\partial H_C}{\partial C} = C^{-\theta} - \lambda_K = 0 \Rightarrow \lambda_K = C^{-\theta} \quad (1.3.14)$$

$$\frac{\partial H_C}{\partial S_A} = \lambda_A \sigma A - \lambda_K \alpha (S_0 - S_A)^{-1} \Delta = 0 \Rightarrow \Delta = \frac{\lambda_A \sigma A}{\lambda_K \alpha} (S_0 - S_A) \quad (1.3.15)$$

Em adição às equações para A ponto e K ponto dadas, o princípio de otimismo máximo requer as seguintes equações de movimento para as variáveis co-estado:

$$\dot{\lambda}_A = -\frac{\partial H_C}{\partial A} + \rho \lambda_A = -\lambda_A \sigma S_A - \lambda_K (\alpha + \beta) A^{-1} \Delta + \rho \lambda_A \quad (1.3.16)$$

$$\dot{\lambda}_K = -\frac{\partial H_C}{\partial K} + \rho \lambda_K = \lambda_K (1 - \alpha - \beta) K^{-1} \Delta + \rho \lambda_K \quad (1.3.17)$$

Romer se preocupa com as propriedades do equilíbrio balanceado do crescimento: um estado estacionário com progresso Harrod-Neutro. As perguntas relevantes a serem respondidas no entanto são: qual a taxa de crescimento no estado estacionário? Como a taxa de crescimento é afetada pelas variações nos parâmetros?

A definição do estado estacionário e a suposição de um progresso técnico Harrod-Neutro implica que as taxas de crescimento de Y, K, A e C sejam iguais. Portanto usando 1.3.2, temos:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{K}}{K} = \frac{\dot{C}}{C} = \frac{\dot{A}}{A} = \sigma S_A \quad (1.3.18)$$

Para expressar a taxa de crescimento do produto *per capita* em termos apenas dos parâmetros e usando a condição de primeira ordem  $\lambda_K = C^{-\theta}$ , temos:

$$\frac{\dot{\lambda}_K}{\lambda_K} = \frac{-\theta C^{-\theta-1} \dot{C}}{C^{-\theta}} = -\theta \frac{\dot{C}}{C} = -\theta \sigma S_A \quad (1.3.19)$$

Se retirarmos a expressão  $(\dot{\lambda}_K \text{ ponto} / \lambda_K)$  da equação 1.3.17, então podemos resolver 1.3.19 e encontrar  $S_A$ .

Portanto calcula-se  $\lambda_A \text{ ponto} / \lambda_A$  da equação 1.3.16 e considerando  $\lambda_K \text{ ponto} / \lambda_K = \lambda_A / \lambda_A$  no estado estacionário. Dividindo-se  $\lambda_A \text{ pontoem}$  1.3.16 por  $\lambda_A$ , teremos:

$$\frac{\dot{\lambda}_A}{\lambda_A} = \rho - \sigma \left( \frac{\alpha + \beta}{\alpha} S_0 - \frac{\beta}{\alpha} S_A \right) \quad (1.3.20)$$

Calculando 1.3.20 e 1.3.19 e resolvendo para  $S_A$ , teremos  $S_A$  em estado estacionário (valor constante):

$$S_A = \frac{\sigma(\alpha + \beta)S_0 - \alpha\rho}{\sigma(\alpha\theta + \beta)} \quad (1.3.21)$$

Assim, a taxa de crescimento do produto *per capita* (com L constante) é definida por Romer como:

$$g = \frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{K}}{K} = \frac{\dot{C}}{C} = \frac{\dot{A}}{A} = \frac{\sigma(\alpha + \beta)S_0 - \alpha\rho}{(\alpha\theta + \beta)} \quad (1.3.22)$$

A equação 1.3.22 mostra que capital humano,  $S_0$ , entra como fator positivo na determinação das taxas de crescimento do produto, assim como o parâmetro de sucesso das pesquisas  $\sigma$ . Tanto a taxa de desconto  $\rho$  quanto o coeficiente de aversão ao risco  $\theta$  entram com um impacto negativo nesta taxa de crescimento, mostrando que uma sociedade mais paciente e menos

avessa ao risco cresce mais. Como a taxa de crescimento de longo-prazo não depende do nível de  $K$ , não ocorre a convergência entre rendas per capita como resultado de retornos decrescentes.

### **1.5 - Convergência entre Rendas per capita versus Difusão Tecnológica**

A literatura sobre convergência diferencia três conceitos, tanto pelo lado empírico como teórico. Apresentaremos estes conceitos juntamente com o de convergência de tecnologia (ou difusão tecnológica).

#### **i) Convergência Condicional**

Um aspecto importante do modelo de Solow é a implicação na convergência da relação entre capital físico/trabalho, ou seja, economias similares, divergentes apenas em seus estoques de capital inicial, tendem a convergir para uma mesma renda per capita (Barro, Sala-i-Martin 1995:26). Caso as economias diverjam em seus parâmetros fundamentais (poupança, crescimento demográfico, e taxa de depreciação do capital físico) a taxa de crescimento do produto é função da diferença entre os níveis realizados de produto e os níveis do *steady state* (daqui em diante *SS*). Este conceito é conhecido como convergência condicional, apesar das taxas de crescimento variarem com a distância do ponto de *SS*, dado um conjunto de parâmetros fundamentais este ponto é único.

Portanto, países similares em todos os aspectos, exceto por suas condições iniciais de renda per capita, convergirão para um mesmo nível de renda de *steady state*. Choques transitórios neste cenário afetam somente o

curto-prazo, mas não tem um efeito duradouro. Esta hipótese de convergência está intimamente ligada a suposição de um equilíbrio de *steady state* único e globalmente estável.

## ii) Convergência Absoluta

A origem do debate está nesta hipótese de convergência absoluta, a qual sugere que as rendas per capita dos países convergem entre si independentemente de suas condições iniciais (níveis de renda iniciais, nível de capital físico inicial, relação capital físico/trabalho). Desde que o equilíbrio de longo-prazo de uma economia depende de características estruturais,<sup>5</sup> a convergência absoluta requer a igualdade destas características estruturais. A hipótese de convergência absoluta tem sido refutada em recentes trabalhos empíricos baseados em *cross-sections* entre países (Barro (1991)) e na evolução da distribuição de renda entre os países (Quah (1996)).

A fonte da convergência condicional e absoluta é a suposição de retornos marginais decrescentes dos fatores de produção. Enquanto a economia cresce e a relação capital-trabalho aumenta, a produtividade do capital cai e conseqüentemente poupança e acumulação de capital crescem a taxas decrescentes. A suposição de homogeneidade dos indivíduos permite que se caracterize a poupança per capita como um fator constante da renda, tornando-a uma função côncava com relação ao nível de capital-trabalho.

---

<sup>5</sup> por exemplo: tecnologia ( $A$ ), preferências ( $\theta, \rho$ ), taxa de poupança, crescimento populacional, políticas governamentais, etc

### iii) Club Convergence

Se os sistemas dinâmicos fossem caracterizados por equilíbrios múltiplos e localmente estáveis, uma hipótese de *club convergence* (convergência em clubes) seria mais plausível que a de convergência condicional pura e simples. Como demonstrado por Galor (1996), a existência de mais de um ponto de equilíbrio sustenta a hipótese de convergência em clubes, ou seja, uma polarização entre as rendas per capita. A determinação do pólo para o qual a economia converge depende, além de seus parâmetros fundamentais, de suas condições iniciais. Ou seja, economias similares em suas características estruturais convergirão para um mesmo nível de *steady state* se suas rendas per capita iniciais forem similares também. Choques transitórios neste cenário podem afetar a performance econômica definitivamente.

A inclusão do capital humano nos modelos de crescimento Neoclássicos, de maneira a capturar elementos empiricamente significantes, torna múltiplos os equilíbrios de *steady state*. Estas variáveis quebram a suposição de homogeneidade entre os indivíduos, dado que a sua produtividade (e conseqüentemente, sua renda) dependerá também de seu nível de capital humano.

Economias idênticas em suas características estruturais mas diferentes em relação a níveis ou distribuição de capital humano tendem a gravitar em volta de diferentes equilíbrios de *steady state*. A literatura mostra estes múltiplos equilíbrios na presença de retornos crescentes sociais de acumulação de capital humano (Lucas (1988) e Azariadis & Drazen (1990)), função de produção de capital humano não-convexa (Becker et al (1990)) e



efeitos familiares e locais na formação de capital humano (Galor & Tsiddon (1994)).

Porém permanece esquecido nos trabalhos empíricos sobre convergência<sup>6</sup> o papel da tecnologia. Esta entra apenas como um fator multiplicativo indicando uma condição inicial ou supõem-se que todas as economias acumulem tecnologia a uma mesma taxa. Neste mundo baseado no Capital, diferenças nas taxas de crescimento são derivadas de diferenças na acumulação de capital físico ou humano. Este tipo de hipótese é adotada em Mankiw et.al (1992) que explica diferenças nos níveis de renda e nas taxas de crescimento com um modelo tipo Solow nos quais o avanço tecnológico dos países tem taxas similares e exógenas. Barro e Sala-i-Martin (1992), Barro et.al. (1995) e Loayza (1994) têm esta mesma perspectiva.

#### **iv) Difusão Tecnológica**

Existe uma diferença crucial entre o conceito de convergência entre rendas per capita e o de tendência de *catching-up* nos níveis de produtividade de fatores. É claro que um *catch-up* nos níveis de produtividade dos fatores implica em uma tendência à convergência nos níveis de renda, porém tal tendência pode ser sub-avaliada ou exagerada se há um crescimento na intensidade de utilização dos fatores variando com a renda.

---

<sup>6</sup> BERNARD E JONES (1996) demonstram mais detalhadamente a importância da inclusão da tecnologia no debate sobre convergência

A discussão<sup>7</sup> sobre a unicidade e a convergência de níveis de renda per capita entre economias sugere a abordagem para estados de um mesmo país. A hipótese sobre os mesmos parâmetros fundamentais é plausível, podendo ser feita a análise sobre o papel das dotações iniciais de capital humano na determinação do ponto de SS entorno do qual a economia gravitará.

### **1.6 - A NTC no Brasil**

No Brasil destacam-se as seguintes contribuições à NTC e à discussão sobre convergência entre rendas *per capita*: Barros (1993), De Castro (1993), Ferreira (1993), Azzoni (1994), Cardoso e Paulo (1994), Ellery e Ferreira (1994) e Ferreira e Issler (1994), Lledó e Cavalcante (1996), Ferreira (1996), Monteiro e Vergolino (1996), Gonçalves et al. (1997a), Bértola et al (1997) e Andrade (1997).

Barros (1993), usando uma variação do segundo modelo de Romer (1990 a, 1990b), analisa a dinâmica de ajustamento quando são introduzidas mudanças autônomas nos salários reais. Neste modelo o incentivo à pesquisa é criado pela queda da produtividade marginal do capital humano no setor que produz o bem final e, conseqüentemente, sua transferência para o setor de pesquisa é o mecanismo que acelera o desenvolvimento tecnológico. Isso ocorre quando há uma mudança autônoma nos salários

---

<sup>7</sup> Para Galor (1996) a inclusão da difusão tecnológica ao modelo neoclássico leva a hipótese de convergência condicional no longo prazo, porém a transição para este equilíbrio é feita de forma não monotônica, evidenciando a *club convergence* no médio prazo.

reais. Em outras palavras, aumento real de salários tem um efeito permanente e positivo no crescimento do produto *per capita*.

De Castro (1993), utilizando um modelo de inspiração schumpeteriana com a abordagem de *quality (quality-based)*, introduz resistência estocástica na adoção de inovações que geram crescimento. Com isso, é gerada uma fila de inovações já descobertas, mas que esperam para serem adotadas.

Nesse modelo o equilíbrio estocástico estacionário é obtido quando a fila de inovações é estável. De Castro mostra que no equilíbrio estacionário estocástico a resistência à introdução das inovações sempre reduzirá a taxa de crescimento médio, mas poderá aumentar o bem-estar. Isso ocorre quando o poder de monopólio e o tamanho das inovações são grandes. O conflito entre o motivo de maximizar bem-estar social e os incentivos dos inovadores explicaria a diferença nas taxas de crescimento.

Ferreira (1994) analisa, teórica e empiricamente, os efeitos da composição dos gastos públicos e políticas fiscais e monetárias do governo num ambiente de crescimento endógeno. No trabalho, mostra que com a realocação dos gastos de consumo para investimento, o governo poderá aumentar o nível de equilíbrio do capital, horas trabalhadas, produto e produtividade do trabalho. Mantendo constante a taxa de impostos, o governo poderá reduzir seu déficit orçamentário porque a substituição do gasto público pelo investimento aumentaria a receita de impostos. Além disso, o efeito da mudança dos impostos dependeria da elasticidade de produto em relação aos gastos públicos..

Azzoni (1994) e Ellery e Ferreira (1994) testam a hipótese de convergência entre as taxas de crescimento do produto nos estados

brasileiros. Ambos utilizando o modelo desenvolvido por Barro e Sala-i-Martin (1992) indicam a existência de um processo de convergência entre o PIB *per capita* dos estados brasileiros.

Cardoso e Paulo (1994) desenvolvem um modelo de crescimento endógeno onde os agentes escolhem como alocar seu tempo entre a produção e o desenvolvimento de tecnologia. Analisam o efeito da distribuição de subsídios à pesquisa por parte do governo, sobre o processo de crescimento econômico (supondo orçamento equilibrado). Mostram ainda que o mecanismo de financiamento socialmente ótimo para pesquisa é compatível com o equilíbrio orçamentário do governo. Nesse caso, a intervenção governamental é necessária para corrigir uma falha do mercado, isto é, o mecanismo de incentivo corrigirá a imperfeição do mercado gerada pelas externalidades, fazendo com que a economia alcance a trajetória ótima de crescimento.

Lledó e Cavalcante (1996) procuram verificar se diferenças nas distribuições de renda e na política fiscal seriam fatores relevantes para explicar diferenças em taxas de crescimento da renda *per capita* nos estados brasileiros. Utilizam-se de uma análise *cross-section* para encontrar uma relação não-linear entre política fiscal e crescimento e não conseguem encontrar relação significativa entre distribuição de renda e crescimento. Confirmam ainda a hipótese de convergência absoluta entre os estados brasileiros.

Monteiro e Vergolino (1996) testam a hipótese de convergência absoluta das rendas *per capita* entre os estados do nordeste brasileiro e suas micro-regiões. Aceitam esta hipótese a nível estadual e rejeitam-na a

nível das micro-regiões, observando que há uma polarização de renda em direção aos centros urbanos. Seu resultado corrobora com os conceitos de convergência condicional e em clubes, dadas a homogeneidade da região.

Barros (1996) mostra a reversão da tendência de convergência ocorrida na economia brasileira na década de oitenta. Assinala o ano posterior ao de nossa análise (1986) como o início de um período de divergência entre níveis de renda per capita estaduais. Analisando a participação da região Nordeste na Renda nacional cita a escassez de recursos fiscais aplicados pelo governo Federal na região como fator do aumento das disparidades entre rendas per capita.

Gonçalves et al. (1997a) e Andrade (1997) demonstram em um modelo de crescimento endógeno a importância do capital humano na determinação das taxas de crescimento utilizando uma *cross-section* entre os estados para o período de 1975 a 1990. Confirmam a hipótese de convergência absoluta entre rendas per capita apesar da baixa velocidade desta. Tal resultado apresenta um viés de método, pois utiliza a variação média no período perdendo assim informações sobre mudanças de tendência.

### **1.7 - Observações**

O desenvolvimento do instrumental de concorrência imperfeita permitiu um melhor entendimento da introdução da tecnologia ( $A_t$ ) para gerar crescimento endógeno. Considerar o progresso técnico como um componente endógeno do crescimento econômico é uma das principais contribuições da nova teoria.

Porém, como consideram alguns autores (Abramovitz, 1993 e Solow 1994) há uma lógica do avanço do conhecimento que pode ser ortogonal à lógica econômica. Sugerem também, que a produção da nova tecnologia pode não ser somente uma questão de insumo e produto.

No contexto da NTC podemos destacar ainda cinco limitações ou problemas:

1.A NTC utiliza o novo produto como metáfora universal de inovação. A redução dos custos decorre da invenção de novos bens intermediários. O desenvolvimento de novos produtos com certeza é um aspecto importante do progresso tecnológico, mas não é o único e não sabemos se é o melhor.(Solow, 1994)

2.A construção do Estado Estacionário. Em todos os modelos se assegura a existência de um estado estacionário com crescimento balanceado. Esse resultado não explica questões, como por exemplo, a existência de estágios de desenvolvimento no qual os recursos são gradualmente realocados da agricultura para a indústria e depois para serviços, todos com diferentes necessidades de fatores e dinâmica tecnológica (Aghion e Howitt, 1992a).

3.Assumem que não há limite para o crescimento. As experiências históricas mostram que as economias passam longas fases de crescimento e de declínio ou que as perspectivas de crescimento são limitadas pela dotação dos insumos existentes ou que a extração do produto é limitada pelo conjunto de recursos e pelo estado das artes.

4.A hipótese de expectativas racionais para o entendimento da função tecnológica. É difícil imaginarmos que os agentes econômicos têm perfeito

conhecimento da função que descreve a tecnologia. Um dos problemas que podem ocorrer é que economias de escala tendem a produzir efeitos limites no qual o caminho ótimo da economia depende crucialmente das condições iniciais e dos choques ocorridos durante o processo (Azariadis e Drazen, 1990).

5. Uma implicação para o capital humano não capturada nos modelos da NTC é a de atrator de capital físico, dadas condições de infra-estrutura, o capital físico direcionar-se-ia para locais onde houvesse o capital humano complementar. Caso não houvessem condições de infra-estrutura, ocorreria o inverso: investimentos em capital humano seriam feitos em vão pois este capital migraria atrás de capital físico complementar, como sugerido por Lucas (1990). Devido a esta migração de capital humano não podemos negligenciar a relação existente entre renda → capital humano.

Apesar das limitações apresentadas a NTC apresenta vários avanços teóricos no estudo do crescimento. A discussão sobre convergência de rendas per capita pôde finalmente ser trazida para o campo teórico, com uma teoria onde a convergência é aceita mais como exceção que regra. A inclusão de elementos empiricamente significantes aos modelos juntamente com o instrumental da concorrência imperfeita tornou possível a análise teórica de fatores antes desconhecidos na Teoria do Crescimento.

## CAPÍTULO II

### O MODELO TEÓRICO

O objetivo deste capítulo é a proposição de um modelo de crescimento no qual o nível de capital humano determina a capacidade de uma economia de criar uma nova tecnologia e de copiar a tecnologia de uma determinada economia líder<sup>8</sup>. Como introdução ao modelo teórico apresentaremos uma breve discussão sobre as relações entre capital humano, tecnologia e crescimento. Analisaremos também o equilíbrio de longo prazo e estudaremos o caminho de expansão ótimo para as economias.

#### ***2.1 - Relações entre capital humano, tecnologia e taxas de crescimento***

A discussão sobre os efeitos da tecnologia ultrapassa em muito os limites de análise da NTC. Para essa, dois aspectos são cruciais do "bem" chamado tecnologia, a sua excludabilidade parcial e não rivalidade parcial. A diferenciação entre as duas é importante pois a não rivalidade está ligada às não convexidades - aspecto chave nos modelos de crescimento endógeno - enquanto a não excludabilidade não está.

O fato da não rivalidade criar uma convexidade é aparente da segunda definição de um bem não rival - unidades subsequentes de um bem

---

<sup>8</sup> Definimos agora uma economia líder, com a maior renda per capita e maiores níveis de produtividade e as demais economias seguidoras



tem um custo unitário menor de produção que o primeiro. Para a análise da relação entre tecnologia e crescimento é mais relevante considerar a definição de um bem puramente não rival que pode ser usado repetidamente - assim com novos *designs* mecânicos, processos químicos, fórmulas metalúrgicas e outros avanços da ciência básica. A premissa básica é a possibilidade de replicar qualquer seqüência de eventos a partir da replicação das condições iniciais relevantes. Portanto é possível, se existem insumos não-rivais com valor produtivo, que o produto cresça mais que proporcionalmente ao aumento dos insumos rivais.

Formalmente, se  $F(A,X)$  representa um processo de produção que depende de insumos rivais ( $X$ ) e insumos não rivais( $A$ ), então pelo argumento da replicação  $F(A,\lambda X)=\lambda F(A, X)$ . Se  $A$  é produtivo então  $F$  não pode ser uma função de produção côncava porque  $F(\lambda A, \lambda X)>\lambda F(A,X)$ .

Solow (1956) trata  $A$  como sendo um insumo público provido exogenamente (não rival e não excluível). O fator  $a$  não recebe pagamento e cada firma individual é livre para explorar todo estoque de  $A$ .

Estes modelos são condizentes com a premissa de que a mudança tecnológica é o motor do crescimento e que a tecnologia é um bem não rival. Mas é inconsistente com a premissa de que a mudança tecnológica origina-se em grande parte pelas ações intencionais dos agentes econômicos respondendo a incentivos de mercado.

Arrow (1962) assumiu que um aumento em  $K$  necessariamente leva a uma aumento proporcional no conhecimento através do que ficou conhecido por *learning-by-doing*, mas ainda trata conhecimento como bem público.

Para Lucas (1988) o bem não rival e não excluível tem um efeito não intencional na produção de um bem convencional.

A formulação de *learning-by-doing* não é robusta porque o insumo não rival deve ser completamente não excluível. Se forem parcialmente excluíveis, como mostraram Dasgupta e Stiglitz (1988), um equilíbrio descentralizado com muitas firmas não é sustentável.

No seu modelo de *spillovers*, Romer (1986) considerou que o bem excluível que a firma produz intencionalmente é usado em proporções fixas com o capital físico. Como resultado, o modelo tem uma dinâmica similar ao de Arrow e pode ser interpretado em termos de *learning-by-doing* na produção de capital. A vantagem desta interpretação é que o conhecimento é compensado por quase-rendas por se tratar de um investimento intencional. A dificuldade é que muda a lógica da replicação.

Se o insumo A é o resultado da pesquisa, então é um bem não rival. Nesse caso a função  $F(.)$  deve ser homogênea de grau 1 somente em X. Se um insumo não rival é ainda parcialmente excluível, as não convexidades estarão presentes e o equilíbrio de uma economia descentralizada não pode ser sustentado. Para Romer a presença de fatores de produção não rivais mas parcialmente excluíveis é importante para a teoria do crescimento endógeno.

## **2.2 - Tecnologia endógena**

Os avanços técnicos da NTC - incorporação de retornos crescentes e concorrência imperfeita em modelos de equilíbrio geral - permitiram formalizar muitas idéias sobre crescimento, desde o aumento da

especialização de Young (1928) até a idéia schumpeteriana de destruição criadora como motor do crescimento (Aghion e Howitt, 1992b)

O avanço técnico e/ou científico é incorporado aos modelos de crescimento endógeno buscando elementos determinantes da taxa de crescimento da economia e do crescimento sustentado do produto per capita. A maneira de endogenizar o avanço tecnológico pode identificar cinco correntes na NTC representadas como (Romer 1994):

1.Rebelo (1991):  $Y_t = Ak_t$

2.Arrow (1962):  $Y_t = A(K)F(K_t, L_t)$

3.Romer (1983, 1986):  $Y_t = A(R_t)F(R_t, K_t, L_t)$ , R é pesquisa.

4.Lucas (1988):  $Y_t = A(H)F(K_t, H_t)$ , H é capital humano.

5.Barro (1991);  $Y_t = A(G)F(K_t, G_t)$ , G é gasto governamental

Nossa pesquisa inclui-se no quarto grupo. Aqui o aumento do nível de tecnologia utilizada dá-se de duas formas, i) a imitação da tecnologia de um país líder, pois os custos de imitação são mais baixos que os de criação, sendo o capital humano fator determinante desta capacidade; ii) a produção de tecnologia doméstica, dependente do nível de capital humano e do nível de tecnologia corrente. Nesse contexto se apresenta uma classe de modelos que também implicam em uma convergência, com a diferença de esta ser condicionada á capacidade de um país absorver tecnologia.

### **2.3 - Um modelo à la Lucas (1988)**

Para estudar as relações entre taxas de crescimento de longo prazo e capital humano, partiremos de uma economia fechada com mercados competitivos e agentes racionais. Utilizaremos uma função de produção do

tipo tecnologia Cobb-Douglas, onde a tecnologia é determinada endogenamente pelos níveis de capital humano:

$$Y_t = K_t^\alpha [A_t(H_t)L_t]^\beta \quad (2.1)$$

onde : Y = produto; A = parâmetro tecnológico; H = capital humano; K = capital físico; L = trabalho;  $\alpha, \beta$  = elasticidade do produto com relação ao capital físico e ao trabalho, respectivamente; t = sub-índice indicando a contemporaneidade das variáveis;

Adotamos um postulado sobre o fator poupador de progresso tecnológico que nos permite falar sobre o “nível” ou “índice” de tecnologia, especificamente, supomos que o progresso é Harrod neutro<sup>9</sup> em todos os pontos.

Adotamos ainda um conceito mais amplo de capital, e não há restrições quanto a retornos de escala nem à produtividade marginal decrescente, rompendo portanto com as condições de Inada.

Linearizando<sup>10</sup> (1) e definindo  $y_t = \log Y_t$ ,  $k_t = \log K_t$ ,  $a_t = \log A_t$  e  $l_t = \log L_t$ :

$$y_t = \alpha k_t + \beta a_t + \beta l_t \quad (2.2)$$

Diferenciando a equação (2.2) em relação ao tempo temos a taxa de crescimento do produto em função das taxas de crescimento dos insumos e do progresso tecnológico:

---

<sup>9</sup> O progresso técnico Harrod neutro não é poupador de mão-de-obra nem de capital exclusivamente, e sim um índice de produtividade geral, pois a relação K/L não se altera quando no *steady state*

<sup>10</sup> Utilizamos o logaritmo na base e para esta linearização

$$\frac{\dot{y}}{y} = \alpha \frac{\dot{k}}{k} + \beta \frac{\dot{a}}{a} + \beta \frac{\dot{l}}{l} \quad (2.3)$$

O crescimento do progresso tecnológico é definido seguindo Romer (1986), como dependente do nível de capital humano. A produção doméstica de tecnologia, de acordo com Benhabib e Spiegel (1994), é dependente ainda do atraso tecnológico com relação a uma dada economia líder. A variável atraso tecnológico é ainda ponderada pelo nível de capital humano, determinando a capacidade de romper com este atraso através da absorção de tecnologia. Esse processo é descrito pela equação:

$$\frac{\dot{a}}{a} = gh_t + m \left[ h \left( \frac{A_{max}}{A_t} \right) \right] \quad (2.4)$$

onde:

$h$  = nível de capital humano;  $g$  = coeficiente de sucesso no desenvolvimento de pesquisas internas;  $m$  = coeficiente de sucesso na imitação de tecnologia;  $A_{max}/A_t$  = atraso tecnológico,  $A_{max}$  = Tecnologia da economia líder,  $A_t$  = Tecnologia corrente

A inclusão da difusão tecnológica transforma um sistema caracterizado por equilíbrios de *steady state* múltiplos e estáveis em outro caracterizado por um equilíbrio único e globalmente estável, segundo Galor (1996). Mesmo com esta unicidade a convergência pode ser precedida (no

médio prazo) por um tipo de polarização nos níveis de renda per capita<sup>11</sup>. A inclusão de progresso tecnológico do tipo trabalho intensivo não altera qualitativamente os sistemas dinâmicos dos modelos de crescimento neoclássicos, portanto as condições que confirmam a hipótese de *club convergence* permanecem inalteradas.

## 2.4 - O equilíbrio de longo prazo

Para analisarmos a convergência dos níveis de tecnologia utilizados, precisamos da equação de crescimento da tecnologia da economia líder. Este crescimento dar-se-ia apenas de forma autônoma, ou seja o termo que captura o efeito *catch up* é igual a zero. Desta forma o seu crescimento é da seguinte forma:

$$A_t^{max} = A_0^{max} e^{(g \cdot h^{max})t} \quad (2.5)$$

onde  $g$  = coeficiente de sucesso no desenvolvimento de pesquisas internas;  $h^{max}$  = nível de capital humano da economia líder.

Para analisarmos o coeficiente de equilíbrio das duas tecnologias ( $A_t/A_t^{max}$ ) devemos resolver a seguinte equação diferencial, resultante da aplicação de 5 em 4 :

$$\dot{A}_t = g h A_t + m h A_0^{max} e^{(g \cdot h^{max})t} \quad (2.6)$$

A solução desta equação de primeira ordem é:

---

<sup>11</sup> Como usual, as taxas de crescimento de SS para a renda per capita e a relação capital-trabalho de cada economia devem se igualar à taxa de crescimento da tecnologia, i.e.  $\gamma_y = \gamma_M = \gamma_a = \gamma$ .

$$A_t = A_0 + \frac{mh}{gh + g^* h^{max}} A_0^{max} e^{(g^* h^{max})t} \quad (2.7)$$

Podemos representar então a razão  $A_t/A^{max}$ :

$$\frac{A_t}{A^{max}} = \frac{A_0}{A_0^{max} e^{(g^* h^{max})t}} + \frac{\frac{mh}{gh + g^* h^{max}} A_0^{max} e^{(g^* h^{max})t}}{A_0^{max} e^{(g^* h^{max})t}} \quad (2.8)$$

Tomemos o limite desta equação quando o tempo tende ao infinito para a análise do equilíbrio de longo-prazo:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{A_t}{A^{max}} = \frac{mh}{gh + g^* h^{max}} \quad (2.9)$$

O nível de tecnologia de SS é portanto dependente da relação entre os níveis de capital humano, ponderando os coeficientes de sucesso no desenvolvimento de tecnologia autônoma e o coeficiente de imitação. Como por hipótese  $m > g$  (é mais fácil copiar que criar), podemos inferir que o capital humano desempenha papel crucial na determinação desta relação.

### **2.5 - O problema de controle ótimo**

Para analisar o caminho ótimo do modelo proposto, supomos uma função utilidade corrente, usualmente utilizada na literatura:

$$U(c) = \frac{c^{1-\sigma}}{1-\sigma} e^{-\rho t} \quad (2.10)$$

As variáveis de controle são o consumo  $c$  e o capital humano  $h$ , e as variáveis estoque são o Capital Físico ( $K$ ) e a Tecnologia ( $A$ ).

O problema pode ser assim apresentado:

$$\text{Max} \int_0^{\infty} \frac{c^{1-\sigma}}{1-\sigma} e^{-\rho t}, 0 < \sigma < 1$$

s.a.

$$A = ghA + mhA^{max}$$

$$K = Y - C - h \quad (2.11)$$

$$A(0) = A_0$$

$$K(0) = K_0$$

Ou seja, precisamos encontrar a trajetória ótima do consumo sujeito ao aumento de tecnologia e ao aumento no estoque de capital físico. O investimento em capital físico é igual ao total do produto subtraído daquilo que a sociedade consome e do que investe em capital humano. Não há depreciação de capital físico e nem destruição de tecnologia já desenvolvida em nosso modelo.

O valor corrente do Hamiltoniano pode ser descrito como segue:

$$H = \frac{c^{1-\sigma}}{1-\sigma} + \lambda_A (ghA + mhA^{max}) + \lambda_K (AK^\alpha L^\beta) \quad (2.12)$$

As condições de primeira ordem são:

$$\frac{\partial H}{\partial c} = c^{-\sigma} - \lambda_K = 0 \Rightarrow \lambda_K = c^{-\sigma} \quad (2.13)$$

$$\frac{\partial H}{\partial h} = \lambda_A gA + \lambda_A mA^{max} - \lambda_K = 0 \Rightarrow \lambda_A (gA + mA^{max}) = \lambda_K$$

As equações acima descrevem a evolução ótima de K e A para qualquer composição inicial. Na margem os bens devem ser igualmente valorados tanto no consumo quanto na acumulação de K.

Podemos obter também as equações que descrevem o movimento das variáveis co-estado:



$$\dot{\lambda}_A = -\frac{\partial H_c}{\partial A} + \rho\lambda_A = -\lambda_A gh - \lambda_K L^\alpha K^\beta + \rho\lambda_A \quad (14.a)$$

$$\dot{\lambda}_K = -\frac{\partial H_c}{\partial K} + \rho\lambda_K = -\lambda_K \beta A L^\alpha K^{\beta-1} + \rho\lambda_K$$

Utilizando a equação 2.14.a e substituindo  $\lambda_K$  da equação 2.13 a evolução do preço-sombra da tecnologia:

$$\frac{\dot{\lambda}_A}{\lambda_A} = -gh - gY - mA^{max} L^\alpha K^\beta + \rho \quad (2.15)$$

Como esperado a evolução do preço-sombra de A é negativa. Levando-se em conta os efeitos de *spill-over* esta idéia torna-se bastante intuitiva para um bem público, com as características de não rivalidade e não excludabilidade.

## CAPÍTULO III

### O MODELO EMPÍRICO

O objetivo deste capítulo é apresentar o método de estimação a ser utilizado. Na primeira seção apresentamos alguns trabalhos empíricos sobre a economia brasileira, o método utilizado e suas limitações. Dois modelos básicos serão detalhados, o Modelo de Efeitos Fixos (MEF) e o Modelo de Efeitos Aleatórios (MEA) com considerações sobre suas vantagens e desvantagens. Faremos ainda uma pequena discussão sobre a relevância do método para o estudo da convergência, sendo capaz de diferenciar os modelos teóricos nos resultados empíricos. Apresentaremos os dados utilizados na análise empírica, bem como selecionaremos alguns estados a serem excluídos da regressão. Mostraremos ainda os resultados da estimação do modelo empírico, bem como os devidos testes de hipóteses.

#### ***3.1 - Trabalhos empíricos na área sobre a economia brasileira***

A técnica tradicionalmente utilizada em trabalhos empíricos para análise da economia brasileira é a cross-section entre os estados como em Lau et.al. (1993), Lledó & Cavalcante (1996), Gonçalves et al. (1997) e Andrade (1997). Esta abordagem ignora diferenças importantes entre os Estados e pode levar a estimativas inconsistentes e inferências inválidas. Em estimações onde dados em série de tempo são disponíveis, é possível captar esta heterogeneidade quando se analisa o longo prazo. A alternativa pode ser a estimação para cada estado separadamente, e depois considerar a média das estimativas dos coeficientes individuais de longo prazo. Este

procedimento, porém, trata cada Estado separadamente e não explora qualquer aspecto comum que possa existir entre os diferentes estados.

### **3.2 - O modelo de painel de dados**

A análise de Painel de Dados é objeto de uma das áreas mais ativas e inovadoras na literatura de econometria. Parcialmente porque um painel de dados é um ambiente rico para o desenvolvimento de técnicas de estimação e resultados teóricos. Em termos práticos, os painéis de Dados tem sido utilizados para analisar questões que não podem ser estudadas com *cross-section* ou séries de tempo apenas.

A análise de Painel de Dados nos permite ainda suprir a carência de dados sobre a economia brasileira, tendo graus de liberdade suficientes para a estimação.

A ferramenta básica para esta discussão é o modelo de regressão da forma:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta' x_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3.1)$$

Existem K variáveis independentes em  $x_{it}$ , e o efeito individual é captado por  $\alpha_i$ , termo assumido constante para todo t, e individual para cada unidade i.

#### **3.2.1 - Modelo de Efeitos Fixos**

A formulação mais comum que se pode ter para a captura de efeitos específicos de cada estado é a suposição que suas diferenças podem ser

captadas por diferenças no termo constante<sup>12</sup>. Portanto em 3.1 cada  $\alpha_i$  é um parâmetro a ser estimado. Consideremos  $y_i$  e  $X_i$  como as T observações para a i-ésima unidade, e ainda que  $\varepsilon_i$  seja o vetor Tx1 dos distúrbios. Podemos então escrever (3.1) como:

$$y_i = i\alpha_i + X_i\beta + \varepsilon_i$$

Ou,

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} i & 0 & \dots & 0 \\ 0 & i & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \dots \\ \alpha_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_n \end{pmatrix} \beta + \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \dots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix} \quad (3.2)$$

Ou ainda:

$$y = \begin{pmatrix} d_1 & d_2 & \dots & d_n \end{pmatrix} X \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} + \varepsilon$$

Onde  $d_i$  é uma variável *dummy* indicando a i-ésima unidade.

Considere a matriz  $nT \times n$ ,  $D = [d_1, d_2, \dots, d_n]$ . As colunas  $nT$  fornecem:

$$y = D\alpha + X\beta + \varepsilon \quad (3.3)$$

Este modelo é chamado na literatura de *least square dummy variable model* (LSDV). É um modelo de regressão clássico, o mesmo que estimar uma regressão múltipla com variáveis independentes e variáveis dummy.

O modelo de efeitos fixos tem uma abordagem razoável quando desejamos mostrar que as diferenças entre as unidades podem ser vistas

---

<sup>12</sup> Podemos capturar estas diferenças também permitindo variações nos parâmetros  $\beta$ , um estudo sobre o assunto pode ser encontrado em CornWell e Schidt (1984)

como deslocamentos da função de regressão. Este modelo se aplica às unidades estudadas na amostra, não permitindo inferência sobre os para outras unidades.

### 3.2.2 - Modelo de Efeitos Aleatórios

Um modelo alternativo é o chamado de *efeitos aleatórios* (MEA), onde o termo erro é dividido em dois componentes: aquele associado a um indivíduo e constante durante o tempo ( $u_i$ ) e outro  $\xi_{it}$  capturando efeitos de variáveis não associadas apenas aos indivíduos. Nesse caso temos:

$$Y_{it} = a + \beta X_{it} + \xi_{it} + u_i.$$

No contexto de um estudo do crescimento dos estados, o termo  $u_i$  pode ser visto como capturando efeitos de variáveis relevantes à regressão porém não presentes no modelo. Assumimos ainda:

$$E[\varepsilon_{it}] = E[u_i] = 0$$

$$E[\varepsilon_{it}^2] = \sigma_\varepsilon^2$$

$$E[u_i^2] = \sigma_u^2$$

$$E[\varepsilon_{it} u_j] = 0 \quad \text{para todo } i, t \text{ e } j$$

$$E[\varepsilon_{it} \varepsilon_{js}] = 0 \quad \text{se } t \neq s \text{ ou } i \neq j$$

$$E[u_i u_j] = 0 \quad \text{se } i \neq j$$

$$i = 1, \dots, n$$

$$t = 1, \dots, T$$

É útil ter-se a formulação do modelo em matrizes de  $T \times n$  observações das variáveis  $y_i$ ,  $X_i$ ,  $u_i$ , e  $\varepsilon_i$ . Para estas  $T$  observações, considere:

$$w_{it} = \varepsilon_{it} + u_i \quad \text{e} \quad w_i = [w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{iT}]'$$

Podemos então ter:

$$E[w_{it}^2] = \sigma_e^2 + \sigma_u^2$$

$$E[w_{it}, w_{is}] = \sigma_u^2$$

Para as T observações da unidade i, considere  $\Omega = E[w_i w_i']$ . Então temos:

$$\Omega = \begin{vmatrix} \sigma_e^2 + \sigma_u^2 & \sigma_u^2 & \sigma_u^2 & \dots & \sigma_u^2 \\ \sigma_u^2 & \sigma_e^2 + \sigma_u^2 & \dots & \dots & \sigma_u^2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_u^2 & \sigma_u^2 & \dots & \dots & \sigma_e^2 + \sigma_u^2 \end{vmatrix} = \sigma_e^2 I + \sigma_u^2 i i'$$

onde i é um vetor coluna T x 1 de 1's. Considerando que as observações i e j são independentes, a covariância dos erros para todas as nT observações é:

$$V = \begin{vmatrix} \Omega & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Omega & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \Omega \end{vmatrix} = I \otimes \Omega$$

Esta matriz tem uma estrutura particularmente simples.

Segundo Greene (1992), para estimar os Mínimos Quadrados Generalizados (GLS) precisamos encontrar  $V^{-1/2} = I \otimes \Omega^{-1/2}$ . Para tanto basta encontrar  $\Omega^{-1/2}$ , que é:

$$\Omega^{-1/2} = I - \frac{\theta}{T} i i'$$

onde:

$$\theta = 1 - \frac{\sigma_e}{(T\sigma_u^2 + \sigma_e^2)^{1/2}}$$

A transformação de  $y_i$  e  $X_i$  para o GLS é, portanto:

$$\Omega^{-1/2} y_i = \begin{pmatrix} y_{i1} - \theta \bar{y}_i \\ y_{i2} - \theta \bar{y}_i \\ \dots \\ y_{iT} - \theta \bar{y}_i \end{pmatrix}$$

e da mesma maneira para todas as variáveis  $X_i$ . Para todo o painel de dados, os mínimos quadrados generalizados são computados utilizando uma regressão destes desvios parciais de  $y_{it}$  nas mesmas transformações de  $X_{it}$ .

Breusch e Pagan (1980) desenvolveram um teste de Multiplicador de Lagrange para os MEA, baseado nos resíduos. A hipótese nula é que a variância (ou covariância) dos  $u_i$  seja igual a zero contra a hipótese alternativa de ser diferente de zero. A estatística teste é:

$$LM = \frac{nT}{2(T-1)} \left[ \frac{\sum_i (\sum_t e_{it})^2}{\sum_i \sum_t e_{it}^2} - 1 \right]^2$$

Sob nossa hipótese nula, LM é distribuída como um qui-quadrado com 1 grau de liberdade. Uma maneira computacionalmente fácil de encontrar a estatística LM é considerar a matriz D de variáveis *dummy* definida em (3.3) junto com o vetor dos erros. Então:

$$LM = \frac{nT}{2(T-1)} \left[ \frac{e' D D' e}{e' e} - 1 \right]^2$$

### 3.2.3 - Efeitos Fixos ou Aleatórios?

É extenso o debate teórico a respeito das vantagens e desvantagens de modelos de efeitos fixos e efeitos aleatórios. Maddala (1987) mostra três argumentos favoráveis a utilização dos modelos aleatórios: i) os modelos de efeitos fixos são dispendiosos em termos de graus de liberdade perdidos, dado que uma constante é estimada para cada indivíduo; ii) os modelos

aleatórios são mais atraentes pois pressupõem a ignorância sobre  $a_i$ ; iii) se o objetivo é fazer inferências sobre a população, tendo como base amostras, então a abordagem mais apropriada é o modelo aleatório. Entretanto se quisermos fazer inferências apenas sobre os indivíduos da amostra,  $a_i$  deve ser tratado como fixo. De um ponto de vista prático, a abordagem de efeitos fixos usa muitos graus de liberdade. Um argumento a favor dos modelos fixos, é que não há motivos para tratar os efeitos individuais como independentes das outras variáveis independentes.

É possível testar a ortogonalidade dos efeitos aleatórios em relação às variáveis dependentes. O teste de especificação, sugerido em Hausman (1978), supõe que sob a hipótese nula de não correlação, o OLS usado tanto no LSDV quanto no GLS são consistentes, mas somente OLS é ineficiente; enquanto a hipótese alternativa é que o OLS é consistente mas o GLS não. Entretanto, sob a hipótese nula as duas estimativas não devem diferir em muito, podendo-se utilizar a diferença para o teste. O ingrediente essencial para o teste é portanto a variância do vetor diferenciado  $b$  estimado por LSDV e  $\beta$  estimado por GLS,  $[b-\beta']$ ;

$$\text{Var} [b-\beta'] = \text{Var}[b] + \text{Var} [\beta'] - \text{Cov}[b,\beta'] - \text{Cov}[b,\beta'] \quad (3.4)$$

O resultado essencial de Hausman (1978) é que *a covariância de um estimador eficiente com sua diferença de um estimador ineficiente, é zero.*

Isto implica que:

$$\text{Cov}[(b-\beta'),\beta'] = \text{Cov}[b,\beta'] - \text{Var} [\beta'] = 0$$

Ou,

$$\text{Cov}[b,\beta'] = \text{Var} [\beta'] \quad (3.5)$$



Substituindo (3.5) em (3.4) temos:

$$\text{Var}[b-\beta'] = \text{Var}[b] + \text{Var}[\beta'] = \Sigma$$

Teste de Qui-quadrado é baseado no critério de Wald:

$$W = X^2(K) = [b - \beta']' \Sigma^{-1} [b - \beta']$$

para  $\Sigma'$  nós utilizamos a matriz de variância estimada dos estimadores do modelo de LSDV e do MEA. Sob a hipótese nula,  $W$  é distribuído como um qui-quadrado com  $K$  graus de liberdade.

### 3.3 - Considerações empíricas sobre convergência

Nos modelos Neoclássicos a log-linearização juntamente com uma expansão de Taylor de primeira ordem da função de produção<sup>13</sup> em torno do *steady state* implica que a taxa de crescimento do produto per capita pode ser aproximado à:

$$\gamma_i = x - \beta \log(\hat{y}_i / \hat{y}_i^*) \quad (3.6)$$

onde  $\gamma_i$ = taxa de crescimento do produto per capita;  $x$ = taxa de progresso tecnológico exógeno;  $\beta$ = velocidade de convergência;  $\hat{y}_i$ = produto per capita da economia  $i$ ;  $\hat{y}_i^*$ = produto de *steady state*;

As suposições usualmente feitas nas *cross-sections* baseadas neste modelo são a de igualdade de  $x$  e  $\beta$  para as economias envolvidas na análise. A variável observável  $y_i$  é relacionada com  $\hat{y}_i$  de acordo com:

$$\log(\hat{y}_i) = \log(y_i) - xt \quad (3.7)$$

onde  $t$ = tempo cronológico;

---

<sup>13</sup> A linearização em torno do SS do modelo Neoclássico pode ser vista com detalhe juntamente com a velocidade de convergência de outros modelos em Godinho (1996)

Substituindo (3.7) em (3.6) temos:

$$\gamma_i = x - \beta \log(y_i) + \beta \log(\hat{y}_i^*) + \beta x t \quad (3.8)$$

Em uma *cross-section*,  $\beta x t$  é uma constante que soma-se ao termo  $x$ . Com variáveis que forneçam uma estimativa de  $\hat{y}_i^*$  (Assim como  $h$ ,  $k$ ,  $l$ ) é possível rodar uma regressão e obter uma estimativa de  $\beta$ .

A incorporação de difusão tecnológica ao modelo implica que a taxa de crescimento dos estados seguidores é determinada por:

$$\gamma_i = \gamma_1 - \mu \log(y_i) + \mu \log(y_1) + \mu \log[(y_i / y_1)^*] \quad (3.9)$$

Onde a economia 1 representa o estado líder em tecnologia. Em uma *cross-section* de países seguidores, para um dado período  $\gamma_1$  e  $y_1$  são constantes. Suponha que temos variáveis observáveis que sirvam de *proxy* para a variação de  $(y_i / y_1)^*$ . Então podemos ter uma regressão para obter o coeficiente  $\mu$ . Esta estimativa deve coincidir com a de  $\beta$  na equação (3.8). Portanto, em uma simples *cross-section*, os dois modelos são indistintos.

Podemos diferenciar os dois modelos apenas com um Painel de Dados, que contenha a variação de  $y_1$  no tempo. A diferença principal é que em (3.9) o efeito no crescimento de  $\log(y_i)$  é condicionado ao crescimento do líder,  $\log(y_1)$ . Mantendo a razão de *steady state*  $(y_i / y_1)^*$  constante, um aumento de  $y_1$  reduz a taxa de crescimento da economia  $i$ . Em contraste, o modelo de Solow (1956) diz que o crescimento da economia  $i$  não depende de uma economia líder.

Diferenciar as dois modelos requer que possamos distinguir as mudanças ao longo do tempo em  $\log(y_1)$  da tendência temporal  $\beta x t$ , na equação (3.8). Esta distinção parece ser factível, pois  $\log(y_1)$  não deve ser

uma tendência. Portanto em um modelo onde possamos explicitar as mudanças ocorridas em  $y_1$  a diferenciação dos dois modelos teóricos pode ser implementada.

### 3.4 - O modelo estatístico

Para desenvolver o trabalho econométrico precisamos operacionalizar o modelo matemático ( Equações 2.3 e 2.4) para dados discretos, variantes no tempo (t) e entre os Estados (i). A taxa de variação definida no tempo contínuo é então substituída pela diferença dos logs das variáveis em t e t-1. Calculando a primeira diferença entre tais períodos, e incluindo um termo erro ( $\varepsilon_t$ ) para proceder a estimação, temos:

$$\log Y_{i,t} - \log Y_{i,t-1} = \left[ \log A_{i,t}(H_{i,t}) - \log A_{i,t-1}(H_{i,t-1}) \right] + \alpha (\log K_{i,t} - \log K_{i,t-1}) + \beta (\log L_{i,t} - \log L_{i,t-1}) + \varepsilon_T \quad (3.10)$$

O crescimento da produtividade total (Eq. 3.11) dependente de dois fatores: o nível de capital humano ( $gH_{i0}$ ), refletindo em inovações tecnológicas internas; o outro, um termo interagindo o capital humano e a defasagem tecnológica entre a economia analisada e uma economia líder, visando captar o efeito "catch-up". Assim:

$$\left[ \log A_{i,t}(H_{i,t}) - \log A_{i,t-1}(H_{i,t-1}) \right]_i = g \log(H_{i,t-1}) + m \log \left[ H_{i,t-1} (y_{i,t-1} \div y_{max,t-1}) \right] \quad (3.11)$$

onde:  $g \log(H_{i0})$  = progresso tecnológico autônomo;  $m \log[H_{i0} (y_{i0} \div y_{0max})]$  = difusão tecnológica do exterior; i = sub-índice indicando variáveis do i-ésimo Estado.

Combinando (3.11) e (3.10) temos:

$$\log Y_{i,t} - \log Y_{i,t-1} = \left[ g \log(H_{i,t-1}) + m \log \left[ H_{i,t-1} (y_{i,t-1} \div y_{max,t-1}) \right] \right] + \alpha (\log K_{i,t} - \log K_{i,t-1}) + \beta (\log L_{i,t} - \log L_{i,t-1}) + (\log \varepsilon_{i,t} - \log \varepsilon_{i,t-1})$$

### (3.12)

Podemos estimar o modelo acima a partir do conjunto de observações de  $i$  estados com suas séries de tempo variando de 0 a  $t$  (1985 a 1995).

#### **3.5 - Dados Estatísticos**

Para essa pesquisa contamos com um banco de dados publicado eletronicamente pelo IPEA intitulado "Atlas de Diferenças Regionais". Esta base de informação nos fornece um Painel contíguo e balanceado de 26 Estados entre os anos de 1985 e 1995. Com este painel podemos estimar (3.12), apresentaremos a seguir os dados disponíveis para a estimação.

Como variável proxy de trabalho ( $L$ ) temos a População Economicamente Ativa. A estimativa da **PEA** apresenta alguns problemas, pois os critérios de identificação do "indivíduo economicamente ativo" são questionáveis. Esta dificuldade é superada pois utilizamos em nosso modelo teórico a variação da PEA, que fornece uma medida adequada da variação da população envolvida na produção de bens e serviços.

Estimativas do nível de **capital físico** ( $K$ ) utilizado, desagregado por Estados, não são disponíveis. Utilizaremos então uma *proxy*, tentando relacionar consumo de energia elétrica industrial ao estoque de capital físico. Essa formulação tem a vantagem de já se encontrar ajustada conforme o nível de utilização de tal estoque. A utilização deste tipo de proxy deixa de lado o capital físico que não utiliza a energia elétrica como fonte de energia (como por exemplo a atividade agrícola), com certeza nossa proxy não é ideal mas é a melhor disponível.

O nível de **capital humano** (H) é dado pela média dos anos de escolaridade da população maior que 14 anos. São várias as medidas de capital humano utilizadas na literatura, porém o trabalho de Benhabib e Spiegel (1994) compara a robustez de diversas variáveis numa análise cross-section de 148 países, são elas: matrículas no primeiro e segundo graus, índice de analfabetismo, média dos anos de escolaridade da PEA. A última medida mostra-se a mais robusta em relação as amostras testadas.

Para quantificar o **hiato tecnológico** ( $y_{i,t-1}/y_{max, t-1}$ ) utilizaremos um índice de atraso dos Estados brasileiros com relação ao Estado líder em tecnologia, São Paulo. O coeficiente nos níveis de renda per capita é utilizado como *proxy* do atraso tecnológico<sup>14</sup>.

O Estado de Tocantins foi excluído da amostra por ainda não existir em 1985. Os demais estados da região Norte (com exceção do Pará) também foram excluídos por apresentarem estrutura de produção de renda diversa daquela captada por uma função de produção agregada. A retirada da amostra de economias baseadas no extrativismo é uma prática comum nos estudos sobre crescimento por não apresentarem uma relação direta com fatores como investimento e poupança, aproveitando-se apenas dos recursos naturais existentes na região. As estimativas de renda e PEA destes estados também apresentam problemas pois é impossível imaginar que algum destes estados possa ter uma renda per capita maior que a de São Paulo, conforme mostram os dados.

---

<sup>14</sup> A utilização deste tipo de *proxy* é seguidamente utilizada na literatura conhecida como produtividade aparente. Ver Benhabib e Spiegel (1994).

O Distrito Federal também foi excluído da amostra, apesar de ser a entidade da federação com maior índice de escolaridade média e maior renda per capita, sua função de produção não pode ser igualada à de outros estados, dadas suas peculiaridades de ser a sede do governo federal.

### **3.6 - A preparação dos dados e a estimação**

Através da estatística Dubbin - Watson (2,22) e do coeficiente de auto-correlação estimados (-0,21), identificamos problemas de auto-correlação negativa nos resíduos obtidos. Optou-se por uma transformação de Cochrane-Orcutt (1949)<sup>15</sup> para incorporar à análise o processo de auto-regressão (AR1), na qual o coeficiente de auto correlação ( $\rho$ ) convergiu após duas interações para o valor de -0.2009. Utilizando o teste de Hausman (1978) para testar a hipótese de efeitos fixos contra os aleatórios, aceitamos a hipótese nula de efeitos fixos ao nível de significância de 1%. Apresentaremos no entanto as duas estimações como forma de demonstrar a robustez do modelo proposto, nos detendo mais no modelo de efeitos fixos.

Os resultados da estimação de (3.12) com o modelo de efeitos aleatórios encontram-se na tabela seguinte:

---

<sup>15</sup> Cochrane, D. e Orcutt G. Application of Least Squares Regression to Relationships Containing Autocorrelated error Terms. *Journal of the American Statistical Association*, v. 44, 1949, p. 32-61.

Tabela 3.1 - Coeficientes estimados com o Modelo de Efeitos Aleatórios

coeficientes	valor	estatística t	p-value
$\alpha^*$	0.237	8.51	0.00
$\beta^*$	-	-0.54	0.83
$g^*$	0.007	2.65	0.05
$m^*$	0.008	2.95	0.03

Os resultados da estimação dos coeficientes no modelo de efeitos fixos encontram-se na tabela seguinte:

Tabela 3.2 - Coeficientes estimados a partir do Modelo de Efeitos Fixos

coeficientes	valor	estatística t	p-value
$\alpha^*$	0.1992	10.55	0.00
$\beta^*$	-0.0039	-0.10	0.92
$g^*$	0.0045	3.25	0.01
$m^*$	0.0079	3.67	0.00

Os resultados dos efeitos individuais fixos (mudança de intercepto) encontram-se na Tabela 3.3:

Tabela 3.3 - Efeitos individuais Fixos

ESTADO	EFEITO	Estadística t	p-value
	<b>INDIVIDUAL (<math>\alpha_i</math>)</b>		
PARÁ	- 0.0077	- 0.56	0.576
MARANHAO	- 0.0869	-2.92	0.004
PIAUÍ	- 0.0816	-2.73	0.007
CEARA	- 0.0576	-2.54	0.012
RIO GRANDE DO	- 0.0658	-3.16	0.002
PARAIBA	- 0.1083	-3.12	0.002
PERNAMBUCO	-0.0641	-2.90	0.004
ALAGOAS	- 0.0584	-2.66	0.008
SERGIPE	- 0.0341	-2.15	0.032
BAHIA	- 0.0356	-2.19	0.029
MINAS GERAIS	-0.0261	-1.73	0.084
ESPIRITO SANTO	- 0.0356	-2.27	0.024
RIO DE JANEIRO	- 0.0236	-1.79	0.074
SÃO PAULO	- 0.0105	-0.77	0.437
PARANÁ	- 0.0125	-0.91	0.359
SANTA CATARINA	- 0.0153	-1.07	0.284
RIO GRANDE DO SUL	- 0.0190	-1.32	0.185
MATO GROSSO	0.0083	0.64	0.517
MATO GROSSO DO SUL	0.0098	0.77	0.437
GOIAS	- 0.0259	-1.80	0.072

A hipótese de significância conjunta (teste F) da regressão de efeitos fixos não pode ser rejeitada ao nível de 1% (p-value = 0.000). O  $R^2$  estimado é de 0.38. Invertendo-se a transformação de Cochrane-Orcutt para se ter as estimativas dos verdadeiros coeficientes seguindo a forma  $\beta_i = \beta_i^*/(1-\rho)$ , temos a seguinte tabela:

Tabela 3.4 - Valores das elasticidades após a transformação de Cochrane-Orcutt

coeficientes	valores estimados
$\alpha$	0.1659
$\beta$	-0.0032
g	0.0037
m	0.0066



O único coeficiente que não tem o sinal conforme o teoricamente esperado é aquele relacionado à PEA, porém, também é o único estatisticamente não significativo. Os resultados são expressivos pois o insumo capital humano apresenta um coeficiente positivo, evidenciando a relação positiva de longo-prazo entre capital humano e taxas de crescimento.

Utilizando um teste de Wald testamos duas hipóteses sobre restrições lineares. A primeira, um teste sobre a existência ou não de retornos marginais constantes ( $\alpha+\beta=1$ ), apresentando uma estatística W de 337,56, que rejeita nossa hipótese nula de relevância da restrição. A segunda restrição testada foi a de retornos constantes sobre os fatores acumuláveis (capital físico e humano),  $\beta+g=1$ , apresentando uma estatística W de 1.784, também rejeitando a hipótese nula. Logo não podemos afirmar que os dados da economia brasileira para o período não confirmam a existência de retornos constantes tanto capital físico e trabalho quanto para os insumos acumuláveis (K, H).

Nossa hipótese de difusão tecnológica é confirmada pelo sinal e pela magnitude do coeficiente m, nos levando a perguntar se, no período estudado, as rendas per capita dos Estados tenderam ou não a convergir.

Para proceder uma estimativa da velocidade de convergência absoluta utilizamos a equação abaixo, que se baseia em Barro & Sala-i-Martin (1995:387).

$$\gamma_y = a - \log y_0 (1 - \exp -\beta(t)) \quad (3.13)$$

onde:  $\gamma_y$  = taxa de crescimento anual média da renda per capita;  $a$  = intercepto;  $y_0$  = renda per capita inicial;  $\beta$  = velocidade de convergência.

A velocidade de convergência estimada foi de - 11,5% ao ano, com uma estatística T de -18,95.

Para testarmos a hipótese de convergência condicional utilizamos a equação (3.14):

$$\gamma_i = \gamma_1 - \mu \log(y_i) + \mu \log(y_1) + \mu \log[(y_i / y_1)^*] \quad (3.14)$$

Como proxy do nível de equilíbrio de longo prazo  $y_i/y_1$  utilizaremos a relação encontrada em (2.9),  $A_i/A^{\max}$ . Estamos supondo especificamente que exista um crescimento balanceado no longo prazo, onde  $\gamma_y = \gamma_A$ . Os resultados desta estimação encontram-se na tabela abaixo:

Tabela 3.5 - Convergência no modelo de difusão tecnológica

<b>variável</b>	<b>coeficiente</b>	<b>estatística t</b>	<b>p-value</b>
$\gamma_1$	.95699	7.9739	.000
<b>log(<math>y_i</math>)</b>	-.28759	5.3206	.000
<b>log(<math>y_1</math>)</b>	-.23166	-5.1744	.000
<b>log(<math>y_i/y_1</math>)*</b>	.016779	.12103	.904

Os sinais dos coeficientes apresentam uma divergência entre rendas per capita com velocidade de 0.28. O resultado sobre convergência condicional ( $\log(y_i/y_1)^*$ ) é inconclusivo dada a insignificância do parâmetro. A taxa de crescimento dos estados seguidores está realmente vinculada á taxa de crescimento do estado líder ( $\gamma_1$ ) com alto nível de significância . Este

resultado corrobora nossos resultados sobre difusão tecnológica, confirmada empiricamente mesmo na análise de um período com divergências nos níveis de renda per capita.

Estes resultados em conjunto com os anteriores confirmam nossa hipótese sobre a fonte da convergência entre os estados ser a difusão da tecnologia, em contraposição aos retornos decrescentes dos insumos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo de crescimento endógeno de difusão tecnológica e realizar um teste empírico das hipóteses da NTC utilizando dados dos estados brasileiros. Apresentamos um modelo baseado nesta teoria onde capital humano, através do desenvolvimento tecnológico, desempenha papel crucial na determinação dos níveis de renda per capita dos estados brasileiros.

No primeiro capítulo vimos como a NTC explica a existência de diferenças entre rendas per capita no longo prazo, em contraposição aos modelos de Solow-Swan. Logo após desenvolvemos um modelo que tem como motivação básica o debate em torno das desigualdades regionais do Brasil, apresentando também como resultado a persistência da desigualdade das rendas per capita no longo prazo. A medida dessa diferença será proporcional à diferença nos níveis educacionais.

Na realização dos testes empíricos constatamos um período de divergência entre níveis de renda per capita dos estados brasileiros. Confirmamos ainda nossa hipótese sobre difusão tecnológica do Estado de São Paulo para os demais Estados. Enquanto a força motriz do crescimento paulista é um desenvolvimento interno de tecnologia, os outros estados têm outro fator, a imitação da técnica utilizada no estado líder. Porém a capacidade tanto para o desenvolvimento interno quanto para a imitação é determinada pelo nível de capital humano existente no estado. Uma elevação dos níveis de capital humano acima dos observados no Estado de

São Paulo poderia, então, levar um estado com baixa renda per capita a ultrapassá-lo e esta liderança seria mantida enquanto fosse mantida a vantagem nestes níveis.

A hipótese sobre o papel da educação introduzida aponta para algumas conclusões quanto à políticas regionais. Em primeiro lugar vale ressaltar que a reversão da tendência atual de disparidades de renda passa a ser consequência de um novo paradigma de crescimento, a acumulação de capital físico passa a ter um papel determinado pela existência de capital humano adequado para a realização da produção. Portanto, esta disparidade de rendas não é necessariamente passageira.

Os resultados encontrados demonstram que as variáveis capital humano e difusão tecnológica desempenham um papel em conjunto na determinação das taxas de crescimento. Mostram ainda que, mesmo em períodos de aumento daquelas disparidades entre os estados existe uma difusão tecnológica e a maneira de acelerar esta difusão é o acúmulo de capital humano.

Encontramos algumas limitações no decorrer do trabalho. Problemas como os dados disponíveis para a estimação. A desagregação do PIB por estados passa por uma unificação da metodologia adotada, as estimações disponíveis trazem discrepâncias como os altos níveis de renda per capita encontrados nos estados da região norte. Outro problema encontrado foi a falta de uma variável que sirva como proxy adequada de tecnologia. O índice de produtividade aparente utilizado esconde aspectos essenciais da tecnologia, como a intensidade dos fatores utilizados na cadeia produtiva.

A redução das desigualdades nos níveis de educação entre os estados é a medida que reverterá aquela tendência. Essa redução não é auto-corrigível pelas forças de mercado, dado o forte componente de externalidade associado ao acúmulo de capital humano, o mercado seria incapaz de alocar recursos eficientemente na produção deste tipo de capital. A presença do Governo é importante como agente público capaz de disponibilizar estes recursos. Considerando as dificuldades orçamentárias dos estados mais pobres em mobilizar recursos necessários a compensar aquele atraso nos níveis educacionais, destaca-se o papel do Governo Federal neste tipo de investimento.

Vale destacar ainda que o investimento deve ser concentrado em educação básica. O nível médio de escolaridade nos estados brasileiros no período estudado ultrapassou a casa dos cinco anos. Esse nível ainda é muito baixo se comparado ao de outros países. Somente a educação básica dá ao trabalhador condições de se adaptar às novas tecnologias, podendo migrar entre funções sem perda de produtividade.

A política regional seguida até agora pelo governo federal deverá mudar de preceitos básicos. Enquanto elas têm sido até então dirigidas para subsidiar o capital físico, elas devem se voltar mais para o investimento em recursos humanos. O capital físico migraria então para estes estados em busca de capital humano complementar.

Algumas extensões do modelo enriqueceriam a análise, como por exemplo a desagregação dos setores produtivos. Esta poderia fornecer *insights* diferentes ao modelo proposto, demonstrando as diferentes necessidades de capital humano nos diferentes setores da economia.

Os resultados encontrados confirmam estudos anteriores apontando este período como de aumento de disparidades de renda entre os estados. Nossa hipótese de difusão tecnológica é confirmada, contrariamente ao trabalho de Andrade (1997). A retirada da amostra de estados onde a produção está baseada no extrativismo, bem como o modelo econométrico proposto parecem ser as diferenças que levam a aceitação desta hipótese.

O método utilizado na estimação permitiu explicitar as particularidades dos estados, e suprir a carência de séries de tempo uniformes sobre os estados brasileiros. A análise de painel de dados mostra-se bastante flexível para diferentes usos. Poucos trabalhos sobre a economia brasileira utilizam-se deste método, que pode ser ainda estendido em várias direções como a utilização de modelos de dois fatores que além dos efeitos individuais leva em conta efeitos de tendências temporais. Outra extensão possível ao modelo é a estimação do modelo de coeficientes aleatórios, onde a variação da própria elasticidade é permitida entre os estados.

## BIBLIOGRAFIA

AGHION, P. e HOWITT, P., 1992-a, Endogenous Technological Change: The Schumpeterian Perspective. Mimeo.

\_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_, 1992-b, A Model of Growth through Creative Destruction, *Econometrica*, V. 60(2), p. 323-351.

ANDRADE, M., 1997, Educação e Crescimento Econômico no Brasil: Evidências Empíricas para os Estados Brasileiros - 1970/1995. *Anais XXV Encontro Nacional de Economia*, p. 1528-1548.

AZARIADIS, C. & DRAZEN, A., 1990, Threshold externalities in economic Development. *Quarterly Journal of Economics*, V. 105, p. 501-526.

AZZONI, C., 1993, Equilíbrio, Progresso Técnico e Desigualdades Regionais no Processo de Desenvolvimento Econômico. *Análise Econômica*, UFRGS, v. 19, p. 45-68.

AZZONI, C., 1994, Crescimento Econômico e Convergência das Rendas Regionais: O Caso Brasileiro. *Anais XXII Encontro Nacional de Economia*, p. 185-205.



BARRO, R. J., 1991, Economic Growth in a Cross-Section of Countries, *Quarterly Journal of Economics*, V. Mai/91, p. 407-443.

\_\_\_\_\_ e SALA-I-MARTIN, X., 1991, Convergence Across States and Regions, *Brookings Papers on Economic Activity*, V. 1:1991, p. 107-182.

\_\_\_\_\_ e LEE, J., 1993, International comparisons of educational attainment, *Journal of Monetary Economics*, V. 32, p. 363-394.

\_\_\_\_\_ e SALA-I-MARTIN, X. 1995, *Economic Growth*, MacGraw-Hill. 539 p.

BARROS, A . . , 1993, The Role of Wage Stickiness in Economic Growth. *Anais XXI Encontro Nacional de Economia*, p. 175-193.

\_\_\_\_\_, 1997, Desigualdades Regionais no Brasil: Causas da Reversão da Tendência na Última Década. . *Anais XXV Encontro Nacional de Economia*, p. 40-60.

BECKER, G., MURPHY, K. & TAMURA, R., 1990, Human Capital, Fertility, and Economic Growth. *Journal of Political Economy*, V. 98, p. s12-37.

BENHABIB, J. e SPIEGEL, M. M., 1994, The Hole of Human Capital in economic Development, Evidence from Aggregate Cross-Country Data, *Journal of Monetary Economics*, V. 34, p. 143-173.

BERNARD, A. & JONES, C. 1996. Technology and convergence. *Economic Journal*, V. 106, p. 1037-1044.

BÉRTOLA, L, PORCILE, G. e EHLERS, R., 1997, Tecnologia, Convergência e Divergência Econômica: Argentina e Brasil, 1900-1990. *Anais XXV Encontro Nacional de Economia*, p. 1089-1107.

BIRDSALL, N., 1985, Public Inputs and child Schooling in Brazil, *Journal of Development Economics*, V. 18, p. 67-86.

BREUSCH, T e PAGAN, A, 1980, The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *Review of Economic Studies*, V. 47, p. 239-253.

CARDOSO, R. e PAULO, G., 1994, A importância dos Subsídios à Pesquisa no Processo de Crescimento Econômico. *Anais XVI Encontro Brasileiro de Econometria*, p. 151-163.

DASGUPTA, P. e STIGLITZ, J., 1988, Learning-by-Doing, Market Structure and Industrial and Trade Policies, *Oxford Economic Papers*, June, p. 246-268.

DE CASTRO, S., 1993, Demand-Side Resistance to Creative Destruction in Schumpeterian Growth Theory. *Anais XV Encontro Brasileiro de Econometria*, p. 391-406.

DIXIT, A. e STIGLITZ, J., 1977, Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity. *American Economic Review*, V. 67(3), p. 297-308.

ELLERY, R. e FERREIRA, P., 1994, Crescimento Econômico e Convergência entre Renda dos Estados Brasileiros. *Anais XVI Encontro Brasileiro de Econometria*, p. 264-286.

FERREIRA, A. e DINIZ, C., 1995, Convergência entre as Rendas per Capita Estaduais no Brasil, *Revista de Economia Política*, V. 15(4), p. 38-56.

\_\_\_\_\_, 1996, Evolução Recente da Rendas per Capita Estaduais no Brasil: o que a Nova Evidência Mostra, *Revista Econômica do Nordeste*, V. 27(3), p. 363-374.

FERREIRA, P., 1994, The Impact of Public Capital and Public Investment on Economic Growth: na Empirical Investigation. *EPGE, Ensaios Econômicos*, nº 228/Fevereiro.

FERREIRA, P. e ISSLER, J., 1994, Testing the Externalities Hypotesis of Endogenous Growth using Cointegration. *EPGE, Ensaios Econômicos*, nº 236/Abril .

FERREIRA, P &. LLEDÓ, V. 1996. Crescimento endógeno, distribuição de renda e política fiscal: uma análise cross-section para os estados brasileiros. *Anais do XXIV Encontro Nacional de Economia*. V. 1:28-54.

GALOR, O. & TSIDDON, D., 1994, Human Capital Distribution, Technological Progress, and Economic Growth, *CEPR Working Paper* nº 971.

GALOR, O., 1996, Convergence? Inferences from Theoretical Models, *Economic Journal*, V. 106 (Jul), p. 1056-1069.

GODINHO, R., 1996, *Crescimento Endógeno e Desigualdade Regional: um Modelo com Difusão de tecnologia e Governo*, Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 98 p.

GONÇALVES, F., SEABRA, F., TEIXEIRA, J. 1997-a. O capital humano em um modelo de crescimento endógeno da economia brasileira: 1970-1995. *Anais do 20º Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional*, p. 226-228.

GONÇALVES, F., 1997-b, Capital Humano e Crescimento Endógeno nos Estados Brasileiros: 1970-1995. *Comunicações do XXV Encontro Nacional de Economia*, p. 2017.

HAUSMAN, J., 1978, Specification tests in econometrics. *Econometrica*, V. 46, p. 69-85.

ISLAM, N., 1995, Growth Empirics: A Panel Data Approach, *Quarterly Journal of economics*, V. Nov./95, p. 1127-1170.

JAMISON, D. T., LAU, L. J., LIU, S. e RIVKIN, S., 1993, Education and economic growth. Some cross-sectional evidence from Brazil, *Journal of Development Economics*, V. 41, p. 45-70.

JONES, C., 1995, Time Series Tests of Endogenous Growth Models, *Quarterly Journal of Economics*, V. Mai/92, p. 495-525.

KNIGHT, J. B. e SABOT, R. H., 1987, Educational Policy and Labor Productivity: an Output Accounting Exercise, *Economic Journal*, V. Mar/87, p. 199-214

\_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_, 1976, Education Expansion and the Kuznets Effect, *Oxford Bulletin of Economics Statistics*, V. 38, p. 113-136.

LAM, D. e LEVISON, D., 1992, Declining inequality in schooling in Brazil and its effects on inequality in earnings, *Journal of Development Economics*, V. 37, p. 199-225.

LAU, L., JAMINSON, D., LIU, S. & RIVKIN, S. , 1993 Education and Economic Growth. Some cross-sectional evidence from Brazil. *Journal of Development Economics*, V. 41, p. 45-70.

LEVINE, R. e RENELT, D., A Sensitivity Analysis of Cross-country Regressions, *Brooking`s Papers on Economic Activity*, V. 8, p. 942-963

LOAYZA, N., A Test of the International Convergence Hypothesis using Panel Data. *World Bank Policy Research Working Papers nº 1.333*, ago/94.

LUCAS, R. E., 1988, On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, V. 22, p. 3-42.

MANKIW, N. G., ROMER, D. e WEIL, D., 1992, A Contribution to the Empirics of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics*, V. Mai/92, p. 407-437.

\_\_\_\_\_, 1995, The Growth of Nations, *Brooking`s Papers on Economic Activity*, 1995(1), p. 275-310.

MONTEIRO NETO, A . e VERGOLINO, J. Crescimento Econômico e Convergência da Renda no Nordeste Brasileiro. *Anais do XXIV Encontro Nacional de Economia*. p. 440-458.

NELSON, R. R. e PHELPS, E. S., 1966, Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth, *American Economic Review, Papers and Proceedings*, V. 56, p. 69-75.

PATALINGHUG, E., Education and the Aggregate Production Function: The Philippines, *SR*.

PIÑERA, S. e SELOWSKY, M., 1981, The Optimal Ability-Education Mix and the Misallocation of Resources within Education Magnitude for developing Countries, *Journal of Development Economics*, V. 8, p. 111-131.

PRITCHETT, L., 1997, Divergence, Big Time. *Journal of Economic Perspectives*, V. 11, nº 3, summer, p. 3-17.

PSACHAROPOULOS, G., 1981, Returns to Education: A Further international Update and Implications, *Journal of Human Resources*, V. 20(4), p. 583-604.

PEREIRA, C., 1995, *Crescimento Econômico Endógeno e Recursos Naturais Exauríveis*, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 111 p.

QUAH, D., 1996, Convergence Empirics across Countries with (some) capital Mobility. *Journal of Economic Growth*, V. 1, p. 95-124.

RAMSEY, F., 1928, A Mathematical Theory of Saving. *Economic Journal*, V. 38 (Dez), p. 543-559.

REBELO, S., 1991, Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, nº 3 (Jun), p. 500-521.

ROMER, P. M., 1990a, Capital, Labor, and Productivity, *Brookings Papers: Microeconomics*, p. 337-367.

\_\_\_\_\_, 1990b, Endogenous Technological Change, *Journal of Political Economy*, V. 98(5), p. s71-s101.

\_\_\_\_\_, 1994, The Origins of Endogenous Growth, *Journal of Economic Perspectives*, V. 8(1), p. 104-142.

SOLOW, R. M., 1956, A Contribution to the theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, V. 70, p. 65-94.

\_\_\_\_\_, 1994, Perspectives on Growth Theory. *Journal of Economic Perspectives*, V. 8(1), p. 45-54.

SCHULTZ, T. W., 1961, Investment in Human Capital, *American Economic Review*, V. 51(1), p. 01-17.



WINEGARDEN, C. R., 1976, Schooling and Income Distribution: Evidence from International Data, *Economics*, V. 46, p. 83-87.

YOUNG, A., 1928, Increasing Returns and Economic Progress, *Economic Journal*, V. 28(Dec), p. 527-542.

## ANEXO I - Dados Estatísticos

**Tabela 1 - Produto Interno Bruto a custo de fatores (Reais de 1995)**

UF	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
RO	2.376.240	2.708.184	2.758.095	2.921.385	3.109.213	3.026.628	3.437.143	3.269.985	2.962.753	3,2	3.702,0
AC	691.842	619.216	671.369	764.903	792.284	766.856	828.193	766.098	930.207	975	1.037,0
AM	6.100.914	6.815.306	6.723.255	7.271.578	7.925.861	7.223.214	6.494.873	5.744.572	6.443.326	6,9	7.404,0
RR	366.411	356.497	367.850	404.133	427.805	384.298	394.622	418.880	413.487	433	507,0
PA	8.547.178	9.816.895	10.419.506	10.980.139	11.325.230	11.020.289	11.434.465	11.025.519	11.068.039	11,	12.863,0
AP	532.601	501.794	609.044	631.389	667.060	631.747	687.974	639.469	696.356	746	829,0
TO	1.444.298	1.413.670	1.524.189	1.601.263	1.628.270	1.592.049	1.647.896	1.741.466	1.741.698	1,8	2.027,0
MA	4.945.086	5.385.118	5.598.929	5.708.919	5.654.916	5.627.303	5.065.576	5.002.422	5.421.451	5,8	6.003,0
PI	2.340.578	2.611.380	2.686.339	2.758.644	2.771.963	2.700.219	2.738.566	2.634.581	2.760.732	3,0	3.235,0
CE	8.414.651	9.205.659	9.120.170	9.210.441	9.346.268	9.223.774	9.651.153	9.858.291	9.815.874	10,	10.988,0
RN	4.140.145	4.566.382	4.721.375	4.780.444	4.543.671	4.173.713	4.203.574	3.993.078	3.946.580	4,4	4.633,0
PB	3.344.820	3.607.792	3.574.883	3.516.914	3.599.326	3.633.994	3.775.950	3.825.200	3.605.405	3,9	4.183,0
PE	11.883.538	12.653.458	13.460.677	13.022.039	14.539.402	13.132.112	13.507.907	12.778.301	12.808.731	13,	14.297,0
AL	3.412.493	3.530.467	3.694.632	3.670.991	3.977.631	3.775.235	3.830.432	3.704.373	3.690.353	4,0	4.162,0
SE	3.379.102	3.941.067	3.822.315	3.573.642	3.635.211	3.577.923	3.367.396	3.534.865	3.462.924	3,5	4.217,0
BA	25.891.102	28.529.729	28.044.600	27.746.010	27.949.046	28.042.165	27.540.688	27.769.054	28.739.993	30,	30.911,0
MG	47.447.520	51.235.967	53.011.386	53.511.733	57.149.564	52.931.515	53.957.360	53.804.135	56.144.069	59,	62.583,0
ES	8.098.997	8.346.620	8.439.300	8.508.889	8.821.290	8.449.853	8.608.644	8.597.333	8.832.338	9,2	9.657,0
RJ	57.740.964	62.450.446	63.213.244	62.792.304	64.700.698	61.553.063	62.099.694	61.025.296	61.355.768	63,	67.770,0
SP	179.409.076	193.069.548	198.226.625	196.230.264	200.091.491	189.992.021	190.815.494	187.169.930	195.569.242	208,	217.761,0
PR	30.596.596	32.709.104	37.041.704	36.562.696	38.244.484	37.641.453	37.335.103	35.322.747	39.410.100	41,	43.622,0
SC	16.073.423	18.020.480	18.989.838	18.902.080	19.327.258	18.830.153	18.333.441	18.685.417	19.371.211	20,	22.047,0
RS	40.199.296	43.030.481	44.431.903	43.857.764	45.636.912	44.074.666	41.802.358	44.145.491	48.031.691	50,	51.039,0
MT	5.592.247	6.282.410	6.749.034	7.642.620	8.236.332	7.927.480	9.045.072	9.559.732	8.918.542	9,5	9.004,0
MS	7.890.121	8.257.132	9.177.475	9.704.116	9.650.262	9.868.691	10.020.959	10.377.972	11.579.585	11,	11.833,0
GO	12.738.961	13.005.375	13.834.073	14.633.305	14.839.494	14.608.323	15.231.874	15.175.905	16.016.626	17,	17.466,0
DF	12.093.968	12.608.730	12.971.140	13.392.125	13.930.466	13.941.754	14.606.605	14.944.022	15.396.485	15,	15.583,0

Tabela 2 - População Economicamente Ativa (x 1.000 hab.)

UF	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
RO	157.	192.	210.	221.	226.	239.	276.	313.	312.	334.	35
AC	62.	77.	77.	85.	77.	90.	105.	120.	124.	127.	13
AM	401.	435.	481.	507.	555.	567.	604.	642.	695.	719.	74
RR	23.	33.	27.	31.	32.	39.	51.	63.	66.	74.	8
PA	727.	805.	878.	925.	980.	1009.	1059.	1110.	1153.	1187.	122
AP	33.	38.	33.	35.	37.	40.	63.	86.	98.	108.	11
TO								391.	423.	427.	43
MA	1781.	1770.	1922.	1890.	2030.	2099.	2146.	2193.	2324.	2352.	238
PI	907.	885.	958.	1021.	1016.	1094.	1076.	1058.	1157.	1169.	118
CE	2352.	2351.	2370.	2501.	2486.	2552.	2606.	2660.	2716.	2827.	293
RN	771.	753.	814.	853.	917.	880.	976.	1072.	1011.	1053.	109
PB	1109.	1127.	1116.	1188.	1223.	1237.	1307.	1376.	1434.	1434.	143
PE	2589.	2625.	2746.	2773.	2857.	2931.	3046.	3161.	3199.	3200.	320
AL		812.	848.	911.	932.	937.	1013.	1090.	1063.	1095.	112
SE	494.	510.	554.	531.	554.	579.	626.	673.	701.	706.	71
BA	4184.	4264.	4427.	4737.	4655.	4922.	5125.	5329.	5531.	5619.	570
MG	6021.	6218.	6469.	6687.	6870.	6893.	7073.	7252.	7407.	7484.	756
ES	975.	978.	1033.	1066.	1079.	1093.	1181.	1268.	1307.	1308.	130
RJ	5428.	5606.	5875.	6012.	6077.	6260.	5996.	5733.	5838.	5977.	611
SP	13084.	13821.	14250.	14363.	14811.	15195.	15125.	15056.	15277.	15712.	1614
PR	3621.	3715.	3986.	4023.	4287.	4315.	4240.	4165.	4183.	4286.	438
SC	1873.	1936.	2056.	2062.	2081.	2160.	2241.	2322.	2320.	2396.	247
RS	3994.	4035.	4325.	4332.	4315.	4568.	4692.	4816.	4771.	4841.	491
MT	579.	587.	669.	693.	718.	769.	878.	986.	1025.	1052.	108
MS	663.	698.	708.	743.	764.	797.	832.	867.	860.	885.	90
GO	1762.	1841.	1944.	2048.	2100.	1747.	1860.	1973.	1962.	2015.	206
DF	662.	705.	767.	810.	835.	856.	812.	769.	763.	790.	81

**Tabela 3 - Consumo de energia elétrica industrial (x 10<sup>6</sup> Mw)**

UF	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
RO	653	677	777	747	814	627	615	504	577	539	852
AC	166	89	125	197	270	188	278	203	213	236	211
AM	3859	4044	4445	4454	4432	3569	3597	3246	3520	3450	4443
RR	73	75	82	112	149	123	138	97	120	122	129
PA	3608	3778	4451	4329	4938	3667	3636	3299	3560	3971	5293
AP	275	192	316	341	404	288	285	237	267	309	387
TO	29	30	30	29	28	24	23	22	35	41	55
MA	1630	1764	2278	2173	2226	1643	1351	1448	1361	1429	1200
PI	489	572	643	608	630	497	413	402	522	556	549
CE	2464	2617	2859	2620	2787	2327	2717	2668	2632	2529	2565
RN	2055	2396	2878	2642	2595	1919	2115	1858	1811	2097	2005
PB	865	935	965	873	858	797	809	755	745	742	875
PE	4280	4254	4447	4052	4147	3710	3902	3645	3570	3265	4159
AL	1059	1115	1180	1099	1088	997	1016	868	840	838	1066
SE	1743	2217	2480	2065	2296	1898	1675	1614	1485	1363	1939
BA	11158	11838	12051	10947	11123	10047	9770	9317	9746	9422	11721
MG	18489	19074	20215	19743	20868	17676	17809	18434	18266	18945	23590
ES	2959	3073	3158	3121	3477	2851	2926	2853	2755	2818	3182
RJ	25149	27053	28599	24118	24556	20198	20433	19065	18867	17596	26692
SP	94061	97419	103294	102091	101451	83273	82072	77792	79804	77766	103414
PR	11036	11776	12155	11416	11562	9648	10405	12331	13630	16337	17225
SC	7672	7829	8046	7554	7717	6473	5998	6572	7035	7462	9499
RS	14858	14862	15126	14287	14575	12229	11333	11515	12205	12694	17025
MT	968	1294	1579	2018	2117	1664	1765	1589	2053	2288	1165
MS	922	1100	1344	1716	1864	1486	1393	1324	1667	1947	1185
GO	2558	3088	3567	3406	3637	3116	3077	2640	3105	3514	3071
DF	681	789	961	1005	1114	1013	1043	1029	1251	1309	806

**Tabela 4 - Níveis de escolaridade média**

	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
<b>RONDÔNIA</b>	5.40	5.63	5.27	5.38	5.41	5.39	<b>5.49</b>	5.60	5.64	<b>5.74</b>	5.84
<b>ACRE</b>	4.91	5.02	4.99	5.19	5.11	5.15	<b>5.44</b>	5.74	5.53	<b>5.62</b>	5.70
<b>AMAZONAS</b>	5.40	5.53	5.58	5.59	5.68	5.99	<b>6.02</b>	6.06	5.55	<b>5.79</b>	6.03
<b>RORAIMA</b>	6.23	6.66	6.62	6.39	6.23	6.76	<b>6.34</b>	5.91	6.58	<b>6.12</b>	5.67
<b>PARÁ</b>	5.32	5.44	5.51	5.53	5.68	5.69	<b>5.43</b>	5.17	5.16	<b>5.24</b>	5.32
<b>AMAPÁ</b>	5.80	6.64	6.51	6.47	6.67	6.34	<b>5.95</b>	5.56	5.43	<b>5.64</b>	5.84
<b>TOCANTINS</b>								3.59	3.74	<b>3.94</b>	4.13
<b>MARANHÃO</b>	2.67	2.75	2.78	3.04	3.03	3.21	<b>3.21</b>	3.20	3.40	<b>3.48</b>	3.56
<b>PIAUÍ</b>	2.65	2.37	2.71	2.94	2.96	3.08	<b>3.23</b>	3.39	3.37	<b>3.53</b>	3.69
<b>CEARÁ</b>	2.82	3.10	3.13	3.21	3.26	3.29	<b>3.46</b>	3.63	3.69	<b>3.79</b>	3.89
<b>RIO GRANDE DO NORTE</b>	3.70	3.84	3.71	4.00	4.04	4.12	<b>4.19</b>	4.26	4.31	<b>4.42</b>	4.52
<b>PARAÍBA</b>	3.47	3.43	3.62	3.67	3.86	3.83	<b>3.86</b>	3.89	4.33	<b>4.23</b>	4.14
<b>PERNAMBUCO</b>	3.72	3.84	3.84	4.04	4.07	4.21	<b>4.28</b>	4.34	4.35	<b>4.40</b>	4.45
<b>ALAGOAS</b>		2.75	3.04	3.11	3.22	3.25	<b>3.56</b>	3.87	4.04	<b>4.02</b>	4.00
<b>SERGIPE</b>	3.24	3.11	3.41	3.44	3.58	3.65	<b>3.97</b>	4.28	4.23	<b>4.29</b>	4.36
<b>BAIHA</b>	3.27	3.41	3.55	3.58	3.75	3.67	<b>3.61</b>	3.54	3.78	<b>3.84</b>	3.89
<b>MINAS GERAIS</b>	4.48	4.63	4.62	4.71	4.87	4.95	<b>4.90</b>	4.85	5.00	<b>5.09</b>	5.18
<b>ESPÍRITO SANTO</b>	4.77	4.91	4.91	4.83	4.99	5.17	<b>5.06</b>	4.95	5.34	<b>5.36</b>	5.38
<b>RIO DE JANEIRO</b>	6.19	6.24	6.30	6.45	6.45	6.46	<b>6.43</b>	6.41	6.51	<b>6.61</b>	6.71
<b>SÃO PAULO</b>	5.56	5.66	5.76	5.93	5.88	6.05	<b>6.05</b>	6.04	6.16	<b>6.28</b>	6.40
<b>PARANÁ</b>	4.51	4.60	4.79	4.82	4.94	5.11	<b>5.16</b>	5.21	5.30	<b>5.42</b>	5.55
<b>SANTA CATARINA</b>	5.07	5.20	5.33	5.18	5.47	5.41	<b>5.44</b>	5.47	5.61	<b>5.75</b>	5.88
<b>RIO GRANDE DO SUL</b>	5.35	5.42	5.49	5.53	5.60	5.76	<b>5.81</b>	5.86	5.97	<b>6.03</b>	6.08
<b>MATO GROSSO</b>	4.28	4.12	4.30	4.47	4.64	4.68	<b>4.79</b>	4.90	4.99	<b>5.13</b>	5.27
<b>MATO GROSSO DO SUL</b>	4.54	4.68	4.92	4.88	4.87	5.06	<b>5.12</b>	5.18	5.25	<b>5.29</b>	5.33
<b>GOIÁS</b>	4.36	4.46	4.64	4.77	4.85	4.80	<b>4.91</b>	5.03	5.12	<b>5.14</b>	5.15
<b>DISTRITO FEDERAL</b>	6.94	7.01	7.25	7.36	7.50	7.49	<b>7.33</b>	7.18	7.37	<b>7.42</b>	7.47

**Tabela 5 - PIB per capita (em 1.000/hab)**

UF	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
RONDÔNIA	15.11	14.13	13.14	13.24	13.75	12.68	12.46	10.44	9.50	9.73	10.38
ACE	11.14	8.00	8.77	9.04	10.23	8.50	7.88	6.38	7.51	7.66	7.94
AMAZONAS	15.21	15.67	13.99	14.33	14.28	12.75	10.75	8.95	9.28	9.60	9.96
RORAIMA	15.69	10.71	13.62	12.97	13.54	9.78	7.70	6.63	6.24	5.89	6.28
PARA	11.76	12.19	11.87	11.87	11.55	10.92	10.79	9.94	9.60	10.01	10.54
MAPA	16.19	13.35	18.67	17.95	18.24	15.98	10.96	7.44	7.08	6.94	7.11
TOCANTINS								4.46	4.11	4.45	4.72
MARANHÃO	2.78	3.04	2.91	3.02	2.79	2.68	2.36	2.28	2.33	2.47	2.52
PIAUÍ	2.58	2.95	2.80	2.70	2.73	2.47	2.55	2.49	2.39	2.64	2.74
CEARA	3.58	3.92	3.85	3.68	3.76	3.61	3.70	3.71	3.61	3.70	3.74
RIO GRANDE DO NORTE	5.37	6.07	5.80	5.60	4.95	4.74	4.31	3.73	3.90	4.18	4.23
PARAÍBA	3.02	3.20	3.20	2.96	2.94	2.94	2.89	2.78	2.51	2.78	2.92
PERNAMBUCO	4.59	4.82	4.90	4.70	5.09	4.48	4.44	4.04	4.00	4.20	4.47
ALAGOAS		4.35	4.36	4.03	4.27	4.03	3.78	3.40	3.47	3.67	3.70
SERGIPE	6.84	7.72	6.90	6.73	6.57	6.18	5.38	5.25	4.94	5.08	5.93
BAHIA	6.19	6.69	6.34	5.86	6.00	5.70	5.37	5.21	5.20	5.38	5.42
MINAS GERAIS	7.88	8.24	8.19	8.00	8.32	7.68	7.63	7.42	7.58	7.98	8.28
ESPIRITO SANTO	8.30	8.54	8.17	7.98	8.18	7.73	7.29	6.78	6.76	7.08	7.38
RIO DE JANEIRO	10.64	11.14	10.76	10.44	10.65	9.83	10.36	10.65	10.51	10.70	11.08
SÃO PAULO	13.71	13.97	13.91	13.66	13.51	12.50	12.62	12.43	12.80	13.24	13.49
PARANÁ	8.45	8.80	9.29	9.09	8.92	8.72	8.81	8.48	9.42	9.72	9.94
SANTA CATARINA	8.58	9.31	9.24	9.17	9.29	8.72	8.18	8.05	8.35	8.58	8.91
RIO GRANDE DO SUL	10.07	10.67	10.27	10.12	10.58	9.65	8.91	9.17	10.07	10.40	10.39
MATO GROSSO	9.67	10.70	10.09	11.03	11.48	10.31	10.31	9.69	8.70	9.07	8.34
MATO GROSSO DO SUL	11.89	11.84	12.96	13.06	12.63	12.38	12.05	11.98	13.47	13.53	13.01
GOIÁS	7.23	7.06	7.12	7.15	7.07	8.36	8.19	7.69	8.16	8.45	8.44
DISTRITO FEDERAL	18.26	17.89	16.91	16.53	16.68	16.29	17.98	19.44	20.17	19.65	19.07