



F U N D A Ç Ã O  
GETULIO VARGAS

**EPGE**

Escola de Pós-Graduação  
em Economia

Ensaio Econômico

Escola de

Pós-Graduação

em Economia

da Fundação

Getúlio Vargas

Nº 483

ISSN 0104-8910

## Evolução da Produtividade Total dos Fatores na Economia Brasileira: Uma Análise Com- parativa

Victor Gomes, Samuel de Abreu Pessoa, Fernando A. Veloso

Junho de 2003

URL: <http://hdl.handle.net/10438/916>

Os artigos publicados são de inteira responsabilidade de seus autores. As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista da Fundação Getúlio Vargas.

#### ESCOLA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

Diretor Geral: Renato Fragelli Cardoso

Diretor de Ensino: Luis Henrique Bertolino Braidó

Diretor de Pesquisa: João Victor Issler

Diretor de Publicações Científicas: Ricardo de Oliveira Cavalcanti

Gomes, Victor

Evolução da Produtividade Total dos Fatores na  
Economia Brasileira: Uma Análise Comparativa/ Victor Gomes,  
Samuel de Abreu Pessoa, Fernando A. Veloso - Rio de Janeiro :  
FGV,EPGE, 2010

(Ensaio Econômico; 483)

Inclui bibliografia.

CDD-330

Nº 483

ISSN 0104-8910

***Evolução da produtividade total dos fatores na economia  
brasileira: Uma análise comparativa***

***Victor Gomes***

***Samuel de Abreu Pessoa***

***Fernando A . Veloso***

*Junho de 2003*

# **Evolução da Produtividade Total dos Fatores na Economia Brasileira: Uma Análise Comparativa**

Victor Gomes  
Universidade Católica  
de Brasília

Samuel de Abreu Pessôa  
EPGE-FGV

Fernando A. Veloso  
Ibmec

Junho de 2003

## **Resumo**

O objetivo deste artigo é analisar a evolução da produtividade total dos fatores (PTF) para a economia brasileira de 1950 a 2000. Os resultados indicam que a economia brasileira encontrava-se aproximadamente em uma trajetória de crescimento balanceado entre 1950 e 1966, com pequena elevação da produtividade total dos fatores relativa à fronteira tecnológica e estabilidade da relação capital-produto. Entre 1967 e 1976 houve aumento expressivo da PTF em relação à fronteira e pequena elevação da relação capital-produto. Entre 1977 e 1991 houve queda significativa da PTF em relação à fronteira e forte aprofundamento de capital. Para o período de 1992 a 2000 há evidência de trajetória de crescimento balanceado, com crescimento da PTF à taxa determinada pela fronteira e estabilidade da relação capital-produto. Em comparação com outros países, a evidência mostra que o crescimento da PTF em excesso à evolução da fronteira tecnológica observado no Brasil entre 1967 e 1976 não se verificou em outros países. Embora a queda da PTF (descontada da evolução da fronteira tecnológica) entre 1977 e 1991 tenha se verificado também em outros países, a intensidade e duração da queda só encontram paralelo em países da América Latina.

# 1 Introdução

O objetivo deste artigo é analisar a evolução da produtividade total dos fatores (PTF) para a economia brasileira de 1950 a 2000. O trabalho tem duas contribuições principais. Primeiro, fazemos uma análise comparativa com uma amostra de países desenvolvidos e em desenvolvimento, utilizando dados da Penn-World Table (versão 6.1), e da base de dados Barro-Lee, descrita em Barro e Lee (2000). Apesar do foco da análise ser a economia brasileira, o confronto do observado para o Brasil com o ocorrido em outros países permite que se identifique até que ponto a evolução da produtividade total dos fatores no Brasil reflete características específicas da economia brasileira, como políticas econômicas e as instituições que moldam a estrutura de incentivos da economia, ou fatores comuns a outras economias.

Em segundo lugar, utilizamos um cálculo do nível da PTF (descontada da evolução da fronteira tecnológica), a qual chamaremos de produtividade total dos fatores descontada (PTFD). De posse da PTFD é possível proceder-se aos estudos de contabilidade (ou decomposição) do crescimento. Além da metodologia usual, utilizamos um método de decomposição do crescimento, que chamaremos de decomposição teórica do crescimento, que desconta da contribuição da acumulação de capital para o crescimento econômico a parcela que é induzida pelo progresso tecnológico.

O cálculo do nível da PTF recupera uma constante que se perde nas análises de decomposição de crescimento tradicionais, acrescentando uma importante informação à comparação entre as economias. Em particular, de posse desta informação é possível calcular-se a produtividade marginal do capital, bruta da depreciação física e de tributos, gerada pela função de produção agregada. Adicionalmente, nossa metodologia permite que se interpretem as variações da produtividade dos fatores em termos do arcabouço teórico do modelo de crescimento neoclássico. Em particular, os métodos de cálculo da PTF utilizados neste artigo permitem que se avalie até que ponto a trajetória de uma determinada economia reflete dinâmica de transição ou crescimento balanceado.

As principais conclusões deste estudo podem ser resumidas da seguinte forma. Entre 1950 e 1966, a trajetória da economia brasileira apresenta aproximadamente as características de uma trajetória de crescimento balanceado: produtividade crescendo à

taxa da evolução da fronteira tecnológica e relação capital-produto estável. Entre 1967 e 1976, há evidência de crescimento da PTF em excesso à evolução da fronteira tecnológica.

Entre 1977 e 1991, a PTF cresceu a uma taxa inferior à taxa de crescimento da fronteira tecnológica, apresentando taxas negativas durante a década de 80. Durante o período, verifica-se forte aprofundamento de capital, com elevação da relação capital-produto de 2,1 para 2,84. Entre 1992 e 2000, a trajetória da economia brasileira mais uma vez apresenta características de uma trajetória de crescimento balanceado. Em particular, a PTF volta a crescer à taxa de crescimento da fronteira tecnológica, e a relação capital-produto estabiliza-se em torno de 2,7.

Um resultado importante obtido a partir da decomposição teórica é que o progresso tecnológico foi o principal determinante do crescimento do produto por trabalhador da economia brasileira no período 1950-2000. Em particular, uma parcela expressiva da acumulação do capital ao longo do período foi induzida pelo crescimento da fronteira tecnológica. No entanto, este progresso técnico foi fruto da ligação de nossa economia com as demais economias de mercado. A componente específica da PTF, a PTFD, reduziu-se em 15 % no período.

Vale ressaltar que, tanto a decomposição teórica como a contabilidade do crescimento tradicional mostram que, para a década de noventa, grande parte do crescimento da produtividade total dos fatores encontrado em outros estudos foi fruto da elevação da escolaridade da população economicamente ativa. A PTFD em nosso estudo cai ligeiramente no período, sendo compensada pela elevação da escolaridade.

Um último resultado para o Brasil é que desde 1980 o produto marginal do capital ( $PMgK$ ) encontra-se no mesmo nível do  $PMgK$  para a economia americana, em torno de 15% ao ano. A estabilidade do retorno do capital constitui evidência adicional de dinâmica de crescimento balanceado. O fato do retorno do capital na economia brasileira ser aproximadamente igual ao retorno da economia americana, apesar da relação capital-trabalho ser muito mais elevada nesta última, é uma indicação de que não parece possível uma elevação acentuada da taxa de investimento no Brasil se não houver elevação acentuada da escolaridade e/ou da produtividade.

Em relação ao padrão de comportamento de outras economias, há evidência de desaceleração da produtividade a partir de meados dos anos setenta. Para muitos países - OECD e Leste Asiático - esta desaceleração se estabiliza na década de oitenta e início da década de noventa. Para os países da América Latina (AL), a queda da taxa de crescimento da PTF é mais elevada e persistente.

Com relação à Coreia, não há evidência de elevação da PTF a taxas superiores à taxa de evolução da fronteira tecnológica. O resultado é relevante, pois a Coreia praticou fortemente política industrial orientada pelo setor público.

A evidência mostra que o crescimento da PTF em excesso à evolução da fronteira tecnológica observado no Brasil entre 1967 e 1976 não se verificou em outros países. Embora a queda da PTF (descontada da evolução da fronteira tecnológica) entre 1977 e 1991 tenha se verificado também em outros países, a intensidade e duração da queda só encontram paralelo em países da América Latina. Esta evidência sugere que as variações da PTF nestes períodos possivelmente refletem características próprias da economia brasileira e de outras economias da América Latina, como a qualidade e a evolução da política econômica e das instituições locais.

O artigo está organizado da seguinte forma. Na seção 2, é apresentada a metodologia do trabalho. Em particular, são descritos os métodos de cálculo da produtividade total dos fatores. Na seção 3, são descritas as bases de dados Penn-World Table, versão 6.1 e Barro-Lee, que serão utilizadas no estudo. Também são discutidas bases de dados suplementares que serão empregadas especificamente para o cálculo da PTF no Brasil e nos Estados Unidos. Na seção 4, apresenta-se a calibração adotada para os parâmetros. Na seção 5, são apresentados os resultados para a economia brasileira. Também é feita uma comparação detalhada com outros estudos na literatura sobre produtividade total dos fatores no Brasil. Na seção 6, é feita uma análise comparativa com uma amostra de países desenvolvidos e em desenvolvimento. As principais conclusões do artigo são apresentadas na seção 7.

## 2 Metodologia

O modelo neoclássico de crescimento ou modelo de Solow supõe que existe uma fronteira tecnológica que evolui a uma taxa constante. O progresso tecnológico eleva a produtividade do trabalhador e faz com que a rentabilidade do capital cresça, ensejando um processo de acumulação de capital. No equilíbrio de longo prazo de crescimento balanceado, a produtividade do trabalhador (e, conseqüentemente, o salário real) e o capital por trabalhador crescem à taxa de progresso tecnológico. Neste equilíbrio em que capital e produto do trabalhador crescem à mesma taxa, a relação capital-produto e a produtividade marginal do capital mantém-se constante (e, conseqüentemente, a taxa de juros). Estas características parecem a grosso modo descrever a trajetória da economia americana no século vinte (ver Barro e Sala-i-Martin (1995)). Desta forma, nosso exercício terá os seguintes pontos de partida:

- 1) A evolução da fronteira tecnológica é dada pela taxa de crescimento de longo prazo do produto por trabalhador da economia americana;
- 2) Esta taxa de crescimento representa *ceteris paribus* a evolução da produtividade que os trabalhadores das diversas economias experimentam;
- 3) As possibilidades de produção das economias podem ser representadas por meio de uma função de produção agregada, homogênea do primeiro grau nos fatores capital e trabalho;
- 4) Os parâmetros da função de produção e a taxa de depreciação física do capital são iguais para todas as economias, com exceção de um termo multiplicativo na função de produção que é específico ao país em questão, que corresponde à produtividade total dos fatores descontada da tendência determinada pelo grau de progresso tecnológico (PTFD);
- 5) O impacto da educação sobre a produtividade do trabalhador é bem descrito pelo impacto da educação sobre a remuneração do trabalhador no mercado de trabalho. Analogamente, o impacto do capital sobre o produto é bem descrito pela remuneração de mercado do capital.



As hipóteses (2) e (3) são hipóteses básicas do modelo neoclássico de crescimento.<sup>1</sup> A hipótese (1) segue da observação da trajetória de crescimento da economia americana. Note que (4) não implica na igualdade das diversas economias. A suposição é de que toda a distinção que há entre as economias - seja institucional, de recursos naturais, etc.- se manifesta em diferenças nos incentivos à acumulação dos fatores (seja capital ou educação) e em um termo multiplicativo associado à eficiência com que a economia em questão transforma capital e trabalho em produto. A hipótese (4) postula que a forma como as economias respondem às variações dos fatores, *ceteris paribus*, é a mesma.

Finalmente, (5) implica que o impacto da acumulação de fatores de produção - seja capital físico ou capital humano (educação) - sobre o produto é dado pelo impacto privado. Se houver alguma externalidade que faça com que o benefício social da acumulação destes fatores seja maior do que o benefício privado, esta discrepância se manifestará como elevação da PTFD. Além destas externalidades, a variação da PTFD captura o impacto de atividades improdutivas (corrupção, crime, etc.) e mudanças organizacionais ao nível da firma e específica à economia, que afeta a eficiência produtiva. Adicionalmente, a PTFD depende da dotação de recursos naturais da economia.

## 2.1 Função de Produção

Supomos que a produção agregada possa ser representada pela seguinte função de produção:

$$y_{it} = A_{it} f(k_{it}, H_{it} I_t), \quad (1)$$

em que  $y_{it}$  é o produto por trabalhador da  $i$ -ésima economia no instante  $t$ ,  $A_{it}$  é a produtividade total dos fatores descontada da evolução tecnológica (PTFD),  $k_{it}$  é o capital por trabalhador,  $H_{it}$  é o capital humano (educação) por trabalhador e  $I_t \equiv (1+g)^t$  representa o impacto da evolução da fronteira tecnológica sobre a produtividade do trabalhador.

---

<sup>1</sup> Ver, por exemplo, Solow (1956) e Barro e Sala-i-Martin (1995).

Supomos que  $f(\cdot)$  tem as propriedades de uma função de produção neoclássica, ou seja, apresenta homogeneidade de primeiro grau, produtividade marginal positiva e decrescente nos insumos.

Neste artigo, adotaremos uma forma funcional específica para a função de produção, dada pela especificação Cobb-Douglas (CD)

$$y_{it} = A_{it} k_{it}^a (H_{it} I_t)^{1-a}, \quad (2)$$

em que  $a$  é a elasticidade do produto em relação ao capital, a qual é igual à participação do capital na renda em equilíbrio competitivo. Uma justificativa importante para a escolha desta forma funcional foi fornecida recentemente por Gollin (2002), que mostrou que a participação do capital na renda não varia muito entre países, independentemente do seu grau de desenvolvimento.

Com base em (2), a produtividade total dos fatores (PTF) divide-se em duas parcelas: produtividade total dos fatores descontada (PTFD),  $A_{it}$ , que é específica para cada país, e evolução da fronteira tecnológica,  $I_t^{1-a}$ , sendo esta última comum a todas as economias.

Segue-se imediatamente de (1) que o produto marginal do capital ( $PMgK$ ) bruto da depreciação e de impostos é dado por:

$$PMgK_{it} = a k_{it}^{a-1} (H_{it} I_t)^{1-a}.$$

Note que o inverso do  $PMgK$  é a relação incremental capital-produto.

## 2.2 Educação

Supomos que a educação afeta a produtividade do trabalho de acordo com a abordagem minceriana, conforme incorporada à literatura de crescimento econômico por Bils e Klenow (2000):

$$H_{it} = e^{f(h_{it})}, \quad (3)$$

em que  $h_{it}$  denota os anos médios de escolaridade da população economicamente ativa (PEA). Tomando por base uma relação decrescente entre escolaridade média e taxa de retorno da escolaridade observada em uma *cross-section* de países em diversos estágios de desenvolvimento, a evidência empírica indica que a função  $f(\cdot)$  é côncava (ver

Psacharopoulos (1994)). Em particular, adotaremos a formulação sugerida por Bils e Klenow (2000):

$$f(h) = \frac{q}{1-y} h^{1-y}, \quad (4)$$

em que  $q > 0$  e  $0 < y < 1$ .

### 2.3 Construção do Estoque de Capital

O outro ingrediente da função de produção (1) é o estoque de capital por trabalhador. O estoque de capital será calculado utilizando-se o método do inventário perpétuo, descrito pela seguinte equação:

$$K_{t+1} = (1-d) K_t + I_t, \quad (5)$$

em que  $d$  é a taxa de depreciação física do capital,  $I_t$  é o investimento bruto em  $t$  e  $K_t$  é o estoque de capital agregado em  $t$ .

No entanto, este método requer um valor inicial para o estoque de capital,  $K_0$ . Para alguns casos, como Brasil e EUA, é possível obter-se esta informação com dados de Contas Nacionais quando existem séries mais longas do estoque de capital. Quando esta informação não está disponível, é necessário um procedimento alternativo. Em geral, supõe-se que economia encontrava-se em crescimento balanceado no início do período, de modo que o investimento crescia à soma da taxa dada pelo progresso técnico,  $g$ , com a taxa de crescimento populacional,  $n$ . Neste caso, pode ser mostrado que (ver Apêndice)

$$K_0 = \frac{I_0}{g + n + ng + d}, \quad (6)$$

em que  $I_0$  é o investimento bruto inicial. Usualmente, considera-se  $I_0$  como a média do investimento nos primeiros anos. Em particular, calculamos  $I_0$  de acordo com a seguinte expressão

$$\frac{I_0}{L_0} = \left[ \frac{I_{1950}}{L_{1950}} + \frac{I_{1951}}{(1+g)L_{1951}} + \frac{I_{1952}}{(1+g)^2 L_{1952}} + \dots + \frac{I_{1954}}{(1+g)^4 L_{1954}} \right] \frac{1}{5}, \quad (7)$$

em que  $L_t$  é a população economicamente ativa.<sup>2</sup>

## 2.4. Cálculo da Produtividade Total dos Fatores

Como discutido na introdução, uma das contribuições deste artigo é descrever a dinâmica da produtividade total dos fatores descontada da evolução da fronteira tecnológica (PTFD). A motivação para focarmos na PTFD e não na PTF (que incorpora variações da produtividade total dos fatores decorrentes do progresso tecnológico), como é tradicional, é que o modelo neoclássico de crescimento supõe que todos os países têm acesso à fronteira tecnológica e, deste modo, diferenças na produtividade total dos fatores refletem diferenças no nível da PTF que independe do progresso tecnológico.<sup>3</sup>

### 2.4.1 Cálculo do Nível da PTFD

Nesta abordagem,<sup>4</sup> a PTFD para cada economia e cada ano, dada por  $A_{it}$ , é calculada a partir de (2):

$$A_{it} = \frac{y_{it}}{k_{it}^a (H_{it} L_t)^{1-a}}. \quad (8)$$

### 2.4.2 Decomposições de Crescimento

De posse da PTFD, é possível proceder-se ao cálculo da decomposição de crescimento. Isto é, podemos determinar para cada intervalo de tempo (quer seja anual, bienal, quinquenal, ou de qualquer outra periodicidade), qual é a contribuição quantitativa de cada um dos quatro componentes, a serem apresentados em seguida, para a evolução do produto por trabalhador.

Neste artigo, consideraremos duas decomposições de crescimento. A primeira, que chamaremos de Decomposição Logarítmica do Crescimento, é comumente

---

<sup>2</sup> Para algumas economias, este procedimento superestima o estoque inicial de capital. Isto ocorre porque, para alguns países, como as economias da Europa Continental e o Japão, os primeiros anos da década de 50 foram caracterizados por um nível de investimento anormalmente elevado em função da reconstrução associada ao pós-guerra. Esta superestimação do estoque inicial de capital faz com que a PTF no início da década de 50 seja subestimada, e seu aumento nos anos seguintes seja magnificado. No entanto, para o valor da taxa de depreciação usado neste artigo, após 20 anos os cálculos da PTF não são sensíveis ao valor do estoque inicial de capital.

<sup>3</sup> Ver Parente e Prescott (1994) e Parente e Prescott (2000) para uma explicação detalhada desta interpretação.

encontrada na literatura. Esta decomposição será empregada somente para o Brasil, para efeito de comparação com outros estudos da produtividade total dos fatores para a economia brasileira. A segunda decomposição, que chamaremos de Decomposição Logarítmica Teórica do Crescimento, difere da primeira por descontar da contribuição do capital aquela parcela que é induzida pelo progresso tecnológico e elevação da escolaridade. Klenow e Rodriguez-Clare (1997) e Hall e Jones (1999) empregaram esta decomposição em seus estudos de decomposição de desenvolvimento, isto é, efetuaram uma decomposição de ‘crescimento’ para diversos países em um único ponto do tempo.

#### 2.4.2.1 Decomposição Logarítmica do Crescimento

De (2), podemos calcular a variação logarítmica da PTFD entre dois instantes  $t$  e  $t + N$  como

$$\ln \frac{y_{i,t+N}}{y_{it}} = \ln \frac{A_{i,t+N}}{A_{it}} + (1-a) \ln \frac{I_{t+N}}{I_t} + a \ln \frac{k_{i,t+N}}{k_{it}} + (1-a) \ln \frac{e^{f(h_{i,t+N})}}{e^{f(h_{it})}}. \quad (9)$$

A importância relativa para o crescimento do produto por trabalhador de variações na PTFD, fronteira tecnológica, acumulação de capital físico por trabalhador e variação da escolaridade média da força de trabalho é dada, respectivamente, por

$$\frac{\ln \frac{A_{i,t+N}}{A_{it}}}{\ln \frac{y_{i,t+N}}{y_{it}}}, \frac{(1-a) \ln \frac{I_{t+N}}{I_t}}{\ln \frac{y_{i,t+N}}{y_{it}}}, \frac{a \ln \frac{k_{i,t+N}}{k_{it}}}{\ln \frac{y_{i,t+N}}{y_{it}}}, \frac{(1-a) \ln \frac{e^{f(h_{i,t+N})}}{e^{f(h_{it})}}}{\ln \frac{y_{i,t+N}}{y_{it}}}. \quad (10)$$

A decomposição descrita por (10) corresponde à contabilidade tradicional do crescimento.<sup>5</sup> A única diferença é que (10) separa a taxa de crescimento da produtividade total dos fatores em dois componentes: fatores específicos ao país e progresso tecnológico (procedimento similar ao adotado por Parente e Prescott (2000)). Para obtermos a taxa de crescimento da PTF, portanto, basta somarmos o crescimento da PTFD e o termo que captura o progresso tecnológico. Ao invés de (10), uma outra possibilidade é dada pela decomposição log-linear de crescimento. O Apêndice A.2 expõe esta metodologia.

---

<sup>4</sup> Ver Hall e Jones (1999) para uma descrição desta abordagem.

### 2.4.2.2 Decomposição Logarítmica Teórica do Crescimento

Para entendermos o cálculo da decomposição teórica do crescimento, podemos reescrever (2) como

$$y_{it}^{1-a} = A_{it} \left( \frac{k_{it}}{y_{it}} \right)^a (H_{it} I_t)^{1-a},$$

ou, simplificando,

$$y_{it} = A_{it}^{\frac{1}{1-a}} k_{it}^{\frac{a}{1-a}} H_{it} I_t, \quad (11)$$

em que  $k_{it}$  é a relação capital-produto da economia  $i$  no instante  $t$ . De (11), podemos fazer a seguinte decomposição logarítmica do crescimento:

$$\ln \frac{y_{i,t+N}}{y_{it}} = \frac{1}{1-a} \ln \frac{A_{i,t+N}}{A_{it}} + \ln \frac{I_{t+N}}{I_t} + \frac{a}{1-a} \ln \frac{k_{i,t+N}}{k_{it}} + \ln \frac{e^{f(h_{i,t+N})}}{e^{f(h_{it})}}. \quad (12)$$

Neste artigo, chamaremos (12) de decomposição teórica. A idéia por trás deste procedimento é que, como em crescimento balanceado a razão capital-produto é constante, a acumulação de capital induzida pelo progresso tecnológico será atribuída corretamente ao aumento da produtividade total dos fatores, o que não ocorre na contabilidade tradicional do crescimento.<sup>6</sup>

A importância relativa para o crescimento do produto por trabalhador de variações na PTFD, fronteira tecnológica, aprofundamento de capital (ou elevação do grau de capitalização da economia) e variação da escolaridade média da força de trabalho é dada, respectivamente, por

$$\frac{\frac{1}{1-a} \ln \frac{A_{i,t+N}}{A_{it}}}{\ln \frac{y_{i,t+N}}{y_{it}}}, \frac{\ln \frac{I_{t+N}}{I_t}}{\ln \frac{y_{i,t+N}}{y_{it}}}, \frac{\frac{a}{1-a} \ln \frac{k_{i,t+N}}{k_{it}}}{\ln \frac{y_{i,t+N}}{y_{it}}}, \frac{\ln \frac{e^{f(h_{i,t+N})}}{e^{f(h_{it})}}}{\ln \frac{y_{i,t+N}}{y_{it}}}. \quad (13)$$

A vantagem da decomposição teórica descrita por (13) em relação à contabilidade tradicional do crescimento expressa em (10) é que a primeira, além de calcular corretamente a importância relativa da produtividade total dos fatores, também permite que se avalie até que ponto a trajetória de uma determinada economia reflete uma

---

<sup>5</sup> Ver Barro (1998) para uma descrição da contabilidade tradicional do crescimento.

<sup>6</sup> Ver Romer (2001) para uma discussão da decomposição teórica do crescimento.

dinâmica de transição ou uma trajetória de crescimento balanceado. Em particular, o modelo neoclássico prevê que a importância relativa da fronteira, expressa pelo termo

$$\frac{\ln \frac{I_{t+N}}{I_t}}{\ln \frac{y_{i,t+N}}{y_{it}}},$$

deve ser de 100% em crescimento balanceado. Dito de outra forma, a importância relativa do capital, expressa pelo termo

$$\frac{\frac{a}{1-a} \ln \frac{k_{i,t+N}}{k_{it}}}{\ln \frac{y_{i,t+N}}{y_{it}}},$$

deve ser nula. Dependendo do valor da importância relativa da fronteira tecnológica ou da relação capital-produto, podemos avaliar até que ponto a trajetória de uma economia captura uma dinâmica de transição ou de crescimento balanceado.

### 3 Base de Dados

#### 3.1 Dados Internacionais

Investigaremos a evolução da PTFD para um conjunto selecionado de países. O objetivo é que o confronto da experiência destas outras economias com a economia brasileira contribua para a compreensão do comportamento da PTFD no Brasil. O critério básico de escolha dos países foi a disponibilidade de dados durante o período analisado. Os 30 países selecionados foram divididos nos seguintes grupos: América Latina, Europa Continental, Países de Língua Inglesa, Países Ibéricos e Leste Asiático.<sup>7</sup> A amostra de países é descrita no Apêndice.

Duas bases de dados foram utilizadas. Para os dados de produto por trabalhador, PEA e investimento utilizamos a atualização 6.1 da Penn-World Table (PWT). A PWT é uma base de dados que contém informações sobre 23 variáveis para 168 países. Para um

---

<sup>7</sup> A motivação desta divisão é que as economias dentro de cada grupo tendem a apresentar uma maior homogeneidade de processos históricos e matriz cultural, o que sugere uma maior similaridade no comportamento da PTFD. Ver, por exemplo, La Porta *et al.* (1997) e Djankov *et al.* (2003).

subconjunto destes países é possível encontrar informações para o período de 1950 a 2000. A maior vantagem da PWT é que os dados de produto, investimento e demais estatísticas das Contas Nacionais são calculados segundo o conceito de paridade de poder de compra (preços internacionais), que corrige os efeitos de diferenças sistemáticas de custo de vida entre as economias.<sup>8</sup>

Existem duas variáveis disponíveis na PWT que medem o investimento bruto: investimento a preços internacionais constantes e investimento a preços internacionais correntes. A primeira variável corrige variações do preço relativo do investimento ao longo do tempo.

Os dados de anos médios de escolaridade da PEA foram obtidos em Barro e Lee (2000). Nesta base de dados podem ser obtidos dados de anos médios de escolaridade da PEA a cada cinco anos para uma grande amostra de países entre 1960 e 1999. Para o período entre 1950 e 1959, extrapolamos para trás a taxa de crescimento de 1960 a 1965. Para os anos do período entre 1960 e 1999 em que não havia observações disponíveis fez-se uma interpolação dos dados existentes. Para os Estados Unidos, utilizamos a série de educação média da PEA (anos de escolaridade) do Bureau of Census, para o período 1950 até 2000.<sup>9</sup>

A variável de produto por trabalhador da PWT utiliza dados da PEA de cada país como medida do número de trabalhadores. Uma medida mais adequada do número de trabalhadores seria a força de trabalho ocupada, mas estes dados não estão disponíveis para a amostra de países da PWT durante o período considerado. Como estes dados estão disponíveis para o Brasil, optamos por usar a força de trabalho ocupada como medida do número de trabalhadores no caso brasileiro. A seguir, descrevemos o procedimento utilizado para construir a série de emprego para o Brasil.

### **3.2 Dados de Emprego para o Brasil**

Para construir a série de emprego, primeiro construímos a série de população economicamente ativa (PEA)<sup>10</sup> para o período 1950-1970, utilizando informações

---

<sup>8</sup> Para maiores detalhes, ver Summers e Heston (1991) e Heston, Summers e Aten (2002).

<sup>9</sup> Os dados brutos encontram-se no *Bureau of Census* ([www.census.gov/population](http://www.census.gov/population)). Eles foram trabalhados de acordo com a metodologia apresentada em Jones (2002).

<sup>10</sup> Para detalhes sobre o conceito da PEA, ver IBGE, Estatísticas Históricas do Brasil, 1998.



contidas nos Censos Demográficos do Brasil de 1950, 1960 e 1970. Para o período intermediário entre os anos cobertos pelo Censo, fizemos uma interpolação polinomial linear. Para o período 1970-1998, utilizamos os Censos Demográficos de 1970, 1980, 1991 e 2000, bem como a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD, IBGE) para os seguintes intervalos de anos: 1971-1973, 1976-1990, 1992-1993 e 1995-1999. Combinando-se as informações das duas fontes, não foi possível obter dados para os seguintes anos: 1974, 1975 e 1994. Para completar a série, fizemos uma interpolação linear.

Após a construção da série de PEA, construímos uma série de emprego como proporção da primeira. Para a série de emprego, utilizamos os Censos Demográficos de 1950, 1960, 1970 e 1980 e as informações produzidas pelo Sistema de Contas Nacionais (SCN) do IBGE. A série de emprego foi construída para os anos 1950, 1960, 1970, 1980 e 1990 como proporção da PEA, e interpolada linearmente para os anos intermediários. Para o período 1990-1998, utilizamos as informações de emprego do Sistema de Contas Nacionais do IBGE. Para o período 1999-2000 assumimos uma relação população ocupada/PEA igual à de 1998 para chegar a série utilizada em nosso estudo.<sup>11</sup>

## **4 Calibração**

### **4.1 Depreciação**

Para calcular a taxa de depreciação, é necessário dispor de dados detalhados sobre o estoque de capital. Neste artigo, utilizaremos a taxa de depreciação obtida a partir de dados da economia americana, em função da qualidade dos dados disponíveis sobre o estoque de capital. As Contas Nacionais dos EUA (NIPA) calculam o estoque de capital avaliado a preços de mercado a partir do apreamento dos investimentos passados para cada um dos tipos de unidade de capital com grande desagregação. De posse de uma curva de preços para o mercado secundário de cada tipo de bem de capital, é possível

---

<sup>11</sup> Não há informações disponíveis sobre emprego no SCN para o período 1999-2000, pois não foram disponibilizadas pelo IBGE. Além disso, cabe ressaltar que não calculamos diretamente a série de emprego dos Censos (usando interpolação) pois não teríamos informações para os anos intermediários entre 1970, 1980 e 1990. Usando a série de PEA temos informações para estes períodos. Portanto, o nosso procedimento nos fornece uma série mais completa.

avaliar para o ano corrente o estoque de capital em unidades monetárias do investimento em um tipo de capital efetuado em um ano anterior.<sup>12</sup> O estoque total de capital a preços de mercado é a agregação entre os anos e os tipos.

Utilizando-se o valor do estoque de capital a preços de mercado, do investimento a preços de mercado e do deflator implícito do produto para a economia americana,<sup>13</sup> pode-se calcular a taxa de depreciação a partir da equação (5):

$$d = 1 - \frac{K_{t+1} - I_t}{K_t}.$$

Com base neste cálculo, obtemos o valor de 3,5% ao ano (média para o período 1950-2001).<sup>14</sup>

## 4.2 Progresso Técnico e Crescimento Populacional

Para obter o valor da taxa de progresso tecnológico, ajustamos uma tendência exponencial à série do produto por trabalhador dos Estados Unidos entre 1950 e 1972, corrigindo pelo aumento da escolaridade média de força de trabalho.<sup>15</sup> Usando este procedimento, obtemos  $g = 1,53\%$  ao ano. Escolhemos o subperíodo 50-72 pois há consenso de que após o choque do petróleo a economia americana passou por uma desaceleração da taxa de crescimento da PTF, o que implica em uma redução da PTFD.<sup>16</sup> Como veremos adiante, esta redução não ocorreu para todas as economias. Assim, este subperíodo satisfaz melhor às hipóteses de crescimento balanceado.

Para o cálculo do estoque inicial de capital de cada economia, segundo a equação (6), precisamos do valor da taxa de crescimento populacional. Como *proxy* de  $n$ ,

---

<sup>12</sup> O procedimento das Contas Nacionais Americanas é estimar para cada tipo de capital a melhor taxa de depreciação exponencial que ajusta a curva empírica do mercado secundário para o bem em questão. Para alguns casos, computadores por exemplo, o decaimento exponencial não oferece o melhor ajuste, empregando-se outra forma funcional. Sobre a metodologia do cálculo do estoque de capital das Contas Nacionais dos EUA, ver Fraumeni (1997). Os dados do estoque de capital a preços de mercado estão disponíveis em <http://www.bea.doc.gov/bea/dn/faweb/>.

<sup>13</sup> Estas informações podem ser obtidas em <http://www.bea.doc.gov/bea/dn1.htm>.

<sup>14</sup> O Apêndice apresenta uma discussão sobre os valores da taxa de depreciação utilizados na literatura.

<sup>15</sup> A taxa de crescimento do produto por trabalhador nos EUA no período 1950-1972 foi de 2,2% ao ano. Uma parcela deste crescimento resultou da elevação da escolaridade média da força de trabalho ao longo do período. Como o modelo neoclássico assume que o nível de capital humano é constante em crescimento balanceado, precisamos descontar o aumento da escolaridade da taxa de crescimento do produto por trabalhador para tornar o modelo compatível com os dados. Fazendo este cálculo, obtemos  $g = 1,53\%$ .

<sup>16</sup> Esta mudança é conhecida na literatura como 'productivity slowdown.' Ver, por exemplo, Greenwood *et al.* (1997).

utilizamos a taxa anual média de crescimento populacional observada para cada economia entre 1950 e 2000.

### 4.3 Educação

Como discutimos na seção 2, a especificação funcional do impacto da educação na produtividade do trabalhador em (3) e (4) supõe que o impacto da educação sobre a eficiência do trabalho reproduz os ganhos associados à educação no mercado de trabalho. Para calibrar a função  $f(h)$ , utilizaremos os parâmetros sugeridos em Bils e Klenow (2000):  $q = 0,32$  e  $y = 0,58$ .

### 4.4 Função de Produção

Como a função de produção é Cobb-Douglas, a participação do capital na renda é constante e dada por  $\alpha$ . Como este artigo tem como foco a economia brasileira, optou-se por ajustar o parâmetro  $\alpha$  de modo que a participação do capital na renda reproduzisse a observada para o Brasil no final da década de 90.<sup>17</sup>

As Contas Nacionais do Brasil tendem a superestimar a participação do capital na renda. O motivo é que a metodologia das Contas Nacionais computa a renda dos trabalhadores conta-própria, sem carteira e empresários como sendo renda do capital. Como parte desta renda na verdade é decorrente do trabalho, é preciso fazer uma correção desta estatística. Neste artigo, usaremos o valor corrigido segundo a metodologia apresentada em Gomes *et al.* (2002), que obtém um valor da participação do capital na renda para a segunda metade da década de 90 de 0,40. Desta forma, supomos  $\alpha = 0,40$ .<sup>18</sup>

### 4.5 Estoque de Capital Inicial para o Brasil

Conforme descrito na subseção 2.3, para calcularmos a série do estoque de capital para cada país precisamos atribuir um valor ao estoque de capital inicial. Para todos os

---

<sup>17</sup> Esta escolha não tem impacto significativo nos resultados, já que a participação do capital na renda não varia muito entre países. Ver Gollin (2002).

<sup>18</sup> Ver também Gomes, Bugarin e Ellery (2002).

países, com exceção do Brasil, utilizaremos a equação (6) para calcular o estoque de capital inicial.

O estoque de capital para o Brasil em 1950 é observado. O IPEADATA disponibiliza a série de formação bruta de capital fixo para o Brasil de 1908 a 1970 a preços de 1980.<sup>19</sup> Esta série agrega máquinas e equipamentos, estruturas e capital residencial. Morandi e Reis (2003) atualizaram e estenderam até 2000 esta série de capital. Em particular, Morandi e Reis (2003) calcularam para cada tipo de bem de capital, a partir do método do inventário perpétuo, a série de capital (para cada tipo de capital foi utilizada uma taxa de depreciação diferente). O valor encontrado para a relação capital-produto em 1950 é de 1,94.<sup>20</sup> Com base neste valor para a relação capital-produto, obtemos o valor do estoque de capital da economia brasileira em 1950.

## 5 Resultados para o Brasil

A seguir, apresentamos o cálculo da produtividade total dos fatores descontada da tendência (PTFD) para o Brasil, e os cálculos das duas decomposição de crescimento: logarítmica e teórica. Na próxima seção, apresentaremos os resultados para os demais países da amostra.

Conforme exposto nas seções anteriores, calculamos a produtividade total dos fatores para o caso de função de produção Cobb-Douglas e para duas séries do estoque de capital, construídas com base em dados de investimento a preços internacionais constantes e correntes. Os valores da PTFD encontrados não são muito sensíveis a variações na variável de investimento,<sup>21</sup> de modo que reportamos os resultados referentes às séries do estoque de capital construídas com base em dados de investimento a preços constantes.

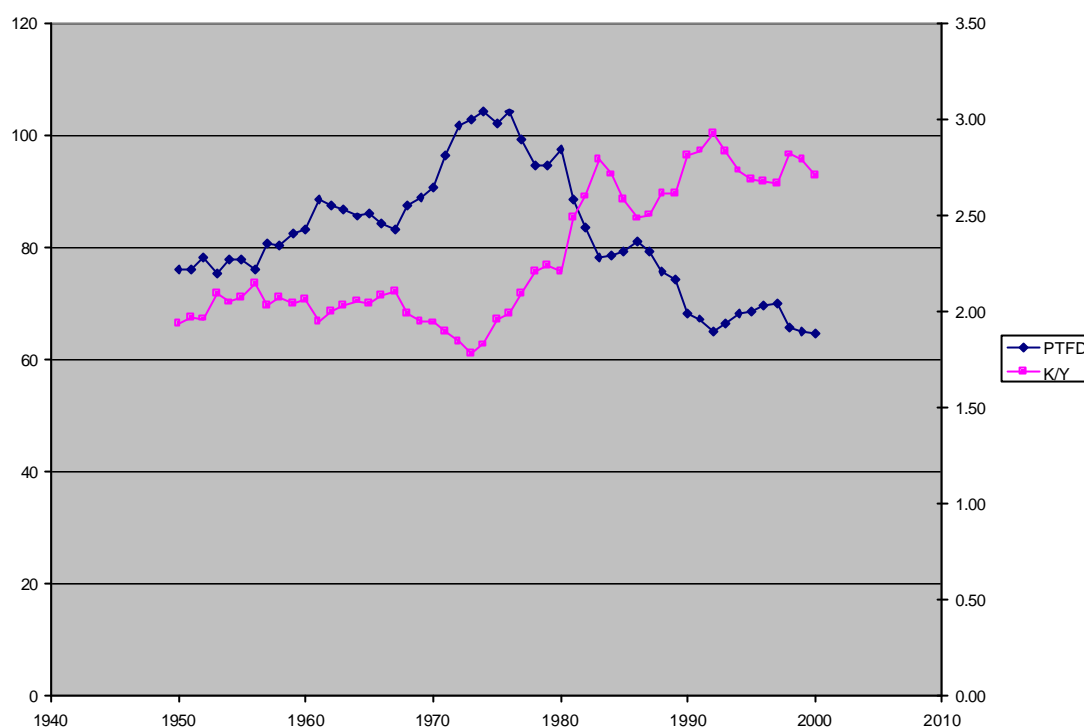
---

<sup>19</sup> Ver <http://www.ipeadata.gov.br>.

<sup>20</sup> Agradecemos a Lucilene Morandi por nos ceder sua base de dados com as séries do estoque de capital para a economia brasileira.

<sup>21</sup> Os resultados para as demais especificações encontram-se disponíveis com os autores mediante solicitação.

**Figura 1: Evolução da PTFD e de  $K/Y$  - Brasil (1950-2000)**



A função de produção Cobb-Douglas implica que a elasticidade de substituição entre capital e trabalho é unitária. Uma consequência deste fato é que, no longo prazo, a demanda de capital apresenta elasticidade unitária. No entanto, Pessôa, Pessôa e Rob (2003) fornecem evidência de que a elasticidade-preço da demanda de capital é menor do que um. Em particular, os autores estimam um valor de 0,7 para a elasticidade de substituição entre capital e trabalho. Diante desta evidência, utilizamos também em nossos cálculos da produtividade total dos fatores a função de produção com elasticidade de substituição constante (CES) e um valor de 0,7 para a elasticidade de substituição capital-trabalho. Os resultados não mudam de forma significativa, de modo que reportamos somente os resultados para a função de produção Cobb-Douglas.<sup>22</sup>

Os valores da PTFD foram normalizados de modo que a produtividade total dos fatores dos Estados Unidos em 1950 fosse 100. Dada a escolha da forma de cálculo da PTFD descrita acima e baseados na discussão da subseção 4.5, utilizamos o valor de 1,94 para a relação capital-produto no Brasil em 1950.

<sup>22</sup> Os resultados para a função de produção CES encontram-se disponíveis com os autores mediante solicitação.

A Figura 1 apresenta a evolução da PTFD para a economia brasileira entre 1950 e 2000. Também apresentamos a evolução da relação capital-produto. Este dado auxilia na separação de variações da PTFD que devem-se a oscilações de curto prazo do grau de utilização da capacidade instalada das variações da PTFD que não estão associadas a movimentos cíclicos da economia.

Entre 1950 e 1956 as duas séries, PTFD e  $K/Y$ , mantiveram-se estáveis em torno de, respectivamente, 76 e 2. Entre 1956 e 1961 a PTFD eleva-se e  $K/Y$  reduz-se, indicando um movimento cíclico de desaceleração da economia. Em 1967 a PTFD atinge o valor de 83. Como o nível de  $K/Y$  em 1967 (2,1) é próximo do valor observado entre 1950 e 1956, isto sugere que o aumento da PTFD ao longo do período não se deveu a razões cíclicas. Entre 1950 e 1966, a PTFD cresceu aproximadamente 9%, o que equivale a uma taxa anual de crescimento da produtividade total dos fatores de 0,5% acima da fronteira tecnológica. Em resumo, entre 1950 e 1966 a economia brasileira apresenta aproximadamente as características de uma trajetória de crescimento balanceado: produtividade crescendo aproximadamente à taxa de progresso tecnológico e relação capital-produto estável.

Entre 1967 e 1976 observa-se forte crescimento da PTFD com redução da relação capital-produto. No entanto, em 1977 a PTFD permanece elevada (99), apesar da relação capital-produto estar somente um pouco acima da de 1950 (2,09), o que indica que a elevação da PTFD não deveu-se a fatores cíclicos. Durante este período, o crescimento da PTFD foi de 18% (o que equivale a uma taxa anual de crescimento de 1,67%).

Entre 1977 e 1991 a PTFD apresenta acentuada redução, caindo de um patamar de 99 para 65. Neste mesmo período, a economia brasileira apresenta forte aprofundamento de capital. A relação capital-produto, cujo valor durante o período 1950-1976 manteve-se relativamente estável em torno de 2,1, eleva-se ao longo do período até atingir o valor de 2,84 em 1991. Ao longo deste período, a PTFD sofreu uma redução de 36% (2,1% ao ano).

Entre 1992 e 2000, a PTFD e a relação capital-produto mantiveram-se relativamente estáveis em torno de 65 e 2,7, respectivamente.

Em resumo, existe evidência de que a economia brasileira encontrava-se em uma trajetória de crescimento balanceado entre 1950 e 1966, com pequena elevação da

produtividade total dos fatores relativa à fronteira e estabilidade da relação capital-produto. Entre 1967 e 1976 houve aumento expressivo da PTFD e pequena elevação da relação capital-produto. Entre 1977 e 1991 houve queda significativa da PTFD e forte aprofundamento de capital. Para o período de 1992 a 2000 há evidência de trajetória de crescimento balanceado, com estabilidade da PTFD e da relação capital-produto.<sup>23</sup>

**Tabela 1: Evolução da Produtividade Total dos Fatores no Brasil - 1950-2000**

Período	PTFD	PTF
1950-59	0,89%	1,81%
1960-69	0,88%	1,80%
1970-79	0,74%	1,66%
1980-89	-3,50%	-2,62%
1990-2000	-0,54%	0,37%
1950-2000	-0,32%	0,59%

Diversos estudos analisaram o comportamento da produtividade total dos fatores no Brasil em diversos períodos, incluindo Bonelli e Fonseca (1998), Silva Filho (2001) e Pinheiro *et al.* (2001). Em geral, estes artigos encontram uma taxa de crescimento negativa para a produtividade total dos fatores na década de 80, e uma significativa elevação da taxa de crescimento da PTF na década de 90.<sup>24</sup>

A Tabela 1 apresenta a evolução da PTFD e da PTF para o Brasil no período 1950-2000. A taxa de crescimento anual média da PTF é a soma da taxa de crescimento da PTFD e a taxa de crescimento da fronteira.

Como mostra a Tabela 1, nossos resultados são consistentes com a evidência empírica para o Brasil. Em particular, a taxa de crescimento da PTF é negativa durante a década de 80 (-2,62% ao ano), e torna-se positiva na década de 90 (0,37% ao ano).

<sup>23</sup> O resultado expresso na Figura 1 não se altera se empregarmos no cálculo da PTFD os dados da Contas Nacionais Brasileiras para investimento e produto em vez dos dados da PWT.

<sup>24</sup> Bonelli e Fonseca (1998) encontram uma taxa de crescimento positiva da produtividade total dos fatores na década de 80, e um aumento significativo do crescimento da PTF na década de 90. O resultado de crescimento positivo, embora baixo, da PTF na década de 80 provavelmente deve-se ao fato de que Bonelli e Fonseca (1998) fazem uma decomposição do crescimento do PIB potencial e não do PIB efetivo, que é mais sensível a flutuações de curto prazo. Pinheiro *et al.* (2001) encontram uma taxa de crescimento negativa para a PTF na década de 90 quando excluem capital humano, e uma taxa de crescimento pequena, mas positiva, quando incluem capital humano. Nos dois casos, a taxa de crescimento da PTF se eleva significativamente na década de 90.

Uma outra dimensão interessante de comparação dos nossos resultados com a literatura no Brasil é dada pela contabilidade do crescimento. Dentre os trabalhos sobre evolução da produtividade total dos fatores no Brasil mencionados acima, somente Pinheiro *et al.* (2001) abrangem o período que consideramos neste estudo. Pinheiro *et al.* (2001) fazem uma decomposição de crescimento do PIB, com e sem capital humano. Embora seja possível obter uma decomposição do crescimento do produto por trabalhador a partir de seus resultados, a comparação com nosso procedimento não é imediata. A Tabela 2 apresenta nossos resultados da contabilidade do crescimento para a economia brasileira.<sup>25</sup>

**Tabela 2: Decomposição Logarítmica do Crescimento - Brasil**

Período	PTFD	fronteira	K	H
1950-59	24%	24%	47%	6%
1960-69	26%	27%	33%	14%
1970-79	22%	28%	56%	-6%
1980-89	250%	-64%	-27%	-59%
1990-2000	-33%	55%	31%	47%
1950-2000	-15%	43%	53%	20%

Como podemos observar na Tabela 2, a contribuição do estoque de capital por trabalhador para o crescimento do produto por trabalhador foi de 53% entre 1950 e 2000. A Tabela 2 também mostra que uma parcela expressiva do crescimento da produtividade do trabalho na década de 90 deveu-se ao aumento da escolaridade da força de trabalho ocupada.

Como discutimos na seção 2.4.2, uma forma mais apropriada de fazer a decomposição do crescimento é dada pela decomposição teórica do crescimento. A idéia deste procedimento é que, como em crescimento balanceado a razão capital-produto é constante, a acumulação de capital induzida pelo progresso tecnológico será atribuída corretamente ao aumento da produtividade total dos fatores, o que não ocorre na contabilidade tradicional do crescimento.

<sup>25</sup> Para efeito de comparação e análise de sensibilidade, refizemos os cálculos com dados de produto e investimento a preços constantes das Contas Nacionais obtidos no IPEADATA. Os resultados não mostram diferenças significativas em relação aos apresentados no texto (ver Apêndice). Uma outra metodologia de cálculo de variações na PTF é dada pela decomposição log-linear do crescimento, descrita no Apêndice A.2. Os resultados para esta decomposição são semelhantes aos apresentados no texto.



A Tabela 3 apresenta os resultados da decomposição teórica para a economia brasileira entre 1950 e 2000.

Como mostra a Tabela 3, a contribuição do capital para o crescimento do produto por trabalhador no período 1950-2000 se reduz de 53% na contabilidade do crescimento para 21% na decomposição teórica. Isto sugere que uma parcela expressiva da acumulação de capital no período foi induzida pela evolução da fronteira tecnológica. De fato, durante o período 1950-2000, o crescimento da fronteira foi o principal fator responsável pelo crescimento do produto por trabalhador na economia brasileira. A Tabela 3 também confirma que se verificou uma queda da PTFD ao longo do período, sem a qual a taxa de crescimento da produtividade do trabalhador se elevaria em 25%.

**Tabela 3: Decomposição Teórica do Crescimento - Brasil**

Período	PTFD	fronteira	K/Y	H
1950-59	39%	40%	11%	9%
1960-69	44%	46%	-12%	23%
1970-79	37%	46%	26%	-10%
1980-89	417%	-107%	-112%	-99%
1990-2000	-55%	92%	-16%	79%
1950-2000	-25%	72%	21%	33%

Como discutimos anteriormente, em crescimento balanceado, a relação capital-produto deve permanecer constante. Confirmando nossos resultados utilizando o cálculo da PTFD em nível, a Tabela 3 mostra que a economia brasileira se encontrava aproximadamente em uma trajetória de crescimento balanceado no período 1950-69. O período 1970-89 caracterizou-se por um forte aprofundamento de capital, e durante a década de 90 a trajetória da economia brasileira voltou a apresentar características de crescimento balanceado.

Em resumo, nossos resultados indicam que a fronteira tecnológica foi o principal determinante do crescimento do produto por trabalhador da economia brasileira no período 1950-2000. Em particular, uma parcela expressiva da acumulação do capital ao longo do período foi induzida pelo crescimento da fronteira tecnológica.

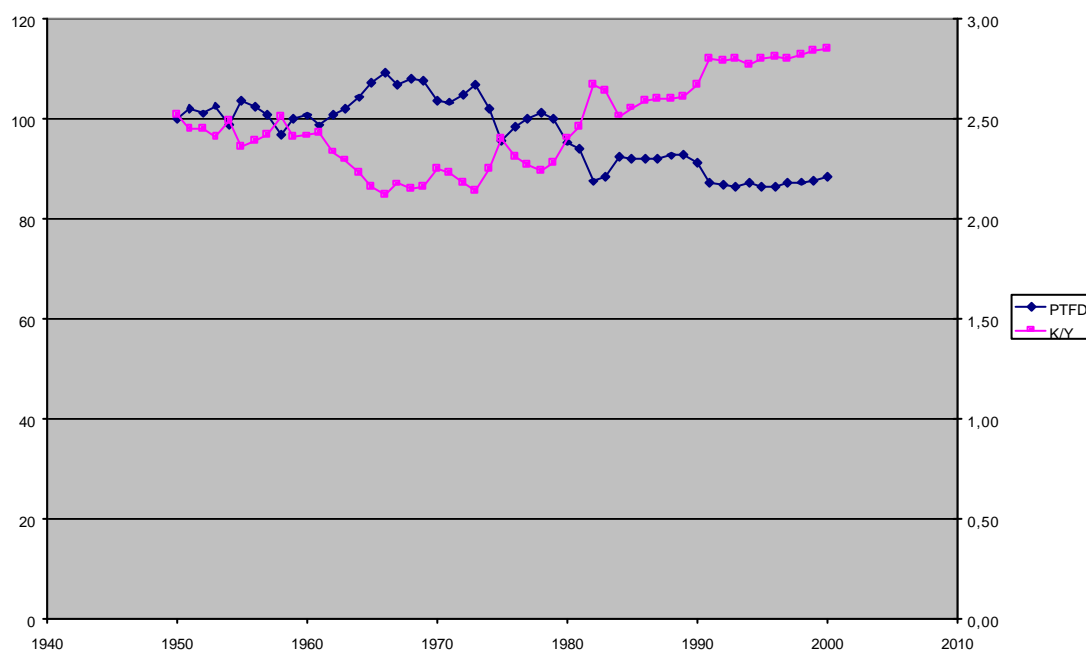
## 6 Uma Análise Comparativa com outros Países

Nesta seção apresentaremos comparações da performance da produtividade do Brasil com a de outros países. Dentre estes países selecionamos os Estados Unidos, pois é a economia industrial líder do século XX, os outros países latino-americanos, países com industrialização recente, como caso da Coréia do Sul, e países importantes da Europa e da Ásia, como Grã-Bretanha, França e Japão.

### 6.1 Estados Unidos

Uma das hipóteses básicas que norteiam este trabalho é de que há uma fronteira tecnológica que evolui a uma taxa constante. Dada a hipótese de que a trajetória da economia americana pode ser bem representada por uma trajetória de crescimento balanceado, segue que a taxa de evolução da fronteira tecnológica é igual à taxa de crescimento do produto por trabalhador da economia americana, descontada pela variação do nível médio de escolaridade da força de trabalho americana ao longo do período 1950-1972, conforme discutido na subseção 4.2.

**Figura 2: Evolução da PTFD e de  $K/Y$  - Estados Unidos (1950-2000)**



A Figura 2 apresenta a evolução da PTFD para os EUA entre 1950 e 2000. Como podemos observar, a PTFD ficou relativamente estável em torno de 100 até 1972. Entre 1973 e 1982, verifica-se o conhecido fenômeno de redução da taxa de crescimento da produtividade, representada pela queda da PTFD para 87. Entre 1983 e 2000, a PTFD permanece estável em um patamar em torno de 87. Na Figura 2 também apresenta-se a evolução da relação capital-produto. Entre 1950 e 1972, período que empregamos para calibrar o valor da taxa de evolução do progresso tecnológico, há uma relativa estabilidade da relação capital-produto e da PTFD. Aquela reduz-se de 2.52 para 2.18, configurando queda de 13%, enquanto esta última eleva-se de 100 para 105, compensando em parte a redução de  $K/Y$ .

A Tabela 4 apresenta os resultados da decomposição teórica para os Estados Unidos. A Tabela 4 mostra que a evolução da fronteira tecnológica foi responsável por 80% do crescimento do produto por trabalhador nos EUA entre 1950 e 2000. A contribuição do capital ao longo do período foi de apenas 9%, o que é consistente com a hipótese de que a economia americana se encontra aproximadamente em crescimento balanceado. A contribuição da PTFD foi negativa em 22%, devido à queda significativa observada entre 1973 e 1982.

**Tabela 4: Decomposição Teórica do Crescimento - Estados Unidos**

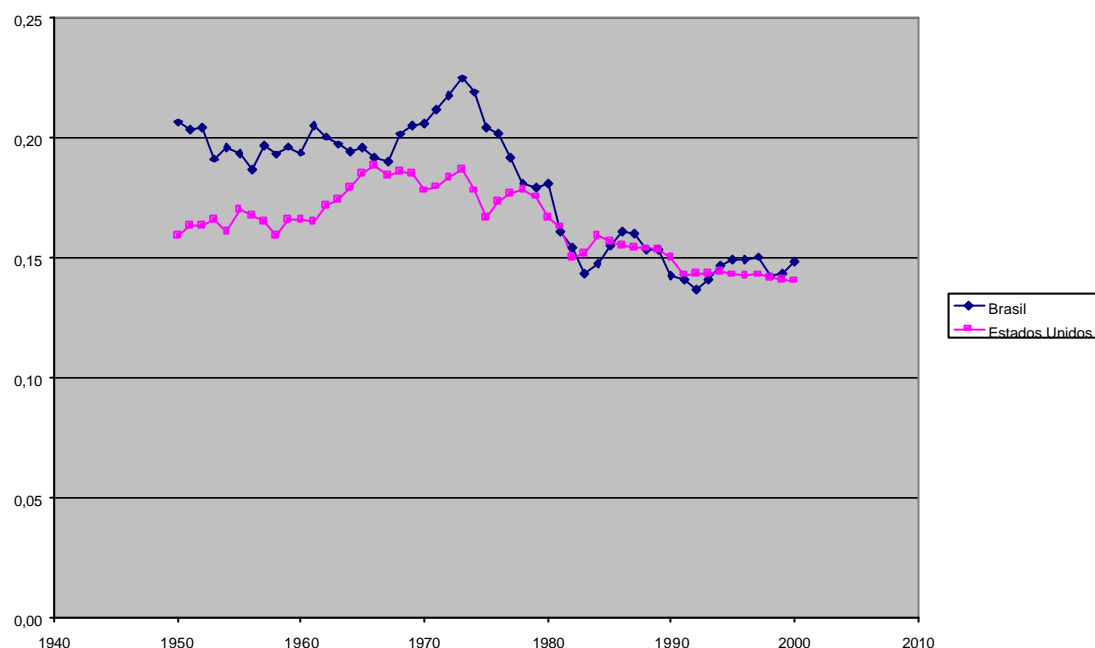
Período	PTFD	fronteira	$K/Y$	H
1950-59	5%	79%	-15%	30%
1960-69	20%	64%	-20%	36%
1970-79	-97%	108%	32%	56%
1980-89	-37%	77%	36%	25%
1990-2000	-31%	84%	24%	23%
1950-2000	-22%	80%	9%	33%

Uma das vantagens do cálculo da PTFD em nível é que ele permite que se obtenha o valor da produtividade marginal do capital. A Figura 3 apresenta a evolução da  $PMgK$  para o Brasil e Estados Unidos.

A Figura 3 mostra que o  $PMgK$  para a economia americana oscila em torno de 15%. Para a década de 90 esteve por volta de 14%. Se supusermos uma alíquota média de

imposto sobre o capital de 40%,<sup>26</sup> obtemos uma taxa marginal de retorno líquida da depreciação e de impostos da ordem de 6% ao ano. A igualdade de rentabilidade do capital no Brasil e na economia americana, apesar da relação capital-trabalho no Brasil ser igual a apenas 1/3 da observada nos EUA, é uma indicação de que uma elevação acentuada do investimento em nossa economia requer prévia elevação dos fatores que aumentam o *PMgK*: educação e PTFD.

**Figura 3: Evolução do *PMgK* - Estados Unidos e Brasil (1950-2000)**



Outra importante estatística econômica é dada pelo inverso do *PMgK*, a razão incremental capital-produto. Devido à elevação do grau de capitalização e à redução da PTFD que ocorreu no Brasil, a razão incremental capital-produto eleva-se de 5 na década de 50 para 7 nos anos 90.

## 6.2 Comparação Brasil-Coréia

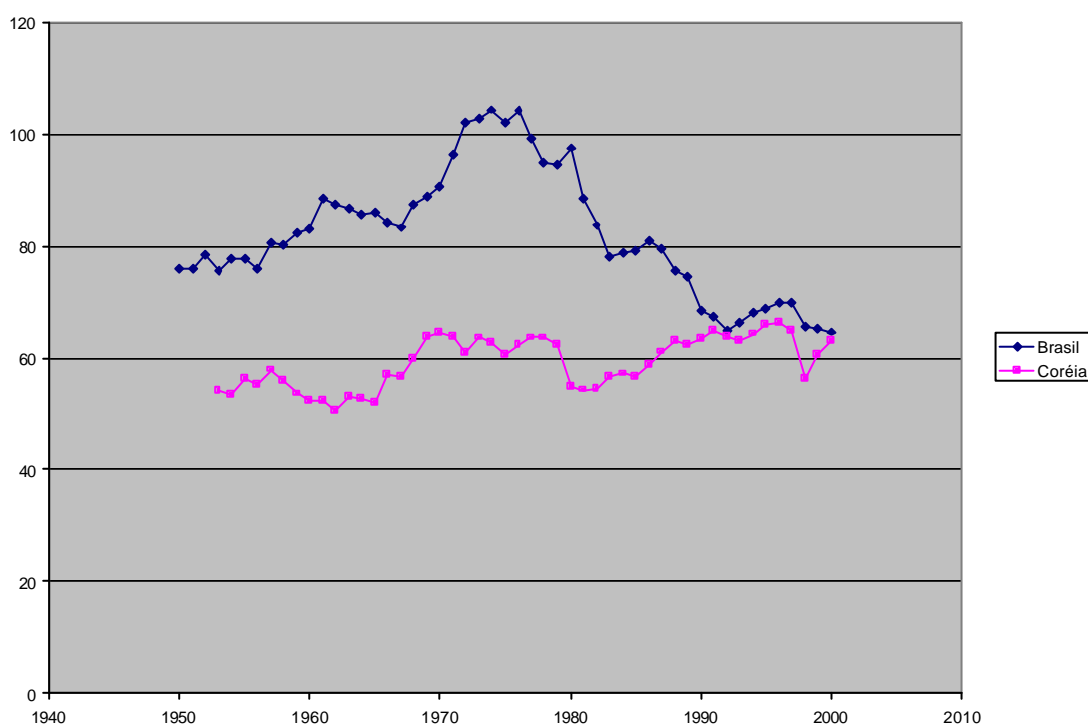
A Figura 4 apresenta a evolução da PTFD para o Brasil e Coréia. A Coréia representa um caso interessante, por ser considerada na literatura um exemplo de intervenção governamental bem-sucedida para estimular o desenvolvimento econômico.

<sup>26</sup> Ver Greenwood *et al.* (1997).

Segundo Rodrik (1994), por exemplo, o crescimento da Coréia seria produto de uma intervenção governamental que fez com que o benefício privado do investimento em certos insumos básicos não-comercializados internacionalmente ficasse igual aos benefícios sociais. Estes, segundo Rodrik (1994), eram superiores aos benefícios privados devido a transbordamentos de demanda.<sup>27</sup>

A Figura 4 mostra que, do ponto de vista agregado, estes transbordamentos não se verificam. Em particular, a PTFD da Coréia permaneceu relativamente estável entre 1950 e 2000, em um patamar em torno de 60. Ao longo do período, a economia brasileira caracterizou-se por um nível de PTFD mais elevado que a Coréia. Em outras palavras, todo o excesso de crescimento da economia coreana sobre a economia brasileira ao longo do período 1950-2000 foi fruto da acumulação de capital físico e humano.

**Figura 4: Evolução da PTFD - Brasil e Coréia (1950-2000)**



Embora tenha se mantido acima da PTFD coreana, a produtividade total dos fatores do Brasil apresenta importantes diferenças em seus movimentos ao longo do

<sup>27</sup> Para um argumento formal, ver Rodrik (1996) e Burguet e Fernandez-Ruiz (1998).

tempo. Conforme discutido na seção 5, entre 1967 e 1976 houve uma expressiva elevação da PTFD no Brasil, que não se verificou na Coreia. Da mesma forma, a significativa queda da PTFD entre 1977 e 1991 não encontra paralelo na experiência coreana. Isto sugere que estes movimentos da PTFD no Brasil possam decorrer de diferenças em políticas econômicas ou reformas institucionais específicas ocorridas no Brasil em cada período.

A Tabela 5 apresenta os resultados da decomposição teórica para a Coreia.

**Tabela 5: Decomposição Teórica do Crescimento - Coreia**

Período	PTFD	fronteira	K/Y	H
1950-59	-34%	58%	-24%	100%
1960-69	66%	29%	-12%	17%
1970-79	-55%	31%	57%	67%
1980-89	37%	23%	12%	28%
1990-2000	-20%	37%	63%	20%
1950-2000	8%	31%	22%	38%

A Tabela 5 mostra que, mesmo descontando a contribuição da acumulação de capital decorrente do progresso tecnológico, 60% do crescimento da produtividade do trabalhador na Coreia entre 1950 e 2000 deveu-se à acumulação de capital físico e humano.<sup>28</sup>

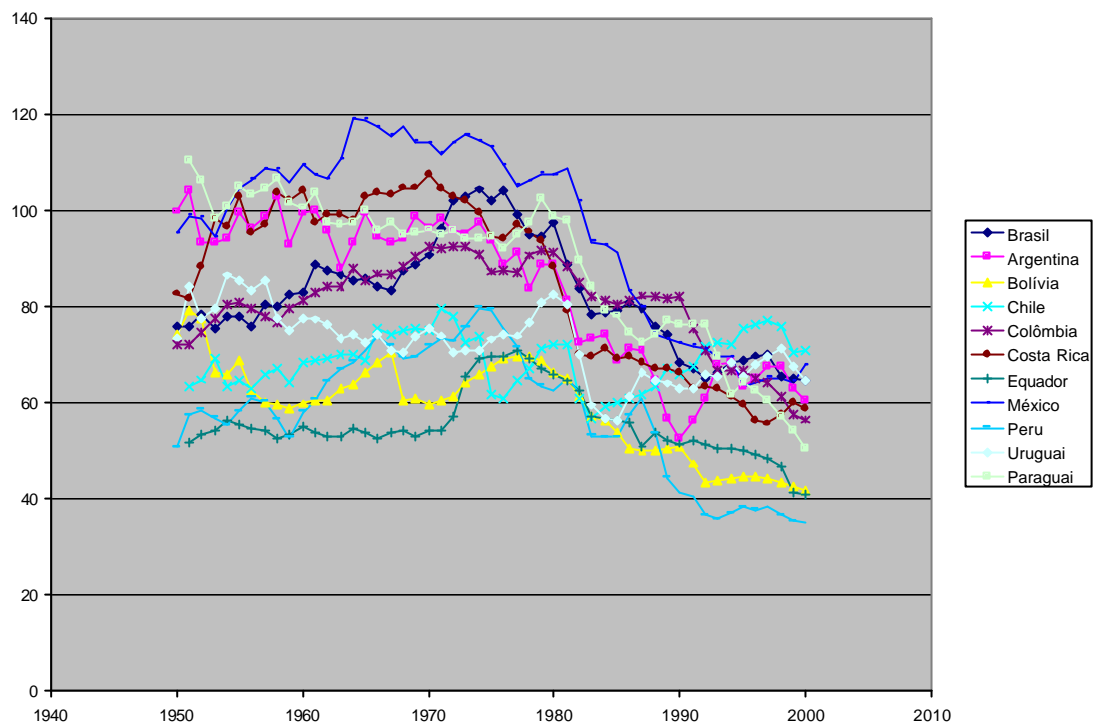
### 6.3 América Latina

A Figura 5 apresenta a evolução da PTFD para países selecionados da América Latina.<sup>29</sup> O fato mais marcante é que, com a exceção do Chile, cuja PTFD é relativamente estável no longo prazo (apesar de oscilações no médio prazo), todos os demais países da amostra experimentaram significativa redução da PTFD entre 1978 e 1994, mantendo-se relativamente estável desde então. Brasil, Colômbia e Equador apresentam crescimento da PTFD entre o fim dos anos sessenta e início dos anos setenta, mas este fenômeno não foi generalizado na região.

<sup>28</sup> Ver Young (1995) e Klenow e Rodriguez-Clare (1997) para uma análise detalhada dos determinantes do crescimento do produto por trabalhador na Coreia.

<sup>29</sup> A Venezuela foi excluída para que a escala do gráfico não ficasse muito elevada. A PTFD para a Venezuela em 1964 era 150. No entanto, o formato da trajetória da PTFD para a Venezuela é muito semelhante ao do México.

**Figura 5: Evolução da PTFD - América Latina (1950-2000)**



Embora não seja o objetivo deste trabalho, podemos mencionar duas possíveis explicações para a queda generalizada da PTFD na América Latina entre 1978 e 1994. Uma possibilidade é que isto reflita a queda observada da PTFD nos EUA entre 1974 e 1982. Esta explicação é consistente com a defasagem observada na queda da PTFD da América Latina. Mesmo neste caso, no entanto, deve ser observado que a queda verificada na PTFD dos países Latino-Americanos foi mais acentuada e prolongada que a ocorrida nos EUA.

Outra possível explicação para a queda da PTFD na América Latina pode estar associada aos efeitos de choques externos ao longo do período, como os dois choques do petróleo na década de setenta. Rodrik (1999), por exemplo, argumenta que sociedades potencialmente conflituosas como as Latino-Americanas são particularmente vulneráveis a choques externos, tendendo a transformar choques externos transitórios em quedas permanentes da produtividade. Este fato fica evidenciado pela redução da PTFD no México e na Venezuela, que foram beneficiadas pelo choque externo do petróleo.

A Tabela 6 apresenta os resultados da decomposição teórica para a América Latina.

**Tabela 6: Decomposição Teórica do Crescimento - América Latina (1950-2000)**

Países	PTFD	fronteira	K/Y	H
Argentina	-165%	151%	29%	85%
Brasil	-25%	72%	21%	33%
Bolívia	1004%	-799%	-183%	78%
Chile	19%	77%	-20%	23%
Colômbia	-71%	132%	0%	40%
Costa Rica	-80%	106%	32%	42%
Equador	-47%	89%	4%	54%
México	-58%	78%	15%	65%
Peru	-194%	240%	-119%	173%
Uruguai	-43%	149%	-43%	37%
Paraguai	-308%	176%	157%	76%

A Tabela 6 mostra que, com exceção do Chile, todos os países da América Latina experimentaram quedas expressivas da PTFD. A contribuição da PTFD na Bolívia aparece com sinal positivo porque o produto por trabalhador da Bolívia também caiu durante o período. A Tabela 6 também evidencia que relação capital-produto variou significativamente ao longo do período na maioria dos países. Isto sugere que a trajetória do produto por trabalhador para a maioria dos países da América Latina não é bem descrita por uma dinâmica de crescimento balanceado.

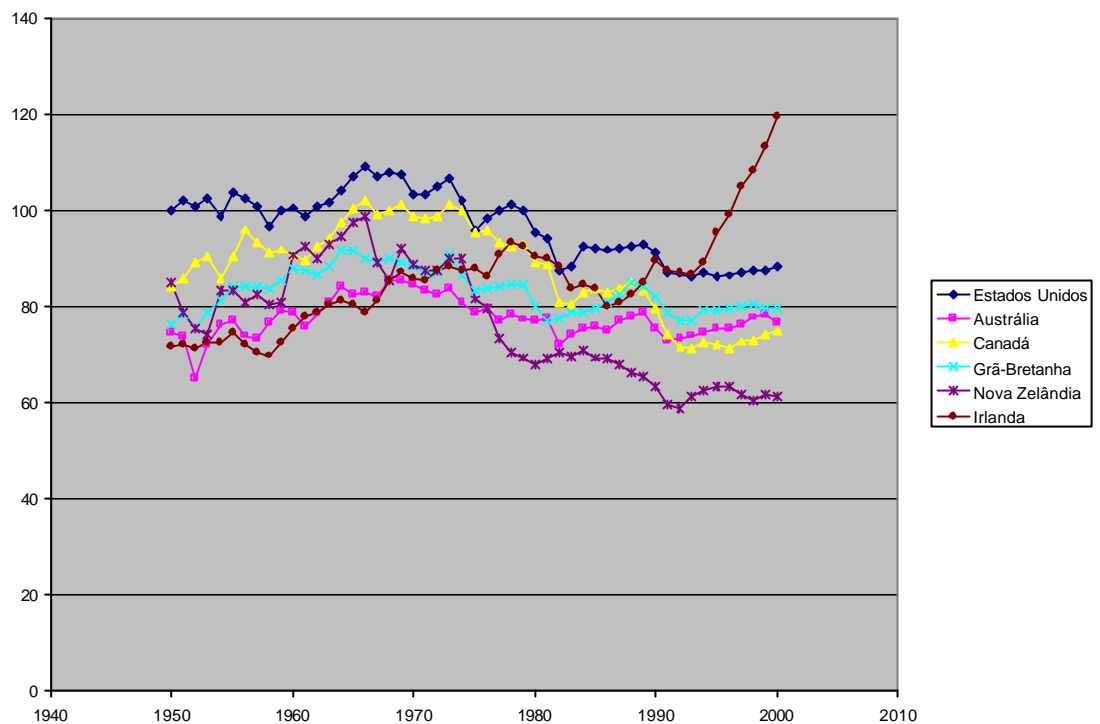
## 6.4 Países de Língua Inglesa

A Figura 6 apresenta a evolução da PTFD para os países de Língua Inglesa. Os países de Língua Inglesa apresentam, com exceção de Austrália e Irlanda, comportamento próximo ao da economia americana.

A Nova Zelândia apresenta uma queda mais forte da PTFD, de forma parecida à verificada na América Latina. A Austrália apresenta um comportamento estável da PTFD ao longo do período. A Irlanda distingue-se dos demais Países de Língua Inglesa por apresentar uma significativa elevação da PTFD a partir de 1993, caracterizada por uma elevação de 35% entre 1993 e 2000 (taxa anual de 4,5% além da evolução da fronteira).



**Figura 6: Evolução da PTFD - Países de Língua Inglesa (1950-2000)**



A Tabela 7 apresenta os resultados da decomposição teórica para os países de Língua Inglesa.

**Tabela 7: Decomposição Teórica do Crescimento - Países de Língua Inglesa (1950-2000)**

Países	PTFD	fronteira	K/Y	H
Estados Unidos	-22%	80%	9%	33%
Canadá	-23%	92%	12%	19%
Grã-Bretanha	7%	75%	13%	5%
Austrália	5%	90%	-4%	9%
Nova Zelândia	-122%	171%	12%	40%
Irlanda	45%	40%	-3%	17%

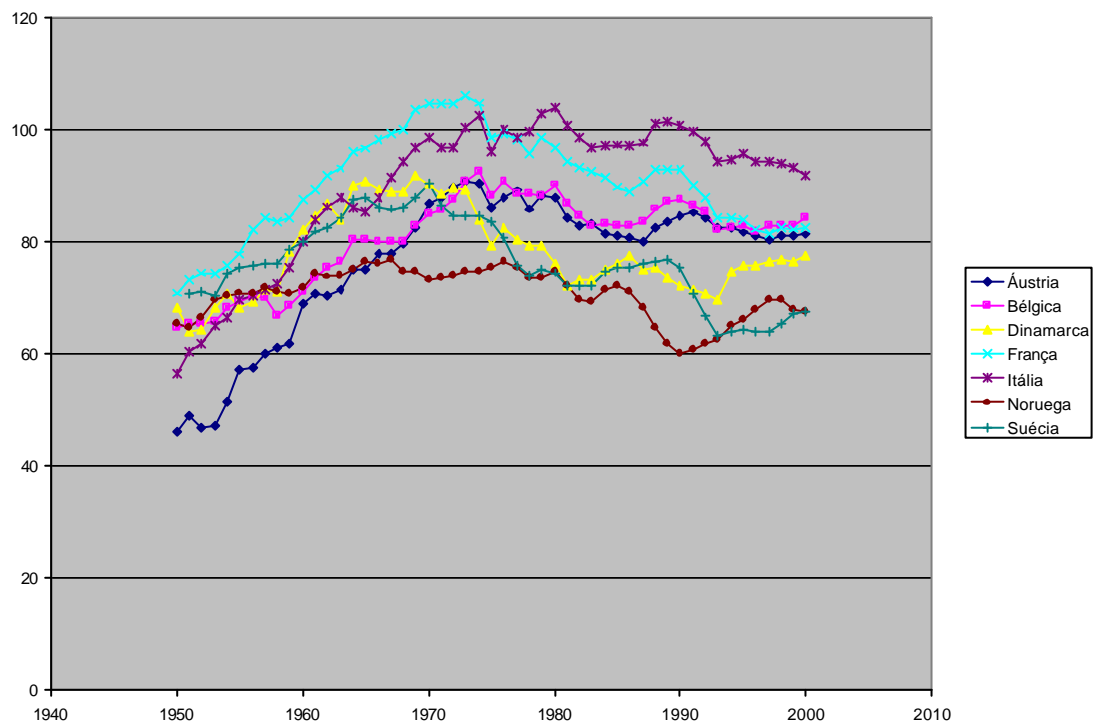
A Tabela 7 mostra que, com exceção de Nova Zelândia e Irlanda, a trajetória de crescimento dos Países de Língua Inglesa pode ser aproximadamente caracterizada como uma trajetória de crescimento balanceado. Dentre as economias de nossa amostra, a Austrália é a que mais se aproxima de uma trajetória de crescimento balanceado para

todo o período, na medida em que a relação capital-produto tem se mantido relativamente estável entre 1950 e 2000 e a evolução da fronteira tecnológica explica 90% do crescimento do produto por trabalhador.

## 6.5 Europa Continental

A Figura 7a apresenta a evolução da PTFD para os países da Europa Continental. As economias da Europa Continental apresentam crescimento da PTFD entre 1950 e 1970. Áustria, Itália e Bélgica apresentam um comportamento estável da PTFD entre 1970 e 2000. Os demais países da Europa Continental apresentam pequena queda a partir de meados dos anos setenta, sendo a queda mais acentuada para a Suécia.

**Figura 7a: Evolução da PTFD - Europa Continental (1950-2000)**

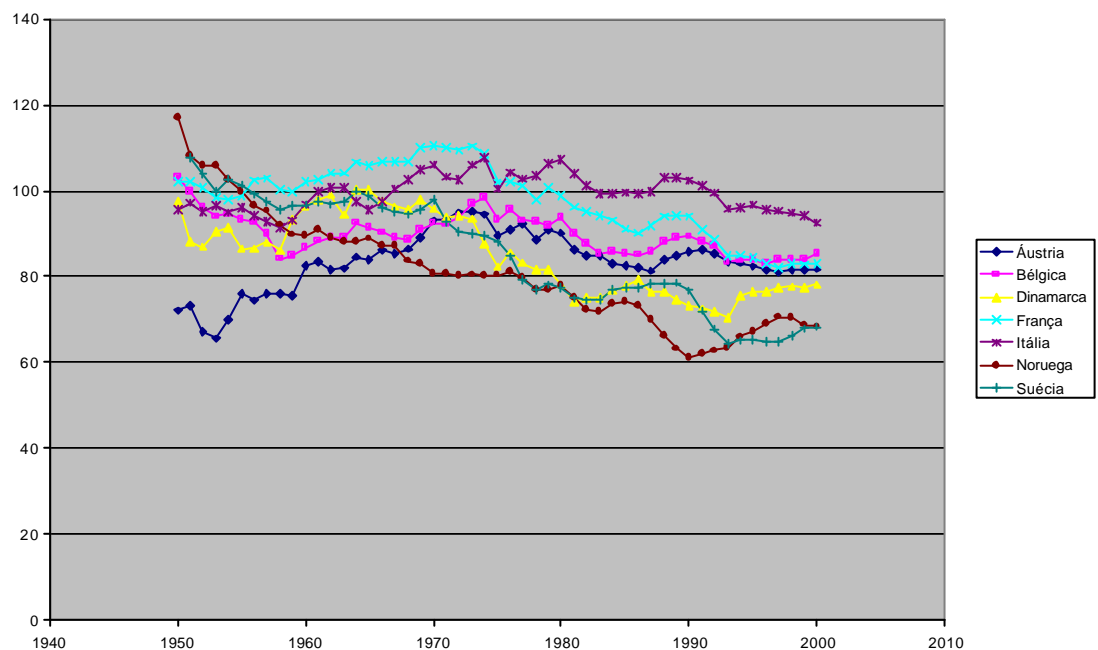


Possivelmente o crescimento da PTFD nas décadas de cinquenta e sessenta está superestimado. A razão é que, devido ao esforço de reconstrução associado ao pós-guerra, o investimento foi muito elevado nos anos cinquenta, gerando uma superestimação do capital inicial e, conseqüentemente, um valor subestimado da PTFD inicial. Um outro indício de superestimativa do estoque de capital inicial é dado pelo

comportamento da relação capital-produto. Para estas economias, a relação capital-produto reduz-se ao longo dos anos cinquenta, o que é inconsistente com o fato de que estas economias encontravam-se em uma trajetória de acumulação de capital no período do pós-guerra.

Por esta razão, refizemos os cálculos da PTFD para estes países, escolhendo o valor do estoque de capital por trabalhador destes países em 1950 de forma a fazer com que a produtividade marginal do capital destes países fosse de 30% em 1950, o que corresponde ao dobro da produtividade do capital média do EUA entre 1950 e 2000. Além de constituir possível extremo superior para a  $PMgK$ , o novo valor do estoque inicial de capital foi suficiente para reverter a queda observada na relação capital-produto nos anos 50.<sup>30</sup>

**Figura 7b: Evolução da PTFD (outro  $K_0$ )- Europa Continental (1950-2000)**



A Figura 7b apresenta a evolução da PTFD para os países da Europa Continental para o novo cálculo do estoque de capital em 1950.

<sup>30</sup> De fato, após esta correção, a relação capital-produto eleva-se nos anos 50 sendo, portanto, compatível com uma dinâmica de transição.

A Figura 7b mostra que o ajuste no estoque inicial de capital foi suficiente para estabilizar a PTFD nos anos cinquenta, aproximando a trajetória de crescimento destes países de uma dinâmica de transição do modelo neoclássico de crescimento. As exceções foram a Áustria, que continua a apresentar elevação de produtividade nos anos 50, e a Noruega, com apresentou forte queda da PTFD neste período.

A Tabela 8 apresenta os resultados da decomposição teórica para os países da Europa Continental, usando o novo cálculo de  $K_0$ .

**Tabela 8: Decomposição Teórica do Crescimento - Europa Continental (1950-2000)**

Países	PTFD	fronteira	K/Y	H
França	-24%	53%	49%	22%
Itália	-3%	43%	39%	21%
Bélgica	-24%	57%	51%	16%
Áustria	12%	42%	40%	6%
Suécia	-81%	79%	70%	31%
Noruega	-72%	61%	63%	47%
Dinamarca	-34%	71%	63%	1%

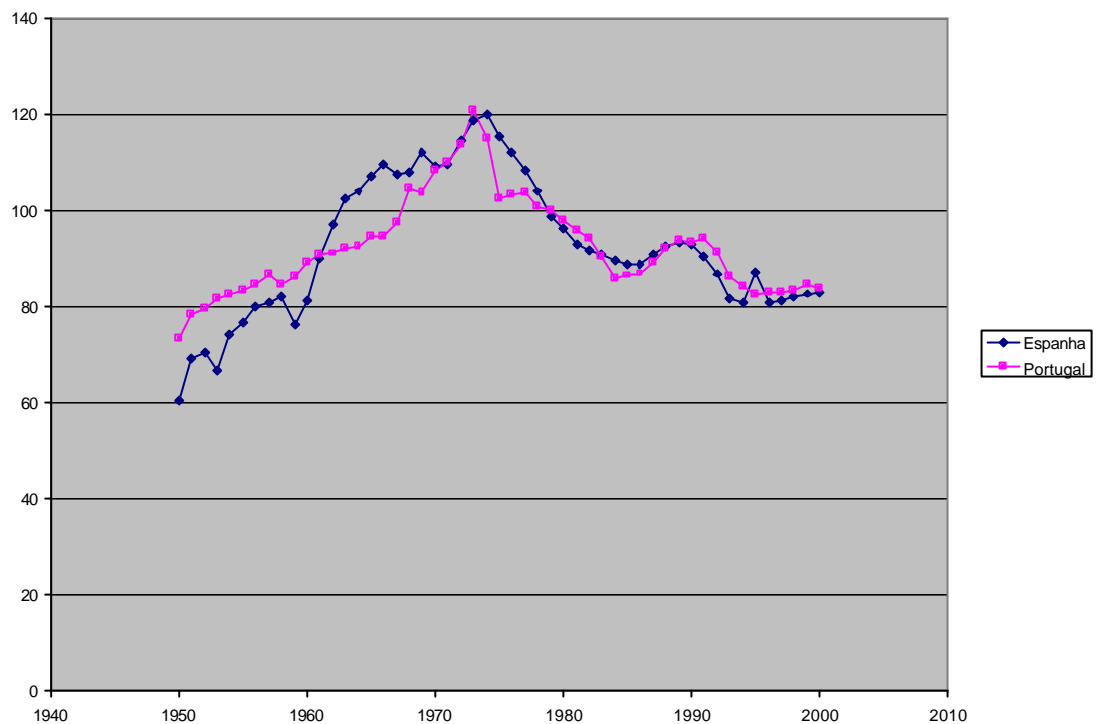
A Tabela 8 mostra que a relação capital-produto variou de forma significativa ao longo do período para os países da Europa Continental, o que sugere que estes países encontravam-se em uma dinâmica de transição entre 1950 e 2000.

## 6.6 Países Ibéricos

A Figura 8a apresenta a evolução da PTFD para os países Ibéricos (Portugal e Espanha). As economias Ibéricas apresentam forte crescimento da PTFD entre 1950 e 1974. A PTFD de Portugal e Espanha eleva-se até atingir um pico em meados dos anos setenta, quando passa a sofrer uma queda contínua até meados dos anos noventa. A queda total foi de aproximadamente 30%, revelando um comportamento bastante semelhante ao observado para a América Latina.

É importante observar que, contrariamente ao que ocorreu com os países da Europa Continental, Espanha e Portugal não estavam sendo reconstruídas neste período. No entanto, em razão do elevado aumento da PTFD entre 1950 e 1974, refizemos os cálculos da PTFD para estes países de forma a fazer com que a produtividade marginal do capital destes países fosse de 30% em 1950.

**Figura 8a: Evolução da PTFD - Países Ibéricos (1950-2000)**

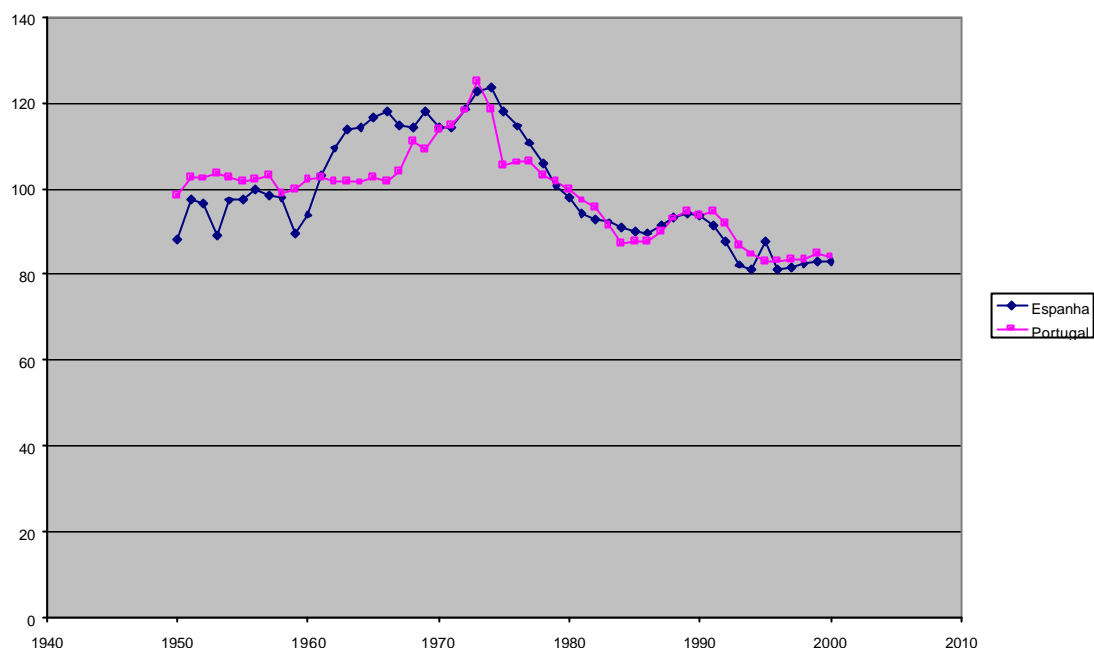


A Figura 8b apresenta a evolução da PTFD para os Países Ibéricos para o novo cálculo do estoque de capital em 1950.

A Figura 8b mostra que, apesar da PTFD ter se estabilizado nos anos 50, os ganhos de produtividade persistem entre os anos 60 e meados dos anos 70. Observa-se que o comportamento da PTFD para o Brasil se aproxima bastante do comportamento dos países Ibéricos.

A Tabela 9 apresenta os resultados da decomposição teórica para os países Ibéricos, usando o novo cálculo de  $K_0$ .

**Figura 8b: Evolução da PTFD (outro  $K_0$ ) - Países Ibéricos (1950-2000)**



**Tabela 9: Decomposição Teórica do Crescimento - Países Ibéricos (1950-2000)**

Países	PTFD	fronteira	K/Y	H
Portugal	-14%	41%	29%	44%
Espanha	-5%	43%	36%	27%

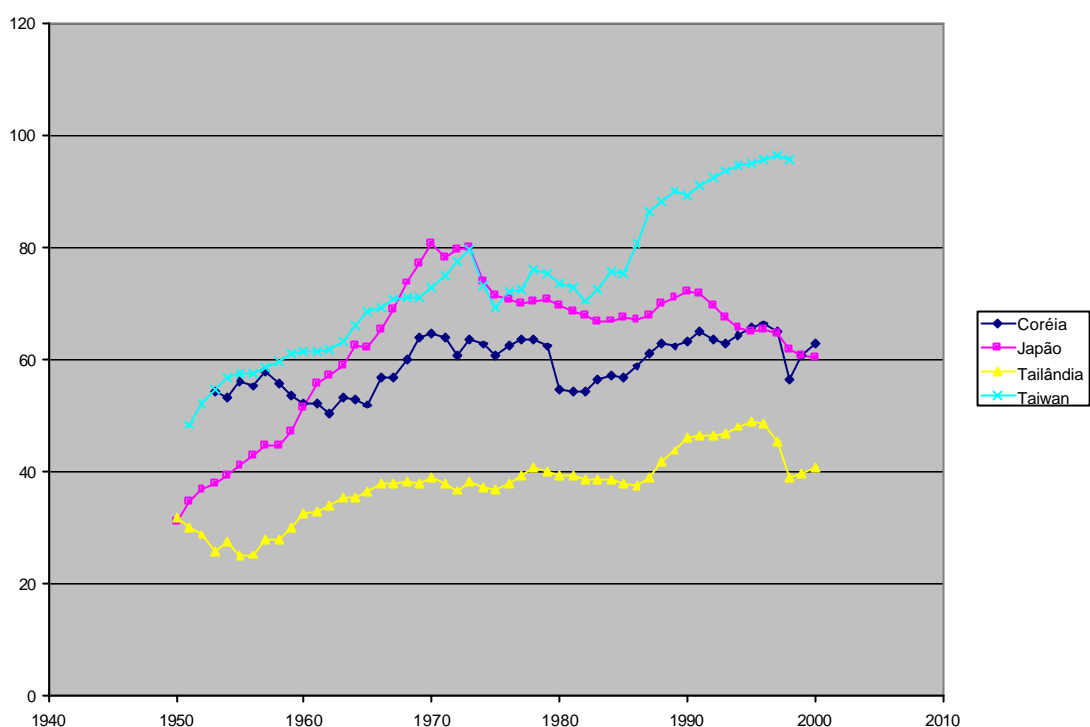
A Tabela 9 mostra que a relação capital-produto variou significativamente ao longo do período para os Países Ibéricos, o que sugere que estes países provavelmente encontram-se em uma dinâmica de transição.

## 6.7 Países do Leste Asiático

A Figura 9a apresenta a evolução da PTFD para os países do Leste Asiático. O comportamento da PTFD para a Tailândia é estável, assim como foi observado para a Coreia. Japão e Taiwan apresentam forte crescimento da PTFD entre 1950 e 1970.

Entre meados da década de setenta e o final da década de noventa, a PTFD do Japão se experimenta uma redução de 70 para 60. Para Coreia e Tailândia, a PTFD ao longo deste período manteve-se relativamente estável. Taiwan foi o único país do Leste Asiático a experimentar uma significativa elevação da PTFD ao longo do período.

**Figura 9a: Evolução da PTFD - Países do Leste Asiático (1950-2000)**

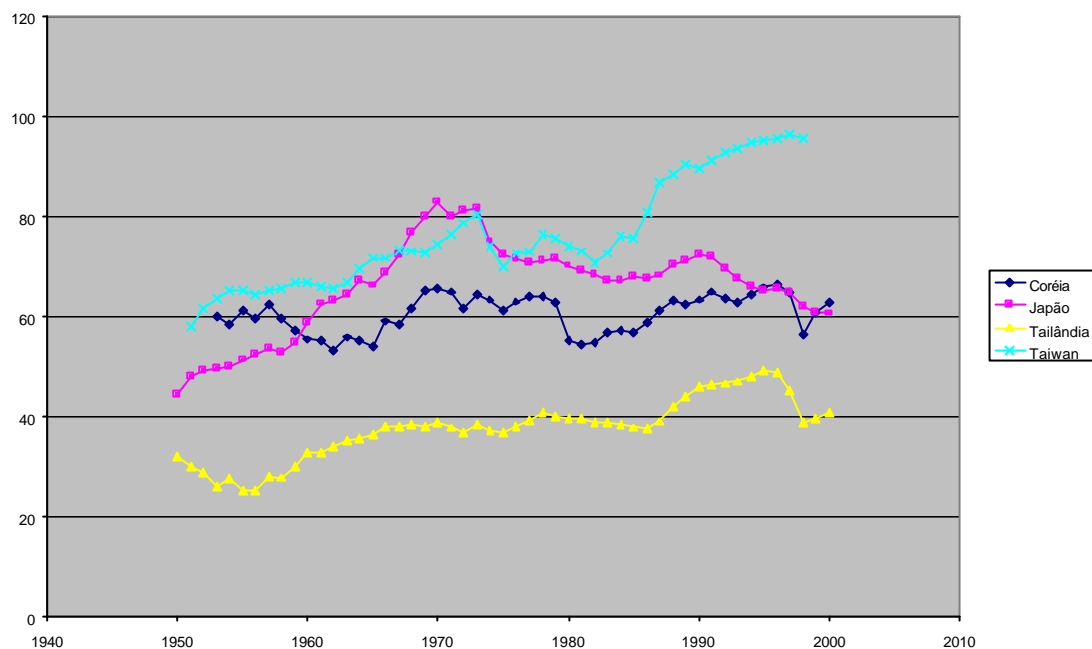


Devido à reconstrução associada ao pós-guerra, é provável que o estoque de capital inicial do Japão esteja superestimado, pelas razões apontadas anteriormente. Por isso, refizemos os cálculos da PTFD para o Japão e demais países do Leste Asiático de forma a fazer com que a produtividade marginal do capital destes países fosse de 30% em 1950.<sup>31</sup>

A Figura 9b apresenta a evolução da PTFD para os países do Leste Asiático para o novo cálculo do estoque de capital em 1950. Nota-se que a Coreia foi pouco afetada pela alteração do valor do estoque inicial de capital. Mesmo após a alteração do estoque inicial de capital, o Japão apresenta forte elevação da PTFD nos anos 50 e 60, caracterizando, conjuntamente com a Áustria e a Flânda nos anos 90 e, em menor medida, o Brasil no período 67-76, os milagres econômicos identificados por este estudo.

<sup>31</sup> Somente para a Tailândia não foi feito o novo cálculo do estoque inicial de capital. Esta economia não apresentou indícios de erro no cálculo inicial do capital, isto é, valor muito baixo para o *PMgK* em 1950 e redução da relação capital-trabalho ao longo dos anos 50.

**Figura 9b: Evolução da PTFD (outro  $K_0$ ) - Países do Leste Asiático (1950-2000)**



A Tabela 10 apresenta os resultados da decomposição teórica para os países do Leste Asiático, usando o novo cálculo de  $K_0$ . Nota-se que a relação capital-produto variou significativamente ao longo do período para os Países do Leste Asiático (Taiwan constitui uma exceção), o que sugere que estes países provavelmente encontram-se em uma dinâmica de transição.<sup>32</sup>

**Tabela 10: Decomposição Teórica do Crescimento - Leste Asiático (1950-2000)**

Países	PTFD	fronteira	K/Y	H
Japão	23%	34%	38%	5%
Coréia	1%	31%	29%	38%
Taiwan	30%	25%	19%	25%
Tailândia	22%	40%	31%	7%

<sup>32</sup> Os resultados apresentados para a Coreia na Tabela 10 não são os mesmos mostrados na Tabela 5, já que a Tabela 10 se refere aos resultados baseados no novo cálculo do estoque de capital. De qualquer maneira, as diferenças nos resultados são pequenas.



## 7 Conclusão

Este artigo analisou a evolução da produtividade total dos fatores (PTF) para a economia brasileira de 1950 a 2000. As principais conclusões são as seguintes.

Os resultados indicam que a economia brasileira encontrava-se aproximadamente em uma trajetória de crescimento balanceado entre 1950 e 1966, com pequena elevação da produtividade total dos fatores relativa à fronteira e estabilidade da relação capital-produto. Entre 1967 e 1976 houve aumento expressivo da PTFD e pequena elevação da relação capital-produto. Entre 1977 e 1991 houve queda significativa da PTFD e forte aprofundamento de capital. Para o período de 1992 a 2000 há evidência de trajetória de crescimento balanceado, com estabilidade da PTFD e da relação capital-produto.

Outro resultado importante é que a fronteira tecnológica foi o principal determinante do crescimento do produto por trabalhador da economia brasileira no período 1950-2000. Em particular, uma parcela expressiva da acumulação do capital ao longo do período foi induzida pelo crescimento da fronteira tecnológica.

Para diversas economias há evidência de desaceleração da produtividade a partir de meados dos anos setenta. Para muitos países - OECD e Leste Asiático - esta desaceleração se estabiliza na década de oitenta e início da década de noventa. Para os países da América Latina (AL), a queda da taxa de crescimento da PTF é mais elevada e persistente.

Em comparação com outros países, a evidência mostra que o crescimento da PTF em excesso à evolução da fronteira tecnológica observado no Brasil entre 1967 e 1976 não se verificou em outros países. Embora a queda da PTF (descontada da evolução da fronteira tecnológica) entre 1977 e 1991 tenha se verificado também em outros países, a intensidade e duração da queda só encontram paralelo em países da América Latina. Esta evidência sugere que as variações da PTF nestes períodos possivelmente refletem características próprias da economia brasileira, como a qualidade da política econômica e das instituições no Brasil.

Apesar de não constituir o escopo deste trabalho, uma interpretação possível para a expressiva elevação da PTFD no período 1967-76 é que ganhos de produtividade advindos de reformas institucionais do PAEG tenham elevado a eficiência agregada da economia brasileira. Em relação à queda significativa da PTFD no período 1977-91, uma

possível explicação é que, seguindo Rodrik (1999), sociedades potencialmente conflituosas como as Latino-Americanas em geral, e o Brasil em particular, são particularmente vulneráveis a choques externos, tendendo a transformar choques externos como os do petróleo na década de 70 em quedas permanentes da produtividade.

## Apêndice

### A.1 Cálculo de $K_0$

Da equação (5), temos

$$K_0 = I_{-1} + (1-d) K_{-1}$$

e

$$K_{-1} = I_{-2} + (1-d) K_{-2}.$$

Segue-se que

$$K_0 = I_{-1} + (1-d) [I_{-2} + (1-d) K_{-2}].$$

Fazendo-se substituições sucessivas, obtemos

$$K_0 = (1-d) K_{-T} + \sum_{j=1}^T (1-d) I_{-j}.$$

Supondo que a economia encontrava-se em crescimento balanceado até o instante  $t=0$ , temos

$$I_{-j} = I_0 (1+g)^{-j} (1+n)^{-j}.$$

Isto implica que

$$K_0 = (1-d)^T K_{-T} + \frac{I_0}{(1+g)(1+n)} \sum_{j=0}^{T-1} \left[ \frac{1-d}{(1+g)(1+n)} \right]^j$$

Usando o fato de que  $1-d < (1+g)(1+n)$ , podemos tomar o limite nesta última equação e obter:

$$K_0 = \frac{I_0}{(1+g)(1+n) - (1-d)}.$$

## A.2 Decomposição Log-Linear do Crescimento

Como visto, o cálculo da PTFD permite que se faça, em seguida, exercícios de contabilidade de crescimento por meio da decomposição logarítmica do crescimento. Uma maneira alternativa é calcular a taxa de variação da PTFD como resíduo, subtraindo da taxa de variação do produto a taxa de variação dos fatores, ponderada pela participação dos fatores no produto. Desta forma, obtemos a decomposição log-linear do crescimento que consiste em uma aproximação log-linear de (2). Neste caso, obtemos:

$$\frac{B_{i,t+N} - B_{it}}{B_{it}} = \frac{y_{i,t+N} - y_{it}}{y_{it}} - a \frac{k_{i,t+N} - k_{it}}{k_{it}} - (1-a) \left[ (1-y) f(h_{i,t+\frac{N}{2}}) \frac{h_{i,t+N} - h_{it}}{h_{it}} + ((1+g)^N - 1) \right],$$

em que  $y$  foi definido em (4) e  $B_{i,t}$  é a PTFD obtida por este procedimento. Note que este método não recupera o nível da PTFD. Em nosso estudo refizemos todos os cálculos, sob a hipótese de que  $A_{i,1} = B_{i,1}$ . Nestas condições as duas séries de PTFD são muito próximas.

A importância relativa para o crescimento do produto por trabalhador de variações na PTFD, fronteira tecnológica, acumulação de capital físico por trabalhador e variação da escolaridade média da força de trabalho é dada, respectivamente, por

$$\frac{\frac{B_{i,t+N} - B_{it}}{B_{it}}}{\frac{y_{i,t+N} - y_{it}}{y_{it}}}, \frac{(1-a)((1+g)^N - 1)}{\frac{y_{i,t+N} - y_{it}}{y_{it}}}, a \frac{k_{i,t+N} - k_{it}}{k_{it}} \frac{(1-a)(1-y) f(h_{i,t+\frac{N}{2}}) \frac{h_{i,t+N} - h_{it}}{h_{it}}}{\frac{y_{i,t+N} - y_{it}}{y_{it}}}, \frac{(1-a)(1-y) f(h_{i,t+\frac{N}{2}}) \frac{h_{i,t+N} - h_{it}}{h_{it}}}{\frac{y_{i,t+N} - y_{it}}{y_{it}}}.$$

## A.3 Uma Nota sobre a Taxa de Depreciação

Neste artigo, empregou-se o valor de 3,5% para a depreciação física do capital.<sup>33</sup> É importante observar que este valor foi calibrado com dados de Contas Nacionais para a

<sup>33</sup> Outros valores da taxa de depreciação têm sido empregados na literatura sobre produtividade total dos fatores no Brasil. Por exemplo, Ferreira e Rossi (2001) e Silva Filho (2001) utilizam um valor de 5% – embora Ferreira e Rossi calculem apenas o estoque de capital para a indústria. Bonelli e Fonseca (1998) utilizam uma série do estoque de capital elaborada por Lucilene Morandi. Como discutimos adiante, a versão atualizada desta série, apresentada em Morandi e Reis (2003), utiliza uma taxa de depreciação implícita inferior a 3,5%. A literatura de ciclos reais de negócios no Brasil em geral utiliza valores mais

economia americana, em função da qualidade dos dados disponíveis sobre o estoque de capital dos Estados Unidos. Nosso exercício supõe que este parâmetro é o mesmo entre as economias. No entanto, é possível argumentar que a depreciação é em certa medida fruto de uma decisão econômica. Se este for o caso, a depreciação nos EUA deve ser maior do que a depreciação no Brasil, visto que a taxa de renovação tecnológica do estoque de capital é maior em economias desenvolvidas.<sup>34</sup> Assim, 3,5% ao ano parece ser um limite superior.<sup>35</sup>

Esta baixa taxa de depreciação física poderia estar em contradição com a observação de que a economia brasileira nos anos 80 teve que obter taxas de investimento da ordem de 20% do PIB unicamente para manter o produto *per capita* constante. Entretanto, se lembrarmos que nos anos 80 a PTFD estava caindo é possível reconciliar as duas metodologias. Com depreciação física de 3,5% ao ano e relação capital-produto de 2,7 o investimento para compensar a depreciação é da ordem de 10% do PIB. Os outros 10% foram para compensar a queda da PTFD.

A seguir, apresentamos resultados da decomposição teórica para taxas de depreciação de 1,85%<sup>36</sup> e 9%, respectivamente.

**Tabela A1: Decomposição Teórica do Crescimento - Brasil ( $d = 1,85\%$ )**

Período	PTFD	fronteira	K/Y	H
1950-59	21%	40%	29%	9%
1960-69	35%	46%	-3%	23%
1970-79	39%	46%	25%	-10%
1980-89	441%	-107%	-136%	-99%
1990-2000	-75%	92%	4%	79%
1950-2000	-40%	72%	36%	33%

---

elevados da taxa de depreciação. Por exemplo, Ellery *et al.* (2002) utilizam um valor de 16%, enquanto Bugarin *et al.* (2003) empregam um valor de 9%. Por outro lado, Ferreira e Val (2001) adotaram 6,5%.

<sup>34</sup> Pessôa e Rob (2002) apresentam um modelo que gera este resultado.

<sup>35</sup> De fato, em estudo recente, Morandi e Reis (2003) calculam, com dados de Contas Nacionais, a série de estoque de capital para o Brasil. Em seu estudo, os autores calculam a série de máquinas e equipamentos e a série de estruturas. Para cada tipo de bem de capital, consideram uma taxa constante de depreciação linear. O estoque total é a agregação dos dois tipos de capital. Os autores obtêm um valor de 3,22 para a relação capital-produto em 2000, o qual é superior ao valor de 2,7 que obtivemos em nosso estudo, indicando que a taxa de depreciação exponencial implícita em seus cálculos é inferior a 3,5% ao ano.

<sup>36</sup> O valor de 1,85% é a taxa de depreciação requerida para que a relação capital-produto no Brasil em 2000, utilizando nossa metodologia e empregando dados de Contas Nacionais, seja igual à obtida em

**Tabela A2: Decomposição Teórica do Crescimento - Brasil (  $d = 9\%$  )**

Período	PTFD	fronteira	K/Y	H
1950-59	95%	40%	-45%	9%
1960-69	62%	46%	-30%	23%
1970-79	28%	46%	35%	-10%
1980-89	352%	-107%	-46%	-99%
1990-2000	-16%	92%	-55%	79%
1950-2000	12%	72%	-17%	33%

Como pode ser observado a partir dos resultados acima, o fato de estarmos usando uma taxa de depreciação mais baixa que a usualmente empregada na literatura reforça nossa conclusão de que a evolução da fronteira tecnológica foi o principal determinante do crescimento do produto por trabalhador no Brasil no período 1950-2000. De fato, como mostra a Tabela A2, uma taxa de depreciação de 9% faz com que a contribuição do capital para o crescimento do produto por trabalhador seja negativa ao longo de todo o período.

#### **A.4 Resultados para Dados das Contas Nacionais do Brasil**

Para efeito de comparação e análise de sensibilidade, refizemos os cálculos da PTFD e das decomposições de crescimento com dados de produto e investimento a preços constantes das Contas Nacionais obtidos no IPEADATA. Os dados de investimento correspondem à Formação Bruta de Capital Fixo a preços de 1980 e a série de produto é calculada a preços de 2000. Para transformar preços de 1980 em preços de 2000 utilizamos a série de deflator implícito do produto disponibilizada no IPEADATA.

A seguir, apresentamos resultados da decomposição logarítmica e da decomposição teórica para o Brasil utilizando dados das Contas Nacionais.<sup>37</sup>

Comparando as Tabelas A3 e A4 com as Tabelas 2 e 3 no texto, podemos observar que os resultados são bastante parecidos. Em particular, a decomposição teórica com dados das Contas Nacionais confirma o resultado de que a fronteira tecnológica foi o principal determinante do crescimento do produto por trabalhador no Brasil entre 1950 e 2000.

---

Morandi e Reis (2003). Ou seja, esta é a taxa de depreciação implícita na série de capital de Morandi e Reis (2003).

**Tabela A3: Decomposição Logarítmica do Crescimento - Brasil (Contas Nacionais)**

Período	PTFD	fronteira	K	H
1950-59	40%	22%	32%	5%
1960-69	1%	39%	40%	20%
1970-79	31%	26%	49%	-6%
1980-89	247%	-58%	-35%	-54%
1990-2000	-54%	65%	33%	56%
1950-2000	-19%	47%	51%	21%

**Tabela A4: Decomposição Teórica do Crescimento - Brasil (Contas Nacionais)**

Período	PTFD	fronteira	K/Y	H
1950-59	67%	37%	-13%	9%
1960-69	1%	65%	0%	33%
1970-79	51%	43%	15%	-10%
1980-89	412%	-97%	-124%	-90%
1990-2000	-89%	109%	-12%	93%
1950-2000	-32%	78%	18%	36%

## A.5 Países da Amostra

a) América Latina: Brasil, Argentina, Bolívia, Chile, Colômbia, Equador, Uruguai, Paraguai, Peru, México e Costa Rica.

b) Países de Língua Inglesa: Estados Unidos, Canadá, Grã-Bretanha, Austrália, Nova Zelândia, Irlanda.

c) Europa Continental: Áustria, Bélgica, Dinamarca, França, Itália, Noruega, Suécia.

d) Países Ibéricos: Portugal e Espanha.

e) Leste Asiático: Japão, Coreia, Tailândia, Taiwan.

## Referências

Barro, Robert. J. (1998). "Notes on Growth Accounting," NBER Working Paper No. 6654.

---

<sup>37</sup> A correlação das duas séries de PTFD, obtidas respectivamente com dados da PWT e dados das Contas Nacionais, é de 0.989.

- Barro, Robert. J. e J. Lee (2000). "International Data on Educational Attainment: Updates and Implications," NBER Working Paper No. 7911.
- Barro, Robert. J. e Xavier Sala-i-Martin (1995). *Economic Growth*. McGraw-Hill, Inc.
- Bugarin, Mirta. S., Roberto Ellery Jr., Victor Gomes e Arilton Teixeira (2003). "The Brazilian Depression in the 1980s and 1990s", mimeo.
- Bils, M. e P. Klenow (2000). "Does Schooling Cause Growth?," *American Economic Review* 90 (5): 1160-1183.
- Bonelli, Regis. e Renato Fonseca (1998). "Ganhos de Produtividade e de Eficiência: Novos Resultados para a Economia Brasileira," *Pesquisa e Planejamento Econômico* 28 (2).
- Burguet, Robert e Jorge Frenández-Ruiz (1998). "Growth through Taxes or Borrowing? A Model of Development Traps with Public Capital," *European Journal of Political Economy* 14: 327-344.
- Djankov, Simeon, Edward L. Glaeser, Rafael La Porta, Florencio Lopez-de-Silanes e Andrei Shleifer (2003). "The New Comparative Economics," NBER Working Paper No. 9608.
- Ellery Jr., Roberto, Victor Gomes e Adolfo Sachsida (2002). "Business Cycle Fluctuations in Brazil," *Revista Brasileira de Economia* 56 (2): 269-308.
- Ferreira, Pedro C. e José L. Rossi (2001). "New Evidence on Trade Liberalization and Productivity Growth," *International Economic Review*, no prelo.
- Ferreira, Pedro C. e Paulo R. C. Val (2001). "Modelos de Ciclos Reais de Negócios Aplicados à Economia Brasileira," *Pesquisa e Planejamento Econômico* 31 (2): 213-248.
- Fraumeni, Barbara (1997). "The Measure of Depreciation in the US National Accounts," *Survey of Current Business*, July.
- Gollin, Douglas (2002). "Getting Income Shares Right," *Journal of Political Economy* 110 (2): 458-474.

- Gomes, Victor, Mirta N. S. Bugarin e Roberto Ellery Jr. (2002) “Long Run Implications of the Brazilian Capital Stock and Income Estimates,” Proceedings of 2002 Latin American Meeting of The Econometrica Society, São Paulo.
- Gomes, Victor, Marcos de Barros Lisboa e Samuel de Abreu Pessoa (2002). “Estudo da Evolução da Produtividade Total dos Fatores na Economia Brasileira: 1950-2000,” mimeo.
- Greenwood, Jeremy, Zvi Hercowitz, and Per Krusell (1997). “Long-Run Implications of Investment-Specific Technological Change,” *American Economic Review* 87(3): 342-362.
- Hall, Robert E. e Charles I. Jones (1999). “Why do Some Countries Produce so Much More Output than Others?,” *Quarterly Journal of Economics* 114: 83-116.
- Heston, Alan, Robert Summers e Betina Atten (2002). “Penn-World Table Version 6.1,” Center for International Comparisons at the University of Pennsylvania.
- Jones, Charles (2002). “Sources of U.S. Economic Growth,” *American Economic Review* 92(1): 220-239.
- Klenow, Peter J. e Andrés Rodríguez-Clare (1997). “The Neoclassical Revival in Growth Economics: Has it Gone too Far?,” *NBER Macroeconomics Annual*.
- La Porta, Rafael, Florencio Lopez-de-Silanes, Andrei Shleifer e Robert W. Vishny (1997). “Legal Determinants of External Finance,” *Journal of Finance*, 52(3): 1131-1150.
- Morandi, Lucilene e Eustáquio J. Reis (2003). “Estimativa do Estoque de Capital Fixo-Brasil, 1950-2000,” Texto para Discussão, IPEA-RJ, no prelo.
- Parente, Stephen L. e Edward C. Prescott (1994). “Barriers to Technology Adoption and Development,” *Journal of Political Economy* 102: 298-321.
- Parente, Stephen L. e Edward C. Prescott (2000). *Barriers to Riches*. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts. London, England.
- Pinheiro, Armando Castelar, Indermit S. Gill, Luis Servén e Mark R. Thomas (2001). “Brazilian Economic Growth, 1900-2000: Lessons and Policy Implications,” mimeo.



- Psacharopoulos, G. (1994). "Returns to Investment in Education: A Global Update" *World Development* 22 (9): 1325-1343.
- Pessôa, Samuel de Abreu e Rafael Rob (2002). "Vintage Capital, Distortion and Development," CARESS Working Paper No. 5, University of Pennsylvania.
- Pessôa, Samuel de Abreu, Silva Matos Pessôa e Rafael Rob (2003). "Price Elasticity of Investment: a Panel Data Approach," mimeo.
- Rodrik, Dani (1994). "Getting Interventions Right: How South Korea and Taiwan Grew Rich," *NBER Working Paper* No. 4964.
- Rodrik, Dani (1996). "Coordination Failures and Government Policy: A Model with Applications to East Asia and Eastern Europe," *Journal of International Economics* 40: 1-22.
- Rodrik, Dani (1999). "Where did all the Growth Go?," *Journal of Economic Growth* 4 (4): 385-412.
- Romer, David (2001). *Advanced Macroeconomics*. 2a Ed. McGraw-Hill.
- Silva Filho, Tito Nícias T. (2001). "Estimando o Produto Potencial Brasileiro: Uma Abordagem de Função de Produção," *Trabalhos para Discussão* 17 (Abril).
- Solow, Robert (1956). "A Contribution to the Theory of Economic Growth," *Quarterly Journal of Economics* 70 (Fevereiro): 65-94.
- Summers, R. e A. Heston (1991). "The Penn-World Table: An Expanded Set of International Comparisons, 1950-1988," *Quarterly Journal of Economics* 106 (Maio): 327-368.
- Young, Alwyn (1995). "The Tyranny of Numbers: Confronting the Statistical Realities of the East Asian Growth Experience," *Quarterly Journal of Economics* 110 (3): 641-680.