

**FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS  
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO**

**Jorge Oliveira Pires**

**Produtividade das Nações: uma abordagem de fronteiras estocásticas**

**SÃO PAULO  
2004**

## **Produtividade das Nações: uma abordagem de fronteiras estocásticas**

Banca examinadora:

Profa. Dra. Maria da Conceição Sampaio

Prof. Dr. Emerson Marinho

Prof. Dr. Paulo Furquim

Prof. Dr. Samir Cury

Prof. Dr. Fernando Garcia (orientador)

**FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS  
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO**

**Jorge Oliveira Pires**

**Produtividade das Nações: uma abordagem de fronteiras estocásticas**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação da  
FGV/EAESP, como requisito para a obtenção do  
título de doutor em Economia de Empresas

Área de Concentração: Economia

Orientador: Prof. Fernando Garcia

**SÃO PAULO  
2004**

## *Agradecimentos*

Ao longo da realização deste trabalho o convívio com uma série de pessoas foi por demais importante. Dessa forma, não poderia deixar de agradecer:

Ao pessoal da Biblioteca Karl Boedecker, que sempre foi muito prestativo e me ajudou a conseguir vários itens da bibliografia: Deolinda, Renata, Roberto, Henrique e, em especial, José Dionísio da Silva.

À Lígia Maria de Vasconcellos pelo estímulo, a amizade, a ajuda na obtenção de alguns itens fundamentais da bibliografia, e também por me ensinar alguns truques providenciais de sintaxe do Stata.

Ao José Ricardo Santana, colega de doutorado, com quem o convívio e discussões foram sempre bastante produtivos e pela permissão de uso de seu indicador de abertura financeira, que sei, foi construído com muito trabalho.

Aos colegas de FGV-SP, Maria Antonieta Del Tedesco Lins, Fernanda Brollo, Euclides Pedrozo, Ana Castelo e Rogério C. de Souza, com quem aprendi a trabalhar em grupo em várias empreitadas acadêmicas.

À Lilian Furquim e André Michelin pela amizade e a força sempre. Em algumas oportunidades teria tido dificuldades imensas de dedicar o tempo que dediquei a este trabalho, não fosse pela ajuda deles.

Aos professores do departamento (e agora da Escola de Economia de São Paulo), com quem tive o prazer de conviver nestes últimos anos e pude ter discussões acadêmicas sempre interessantes: Sérgio Goldbaum, Marcos Fernandes G. da Silva, Francisco Vignoli, Arthur Barrionuevo, Yoshiaki Nakano, Paulo Arvate, Adriana Schor, Luiz Antonio Oliveira Lima.

Ao professor Antonio Álvarez Pinilla da Universidade de Oviedo, Espanha, que ministrou um excelente curso de inverno sobre eficiência e produtividade, no qual pude aprender e consolidar conceitos e técnicas chave que foram utilizados neste trabalho. Foi gentil o bastante para fazer comentários anotados sobre um outro trabalho nosso na mesma área e ainda conversar sobre linhas de pesquisa em eficiência e produtividade. Acrescente-se ainda a grande hospitalidade com que recebeu a mim e a todos os participantes do *VIII European Workshop on Efficiency and Productivity Analysis*, em setembro de 2003.

Ao professor Sergio Perelman, da Universidade de Liège, Bélgica, com quem tive a possibilidade de discutir, em Oviedo, sobre os objetivos desta tese e pela gentileza de me enviar seus trabalhos na área.

Ao professor Tim Coelli, da University of Queensland, Austrália, por ter aceitado o convite feito pelo Prof. Fernando Garcia e por mim para visitar a nossa escola e também participar do Encontro Nacional de Economia da ANPEC. Tive, dessa forma, uma oportunidade única de discutir alguns aspectos de seus modelos, já clássicos na literatura de eficiência. Pude constatar que se trata de uma pessoa extremamente atenciosa e acessível, elogios tecidos não apenas por mim, mas também por várias pessoas que com ele tiveram contato durante sua breve passagem pelo Brasil.

Ao orientador desta tese, professor Fernando Garcia, pelo otimismo inabalável com que encarou a empreitada e ajuda constante em todas as fases dele. Creio que os esforços despendidos por nós neste trabalho podem efetivamente gerar uma nova linha de pesquisa na nossa escola, fato que muito me orgulha.

Por fim, agradeço à minha família pelo apoio e compreensão durante todo o processo de redação desta tese, em especial nos estágios finais dele.

Aos meus pais agradeço o exemplo de dignidade, perseverança e esforço incansável.

# Sumário

<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 1. A medição da produtividade e o conceito de eficiência</b>	<b>3</b>
1.1 Tipos de abordagem na medição da produtividade	4
1.1.1 O conceito de eficiência e a sua natureza	4
1.2 Abordagens paramétricas e não paramétricas	10
1.2.1 Visão geral	10
1.2.2 Abordagens estatísticas: métodos paramétricos, não-paramétricos e semiparamétricos	14
1.3 Classificação das abordagens sobre produtividade e eficiência	18
1.3.1 Abordagens em que a eficiência é pressuposta	18
A) Abordagens não estatísticas, não paramétricas	18
B) Abordagem que pressupõe a eficiência, estatística e paramétrica	26
C) Abordagem de eficiência suposta, estatística e semiparamétrica	27
D) Abordagem de eficiência suposta, estatística e não paramétrica	29
1.3.2 Abordagens que admitem a existência de ineficiência (fronteiras de produção)	29
E) Abordagem de fronteiras, não estatística, não paramétrica	29
F) Abordagem de fronteiras, não estatística e paramétrica	33
G) Abordagem estatística, paramétrica para fronteiras determinísticas	34
H) Abordagem estatística, paramétrica para fronteiras estocásticas	35
1.3.3 Outras abordagem estatísticas (semiparamétrica e não paramétricas)	40
<b>Capítulo 2. Estudos empíricos sobre a PTF agregada</b>	<b>42</b>
2.1 As estimações que pressupõem eficiência	44
2.1.1 Contabilidade de crescimento: modelos não-estatísticos	44
2.1.2 Modelos de regressão com dados de painel	53
2.2 As estimações que não pressupõem eficiência	57
2.2.1 Fronteira de produção determinística: modelos não-estatísticos	57
2.2.2 Fronteira de produção estocástica: modelos estatísticos	60
2.3 Breve balanço das abordagens	62

<b>Capítulo 3. A fronteira de produção mundial 1950-2000</b>	<b>64</b>
3.1 O modelo de fronteira estocástica com dados de painel	65
3.2 Base de dados e amostra	68
3.2.1 Definições das variáveis	68
3.2.2 Amostra de países	72
3.3 Estimativas	77
3.4 Interpretação econômica dos resultados	80
3.5 Considerações finais	87
<b>Capítulo 4. A evolução da PTF e de seus componentes e as fontes do crescimento</b>	<b>89</b>
4.1 A decomposição da produtividade total dos fatores	89
4.1.1 A decomposição de Bauer-Kumbhakar	89
4.1.2 Os dados sobre a distribuição funcional da renda utilizados na decomposição	93
4.2 Evolução da PTF e de seus componentes, por país e períodos	94
Produtividade total de fatores	94
Progresso técnico	96
Eficiência Técnica	97
Eficiência de escala	99
Eficiência Alocativa	100
4.3 As fontes do crescimento econômico	104
<b>Conclusão</b>	<b>114</b>
<b>Anexos</b>	<b>120</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>129</b>

# *Introdução*

O estudo da produtividade é matéria de interesse na teoria econômica desde os clássicos e, provavelmente, mesmo anterior aos trabalhos deles. Alguns pesquisadores atribuem a ela um papel importante na determinação do desempenho econômico das nações e os padrões de vida subjacentes, associando-a aos avanços tecnológicos, enquanto a acumulação de capital físico e humano é encarada como tendo um papel de menor importância. Para outros a importância relativa das fontes de crescimento é inversa. Fato é que a pesquisa recente caminha no sentido da primeira argumentação.

As abordagens de mensuração da produtividade são as mais variadas e aplicadas tanto ao nível de produtores individuais quanto ao nível agregado de ramos industriais ou economias nacionais. Uma distinção chave entre tais abordagens é a pressuposição ou não de eficiência no processo de produção. Dessa forma, há dois veios da literatura, cada qual seguindo uma dessas linhas e que, a bem da verdade, pouco conversam entre si. Uma é a abordagem conhecida como paramétrica e a outra é aquela vista como não paramétrica. Nessas duas searas existem os mais diversos tipos de modelos e essa classificação simples parece não dar conta do fluxo de novos trabalhos. O primeiro capítulo desta tese tem por objetivo classificar essas abordagens, de tal sorte que se tenha uma idéia mais detalhada das metodologias que embasam as diferentes análises empíricas.

O segundo capítulo trata de identificar, dentre as várias abordagens disponíveis, aquelas de uso mais freqüente na mensuração da produtividade agregada e comparar resultados, vantagens e desvantagens metodológicas, procurando evitar comparações inadequadas entre metodologias muito díspares. Uma conclusão a que se chega nesse ponto do trabalho é a de que os métodos que pressupõem eficiência técnica e alocativa não dão conta de esclarecer as razões econômicas por trás das diferenças de produtividade entre nações. Os métodos que relaxam a hipótese de eficiência, chamados de métodos de fronteiras de produção, têm o mérito de separar os efeitos do progresso técnico dos ganhos de eficiência técnica, estes últimos freqüentemente interpretados como difusão tecnológica e aprendizado – isto é, como um efeito de alcance. Em razão disso,



parecem ser adequados para discutir várias das questões levantadas na literatura de crescimento econômico.

O passo natural seguinte, que é dado no capítulo três, é o de apresentar uma alternativa pouco explorada na literatura de crescimento econômico, de mensuração da produtividade usando fronteiras estocásticas de produção. Essa abordagem permite uma posterior decomposição das variações da produtividade em partes que apresentam interpretação econômica intuitiva.

O capítulo quatro usa as estimativas obtidas no capítulo anterior para efetuar a decomposição da taxa de crescimento da produtividade da forma mais detalhada que o estado das artes parece permitir. Isso é feito para um subconjunto de países da amostra (por questões de disponibilidade de dados) que ainda assim mantém um razoável grau de heterogeneidade. Os resultados permitem, então, que se avalie as contribuições da acumulação de fatores, da produtividade (como um todo) e de seus componentes no comportamento da taxa de crescimento do produto por trabalhador.

O trabalho desenvolvido nos capítulos anteriores permite, por fim, que se trace algumas conclusões. De forma geral, a mais importante conclusão do trabalho é a de que a eficiência alocativa importa, e muito, para o estudo comparativo do desempenho econômico das nações. As diferenças de padrão de vida medido pelo produto por trabalhador entre grupos de países (desenvolvidos e em desenvolvimento) guardam grande relação com as diferenças de produtividade nesses países. O progresso técnico, juntamente com a eficiência técnica são os principais responsáveis pela variação dessa produtividade. Nos países em desenvolvimento o efeito da eficiência alocativa é ainda mais importante e contribui fortemente para redução da produtividade. A eficiência alocativa é ainda o componente da produtividade de maior peso na explicação das diferenças entre países ricos e pobres quanto à evolução do produto por trabalhador. Os resultados revelam ainda um efeito de alcance da fronteira (variações na eficiência técnica) que ocorre tanto para países em desenvolvimento quanto para os desenvolvidos.

# *Capítulo 1*

## *A medição da produtividade e o conceito de eficiência*

O estudo da produtividade vem sendo desenvolvido, em ritmo acelerado desde os anos 1950, em duas frentes estanques de trabalho. De um lado, há os trabalhos inspirados pela obra seminal de Solow (1956) e (1957), que seguem a linha metodológica conhecida como contabilidade de crescimento. De outro, há o trabalho inovador de Farrell (1957), que introduziu, a partir do nível microeconômico, novas idéias a respeito da definição dos conceitos de eficiência e de produtividade. A grande distinção entre eles diz respeito a suposição de eficiência na produção, vista em seus aspectos técnico e alocativo. Essa distinção fundamental entre os dois estudos é a mesma que guia a classificação das demais abordagens que será feita neste capítulo.

Um segundo critério relevante para se entender os tipos de abordagem sobre produtividade é a característica de se usar métodos paramétricos ou não paramétricos. Esse segundo critério pode ser encarado de duas formas. Uma delas diz respeito simples ao fato de alguns autores se sentirem mais confortáveis usando métodos de programação matemática e outros preferirem formulações estatísticas. Por outro lado, a distinção entre os dois tipos de método pode ser encarada como reflexo da tendência que os trabalhos aplicados em geral têm seguido de tomar hipótese cada vez menos restritivas quanto a formas funcionais e propriedades das perturbações.<sup>1</sup>

O objetivo deste capítulo é avaliar os métodos de mensuração da produtividade e discutir as premissas a eles subjacentes, de tal sorte que se tenha ao final uma classificação abrangente das várias linhas de pesquisa. Na sequência deste capítulo são analisados com maior profundidade os tipos de abordagem da mensuração da produtividade e é realizada uma classificação dos principais trabalhos teóricos de cada linha de pesquisa.

---

<sup>1</sup> Um terceiro critério de classificação seria o fato de se trabalhar com o problema primal (produção) ou com o problema dual (custos, receita ou lucro), sendo que, a escolha de um ou outro tipo costuma guardar ligação com a disponibilidade de dados sobre preços para proceder à análise empírica. Contudo, a medição da produtividade com modelos duais não é o foco deste trabalho, mas sim as abordagens que usam funções ou fronteiras de produção.

## 1.1 Tipos de abordagem na medição da produtividade

### 1.1.1 O conceito de eficiência e a sua natureza

O primeiro passo a ser tomado no sentido de descrever e classificar a bibliografia relevante sobre produtividade e eficiência é o de buscar uma conceituação clara para esses “fenômenos”. É comum na literatura o uso intercambiante entre os termos eficiência e produtividade, assim como uma confusão entre esses dois termos e o “conceito” pouco rigoroso de competitividade<sup>2</sup>. A idéia geral por trás de todas essas denominações é a de uma comparação entre desempenhos distintos, seja de firmas, indústrias ou países.

Na tradição microeconômica derivada do trabalho de Farrell, a grande preocupação que se apresenta é a de comparar o desempenho econômico de firmas de uma determinada indústria e estimar uma tecnologia que representa o *best practice* dessa indústria. É a partir desse veio da literatura que se pode impor um pouco mais de rigor às definições em questão. No âmbito da teoria microeconômica presente nos manuais da disciplina, a idéia de eficiência produtiva não tem qualquer destaque, pelo simples fato de que a hipótese de comportamento maximizador por parte dos agentes econômicos acaba levando, como resultado imediato, à eficiência. Exemplos do caso contrário, de ineficiência, não têm grande sentido nessa abordagem, a não ser como algum estado transitório que o mecanismo de mercado competitivo tratará de reverter. De um ponto de vista prático, é pouco defensável, contudo, a idéia da inexistência de ineficiências.

Álvarez (2001) destaca as três dimensões da noção de eficiência, cada qual associada a um tipo de decisão que precisa ser tomada pela firma:

1. Eficiência de escala, que ocorre quando a empresa toma a decisão correta quanto ao nível de produção ótimo (dentre aqueles possíveis), isto é que possibilita a maximização do benefício total (o que implica a condição de benefício marginal igual ao custo marginal);
2. Eficiência alocativa, que ocorre quando a firma escolhe, dentre todas as combinações de quantidades de fatores capazes de produzir a quantidade descrita em (i),

---

<sup>2</sup> Segundo Álvarez (2001a) muito das confusões em torno do termo competitividade se devem ao fato de não se tratar de um conceito explicitamente definido no âmbito da teoria econômica neoclássica. Como consequência, tampouco há uma definição matemática, isto é, não há uma maneira intuitiva ou padrão de medi-la.

aquela que permite minimizar o custo total de produção. Aqui as quantidades dos fatores devem ser tais que os seus respectivos produtos marginais sejam iguais aos preços dos fatores;

3. Eficiência técnica, que ocorre quando a firma consegue obter o máximo possível de produto com a quantidade utilizada de fatores, ou, o que é equivalente, é capaz de produzir a quantidade escolhida com o mínimo possível dos fatores de produção. Em outras palavras, não há desperdício de recursos; esta última condição, quando verificada, significa que a firma em questão está trabalhando sobre a sua função de produção.

Deve-se ressaltar que a idéia em si de ineficiência, não implica na abdicação da hipótese fundamental de comportamento maximizador dos agentes, mas apenas que existe a possibilidade de tomadas de decisão que simplesmente não conduzem à eficiência (otimização imperfeita). Uma empresa pode, em princípio, apresentar os três tipos de eficiência descritos ou então apenas dois, um, ou mesmo nenhum deles.

Já a noção de produtividade remete quase que imediatamente ao conceito de produtividade média de um fator de produção: produtividade média do trabalho, por exemplo, ou do capital, da terra, etc. A produtividade média de um fator é freqüentemente confundida com o conceito de eficiência, a despeito da caracterização feita anteriormente deste último conceito. Em um contexto em que se produz um único produto a partir de um único fator de produção, a produtividade média de um fator pode efetivamente apresentar alguma utilidade na comparação de desempenhos de firmas. Já no contexto de produção de um ou mais produtos a partir de vários inputs, ela teria sentido apenas no caso de uma tecnologia de produção com coeficientes fixos (e, portanto, sem possibilidade de substituição entre os fatores). O motivo é simples e pode ser ilustrado com um exemplo. Suponha que uma empresa produz um determinado produto a partir de dois insumos. Ambas estão operando sobre a mesma isoquanta, porém uma usa muito capital e pouco trabalho e a outra o contrário. Percebe-se que, se for tomada a produtividade média do trabalho como critério de comparação da “eficiência” relativa das firmas, uma delas (a que usa menos trabalho) será mais eficiente que a outra. Caso alternativamente se tome a produtividade do capital como critério, então a ordenação será invertida.

Essas dificuldades com as produtividades parciais dos fatores acabaram levando ao conceito batizado de produtividade total dos fatores (PTF), que pode ser definido como uma razão

entre a soma ponderada de produtos e a soma ponderada de insumos utilizados. Tomando os  $\alpha_i$  e  $\beta_j$  como pesos dos produtos finais  $y_i$  e dos insumos  $x_j$ , respectivamente, com  $i$  e  $j$  identificando cada um deles, tem-se:

$$PTF = \frac{\sum \alpha_i y_i}{\sum \beta_j x_j}$$

Pode-se facilmente mostrar que a expressão acima se converte no inverso do custo médio de produção no caso em que se tem um único produto e vários insumos, cada qual deles sendo ponderado pelo respectivo preço no somatório do denominador.

Em que pese os termos produtividade e eficiência sejam muitas vezes usados como sinônimos, de fato os conceitos em questão não são equivalentes e se referem a aspectos distintos do processo produtivo. Com efeito, quando se toma a dimensão da eficiência relacionada à ausência de desperdício, isto é, a eficiência técnica, isso se torna mais claro. Pode-se variar a produtividade média de um fator de produção, mantendo-se constante o nível de desperdício, ao mesmo tempo em que é possível reduzir-se o desperdício, mantendo-se constante o nível de produtividade média, o que ocorre quando há simultaneamente um aumento do emprego de fatores.

Como dito anteriormente, a distinção fundamental entre os tipos de abordagem sobre produtividade é a possibilidade de existência ou não de ineficiências no processo produtivo. Na abordagem derivada do trabalho de Solow (1956) e na maior parte dos trabalhos que buscam medir a produtividade com base em números índices, é pressuposta a eficiência no processo produtivo nas três dimensões explicitadas anteriormente<sup>3</sup>. Já na pesquisa que deriva do trabalho de Farrell (1957), admite-se explicitamente a possibilidade de ineficiências na produção. Quando isso ocorre, além das contribuições para o crescimento derivadas do acúmulo de fatores produtivos e do aumento da produtividade desses fatores, uma terceira fonte de crescimento aparece: a redução de eventuais ineficiências presentes na produção.

Note que, na abordagem ao estilo de Solow, que pressupõe a eficiência, a contribuição da redução de possíveis ineficiências estaria embutida nos ganhos de produtividade, uma vez que esta última é obtida como resíduo. Para alguns, esse resíduo é interpretado como uma medida do a-

---

<sup>3</sup> Uma exceção é o método dos índices de Malmquist, calculados com base nas distâncias radiais sugeridas por Farrell. Essa metodologia será discutida mais adiante neste trabalho. Note-se também que é possível demonstrar a equivalência entre o chamado resíduo de Solow e um número índice para produtividade, dadas as hipóteses sobre o processo produtivo tomadas por esse autor.

vanço tecnológico, o que significa dizer que a contribuição deste último será subestimada ou superestimada conforme haja perdas ou ganhos de eficiência. Para outros esse resíduo é tido como uma “medida da nossa ignorância”<sup>4</sup> sobre o processo produtivo, e nesse sentido, sugere-se aqui que a contribuição de Farrell seria uma forma de reduzir tal ignorância.

Sob um ponto de vista prático, é pouco questionável a existência de ineficiência no processo de produção das empresas. A discussão de como medi-la dá o tom da literatura derivada do trabalho de Farrell, sendo que, a discussão “filosófica” sobre as motivações dessa ineficiência ocupou bem menos espaço na literatura. Ao que parece, os poucos defensores da existência de ineficiências na produção que se aventuraram a travar um debate aberto com o *mainstream*, sobre as motivações do fenômeno (e.g.: Leibenstein, 1966), foram alvo de duras críticas. Isso se deve ao fato de uma das mais arraigadas crenças dos economistas ser a de que os agentes econômicos têm um comportamento maximizador e, qualquer argumento que remotamente possa parecer um questionamento de tal crença costuma ser tomado como uma heresia<sup>5</sup>.

Leibenstein procurou argumentar que a produção tende a ser ineficiente em razão de pouca motivação dos trabalhadores (incentivos por meio de remuneração inadequados, por exemplo), de problemas de informação, monitoração e de agência. Seu trabalho foi motivo de críticas severas por parte de Stigler (1976). Stigler argumenta que as ineficiências apontadas por Leibenstein poderiam facilmente ser incorporadas na teoria tradicional da ineficiência alocativa. Por trás do argumento de Leibenstein está, segundo Stigler, a racionalização do fracasso de se atingir o nível máximo de produção (a partir de quantidades estabelecidas de insumos e de uma tecnologia dada) por meio de dois canais possíveis: o conhecimento e a motivação.

A existência de motivações distintas dos detentores dos recursos seria uma razão para que quantidades idênticas de recursos humanos e de conhecimento técnico empregados por duas firmas distintas acabassem levando-as a ter como resultado final quantidades distintas de um mesmo produto fabricado por ambas. A idéia fundamental de Leibenstein seria, pois, a de que, se os indivíduos podem, em alguma medida, fazer escolhas sobre o grau de atividade, sobre a qualida-

---

<sup>4</sup> O termo “*a measure of our ignorance*” foi cunhado por Abramovitz (1956), mesmo antes do trabalho de Solow sobre contabilidade de crescimento ser publicado. Na sua abordagem, Abramovitz elaborou um índice de produtividade com base em números índices parciais para produtos e insumos e ressaltou que uma parte considerável do crescimento econômico era explicada por ele, sugerindo muita precaução com tal resultado, uma vez que muito pouco era conhecido sobre as causas do aumento da produtividade (daí a idéia de “medida da nossa ignorância”).

<sup>5</sup> Com efeito, uma das respostas de Leibenstein a esses ataques (especificamente a Stigler, 1976) recebeu o título irônico de “*X-efficiency Exists: Reply to an exorcist*” (Leibenstein, 1978).

de e ritmo de trabalho e sobre o tempo gasto na produção, então é pouco provável que escolham um conjunto de quantidades desses fatores tal que a produção seja maximizada.

O argumento de Stigler, contrário a essa visão, passa pela caracterização do objetivo do produtor como sendo o de maximizar utilidade e não quantidade de produto. Assim, na sua função utilidade não entraria apenas aquilo que ele produz, mas também outros bens, incluídos aqui, lazer e saúde:

“When more of one goal is achieved at the cost of less of another goal, the increase in output due to (say) increased effort is not an increase in “efficiency”; it is a change in output.” (Stigler, 1976, p. 213).

Efeitos tais como os de uma redução na quantidade de recursos gastos com adimplemento de contratos poderiam, segundo Stigler ser encarados como efeitos do mesmo tipo que uma melhoria tecnológica. A frase de Stigler remete quase que de forma imediata ao conceito de eficiência técnica cunhado por Koopmans (1951), que definiu eficiência técnica da seguinte maneira: um produtor é tecnicamente eficiente se, e somente se, é impossível produzir mais de um bem sem que seja preciso, para tanto, produzir menos de outro bem ou usar uma quantidade maior de algum insumo. A visão de Stigler é a de que qualquer ineficiência encontrada no processo de produção é de natureza alocativa. Esse tipo de ineficiência se apresenta basicamente em razão de não se levar em conta todos os “aspectos” da produção, sejam eles insumos relevantes omitidos ou medidos de forma incorreta, ou mesmo a identificação correta do que efetivamente está sendo maximizado. Dessa forma, a teoria da *X-efficiency* confundiria a busca de outros objetivos (como a produção de outros bens) com ineficiência. Isso pode ser ilustrado por duas passagens do texto de Stigler:

“This tunnel vision of output seems entirely unrewarding: it imposes one person’s goal upon other persons who have never accepted that goal. There is no waste in this sort of X-inefficiency: waste is a foregone product that could be acquired for less than its cost”

“When he copiously illustrates that “changes in incentives will change productivity per man” (Leibenstein, 1966, p.401), he is assigning motivation an independent role, whereas ordinary economic language would classify the methods of remuneration of employees as part of the state of technology” (Stigler, 1976, p.214).

Para Stigler toda ineficiência pode ser atribuída a algum fator de produção, isto é, as ineficiências estão relacionadas tanto aos custos quanto aos retornos. O produtor está sempre sobre a

sua própria função de produção, podendo tal função estar abaixo ou acima das funções dos demais produtores. Qualquer “perda” de produção é associada a um fator, e o proprietário desse fator terá um incentivo para passar a usá-lo adequadamente.

Da mesma forma como na teoria do consumidor, em que se elimina ou evita a comparação entre preferências distintas de consumidores (afinal, “gosto não se discute”), a teoria neoclássica da produção elimina a comparação entre tecnologias diferentes usadas por firmas distintas. Isso porque, como o próprio Stigler salienta, a escolha da tecnologia não é objeto da análise e, tal fato constitui ao mesmo tempo um mérito e um demérito da teoria. Para se comparar os desempenhos de duas firmas seria preciso adotar a tecnologia de uma delas, ou então de uma firma média, na forma como sugerida por Marshall<sup>6</sup>. Sob o ponto de vista de Stigler essa imposição de uma tecnologia diferente da escolhida pela firma seria inaceitável<sup>7</sup>.

O problema de como cada empresa escolhe a sua tecnologia, persiste, e ao que parece não foi respondido de forma aceitável por ninguém. Segundo Stigler, tal problema está intimamente relacionado à aquisição de conhecimento técnico. O “mercado de conhecimento” apresenta custos e retornos distintos para investimentos em aquisição de conhecimento, conforme algumas características das firmas, tais como, porte, a idade do capital atual, experiência dos gerentes. Alguns modelos recentes da nova teoria do crescimento econômico procuram atacar a questão levando consideração esses fatores. É interessante notar que vários modelos de fronteiras de produção, que calculam ou estimam a ineficiência técnica, têm como preocupação a busca dos determinantes dessa ineficiência técnica<sup>8</sup>. Dentre os “suspeitos habituais”, freqüentemente estão listados os fatores acima ressaltados por Stigler.

Mesmo que se admita que os mercados competitivos levem a eficiência, o mecanismo pelo qual isso deve ocorrer é a seleção de firmas que sejam eficientes. Isto significa que as firmas que por ventura sejam ineficientes, do ponto de vista técnico ou alocativo, serão levadas a sair do

---

<sup>6</sup> Marshall (1948) caracteriza as possibilidades de produção como quantidades médias de produto obtidas a partir de quantidades dadas de insumos. A firma que empregaria tais insumos seria, assim, um produtor representativo. Ele chega a enumerar algumas características desse produtor representativo. Seria uma firma que está a um bom tempo no mercado, com habilidades gerenciais normais e acesso “normal” a economias internas e externas.

<sup>7</sup> Não seria impreciso, pois, dizer que Stigler concordaria com a visão de Abramovitz, da produtividade como “medida de nossa ignorância” (e, a julgar pela mordacidade de suas críticas, Leibenstein foi encarado como a personificação de tal ignorância).

<sup>8</sup> Isso pode ser feito como uma segunda etapa da análise, após o cálculo ou estimativa das ineficiências, como em Pitt & Lee (1981), por exemplo. Trabalhos posteriores apontam para problemas econométricos nesse procedimento e argumentam pela necessidade de um procedimento em um único estágio (e.g. Battese & Coelli, 1995).



mercado em que atuam, por incapacidade de concorrer com as demais firmas eficientes. O tempo que esse processo pode levar é, contudo, desconhecido. Pode-se argumentar também que as firmas ineficientes podem não vir a sair do mercado, mas sim caminhar no sentido contrário e vir a atingir a eficiência. Ao que parece, pois, os defensores da abordagem que admite ineficiências consideram que o período de tempo para esses ajustes não é pequeno.

Uma vez posta a discussão acima, é preciso apontar para uma característica fundamental da teoria microeconômica, que tem implicações claras para especificação de modelos empíricos. Na microeconomia tradicional, a idéia por trás do conceito de eficiência é a de uma função (de produção, de custo ou de lucro) que funciona como uma fronteira, isto é, sobre tal função de produção tem-se o máximo possível de produto, dadas as quantidades de fatores. Tomando-se um conjunto de dados de quantidades produzidas e fatores empregados (e seus preços, no caso do problema dual) para firmas de uma indústria, pode-se escrever um modelo estimável ao qual precisam ser adicionadas perturbações (a equação de regressão especificada jamais se ajustará de maneira perfeita aos dados). Essas perturbações não podem simplesmente ser encaradas como tendo uma distribuição simétrica com média zero, dada a natureza envoltória do problema. Não se trata de encontrar uma função que passe em meio aos dados, mas sim uma que os envolva. Discussões sobre essas questões parecem ter influenciado mais a literatura de fronteiras de produção do que o debate sobre a existência ou não de ineficiência técnica e sua “natureza”. Talvez por que este último tenha maior serventia para a interpretação de resultados do que implicações para a construção de modelos.<sup>9</sup>

## 1.2 Abordagens paramétricas e não paramétricas

### 1.2.1. Visão geral

Uma vez feita a divisão das abordagens entre aquelas que pressupõem a eficiência e aquelas que não o fazem, uma outra distinção importante entre os tipos de análise existentes sobre produtividade é a que se faz entre abordagens de cunho paramétrico e aquelas não paramétricas. Ainda que uma primeira impressão sugira que essa classificação seja simples e clara, isto é, ou se

---

<sup>9</sup> Alguns trabalhos interessantes de fundamentação da eficiência técnica são os de Bogetoft (2000) e (2003). Esse autor trabalha com o que chama de “*rational inefficiencies*” e sua fundamentação, com base em modelos de agente-principal e estrutura de incentivos para empregados.

parte de uma especificação paramétrica de uma tecnologia (função de produção, custo ou lucro) ou não, a maneira livre com que os termos paramétrico e não paramétrico são usados revela a necessidade de maior cuidado na definição desses conceitos.

Existem dois contextos básicos em que esse tipo de classificação pode aparecer. O primeiro deles é um contexto que se poderia chamar de *não estatístico*, uma vez que nele não se especifica um modelo estatístico da relação entre os níveis observados de produção e uma função de transformação de insumos em produto. O segundo contexto é um contexto *estatístico*, ou melhor, econométrico. Essa contextualização é talvez mais importante até que a própria classificação dos métodos em paramétricos ou não paramétricos, ainda que estes últimos sejam os termos mais comumente encontrados na literatura.

Alguns métodos são chamados de não paramétricos em razão de serem elaborados de forma *não estatística* e não se preocuparem com a adoção de modelo econométrico que envolva uma forma funcional específica para uma função de produção ou considerações sobre a distribuição de probabilidade do termo de erro. É esse o caso, por exemplo, do método dos números índices para cálculo da produtividade. O cálculo da produtividade por meio de números índices não é em sua essência um método de natureza estatística, isto é, não tem preocupações de cunho probabilístico quanto a uma forma de estimação de parâmetros econômicos relevantes. Em outras palavras não tem como preocupação sua, a imposição de restrições paramétricas *a priori* sobre o processo de produção, que teriam o intuito de facilitar o processo de estimação, a inferência e, portanto, a obtenção de conclusões a partir dos dados observados.

Contudo, é preciso ressaltar que, uma vez que os cálculos envolvam mais de um fator de produção e, conseqüentemente, exista a possibilidade de substituição de um por outro, torna-se impossível a tarefa de medir a produtividade sem que se faça menção a algum tipo de função de transformação (ou de produção), ou a alguma forma de se caracterizar a tecnologia utilizada para produzir (ainda que não se estipule uma forma funcional para ela). Em outras palavras, qualquer medida de produtividade que se tome é específica para o tipo de tecnologia usado e as possibilidades de substituição entre os fatores que são inerentes a ele.

Um segundo exemplo de abordagem não paramétrica (agora em um contexto em que a ineficiência é permitida) seria aquele que aplica técnicas de programação matemática para calcular a eficiência numa indústria (com a possibilidade de comparação entre os graus de eficiência das diversas firmas que a compõem). Esse é o caso da abordagem de Farrell (1957) e de uma de-

rivação dela, o método *Data Envelopment Analysis* (DEA) desenvolvido inicialmente por Charnes, Cooper & Rhodes (1978).

No outro extremo da classificação ter-se-ia, como um exemplo de abordagem paramétrica, a estimação tradicional de funções de produção médias, em um contexto em que não há ineficiência, e fazendo uso do método dos mínimos quadrados ordinários. Aqui, ao contrário do método dos números índices ou da abordagem da programação matemática, especifica-se um modelo estatístico para a relação entre o produto observado e a função de produção. Também é regra, nesse contexto, adotar uma forma funcional específica para a função de produção (e.g. Cobb-Douglas ou translog).

Assim, até aqui são identificados dois extremos na classificação: de um lado uma abordagem não estatística, não paramétrica, e, de outro, uma abordagem estatística e paramétrica. Uma parte considerável dos estudos sobre produtividade e eficiência se encontra em algum lugar entre esses dois extremos, alguns mais próximos do primeiro outros mais próximos do segundo. Com efeito, pode-se identificar na literatura, por exemplo:

- i. modelos não estatísticos, porém, paramétricos, como o de Aigner & Chu (1968);
- ii. modelos estatísticos semiparamétricos que pressupõem a eficiência, tal como o de Olley & Pakes (1996), que pressupõe eficiência;
- iii. modelos estatísticos semiparamétricos que não pressupõem eficiência (modelos de fronteiras de produção) e.g. Park, Sickles & Simar (1998);
- iv. modelos estatísticos não paramétricos que pressupõem eficiência, tal como o de Iwata et al (2002)
- v. modelos estatísticos não paramétricos que não pressupõem eficiência, tais como o de Henderson (2003) que têm fundamentação no modelo de fronteiras estocásticas e o modelo (estatístico, não paramétrico) de Simar & Wilson (2000) que usa técnicas de FDH e DEA<sup>10</sup> (e, portanto, tem origem na abordagem de fronteiras determinísticas).

Note que é necessário evitar uma identificação entre os termos *não estatístico* e *determinístico*, que são por vezes usados de forma indistinta. Isso porque a literatura sobre fronteiras de produção, que admite a possibilidade de ineficiências, costuma classificar alguns modelos como sendo de fronteiras determinísticas, ainda que sejam feitas suposições distribucionais sobre o

---

<sup>10</sup> FDH é a sigla para *free disposal hull*. O método DEA, *data envelopment analysis*, além das hipóteses presentes no FDH, supõe a convexidade da tecnologia de produção.

comportamento do termo de erro do modelo (exponencial, seminormal, gama, etc). Isso ocorre em função da denominação *determinística* se referir exclusivamente à fronteira de produção. Dessa forma, em que pese a terminologia pareça contraditória, alguns modelos presentes na literatura podem ser encarados como “modelos estatísticos de fronteiras determinísticas”. É o caso dos trabalhos de Afriat (1972), Richmond (1974) e Schmidt (1976).

Recentemente, alguns pesquisadores têm trabalhado com modelos de natureza algo semelhante aos dos autores mencionados logo acima, usando, porém, as técnicas não paramétricas de FDH (*free disposal hull*) e DEA (*data envelopment analysis*) para estimar fronteiras, mas procurando especificar também um modelo estatístico a partir de hipóteses quanto ao processo gerador de dados envolvido no problema<sup>11</sup>. Esse procedimento permite determinar as propriedades estatísticas desses estimadores. Mais uma vez, teríamos um modelo de fronteira determinística, porém, estatístico. Não teria sentido, contudo, a distinção entre os termos, *não estatístico* e *determinístico* em um contexto em que a eficiência é suposta.

Dentre as abordagens de cunho estatístico, também é possível identificar, além das que usam métodos exclusivamente paramétricos, aquelas que procuram fazer uso de métodos não paramétricos. O uso exclusivo de métodos não paramétricos, porém, não é comum na literatura de economia da produção, sendo mais comum (e crescente) o uso desse tipo de técnica em conjunto com técnicas paramétricas. Daí a idéia de classificar alguns modelos, que usam ambos tipos de técnicas, como semiparamétricos.

Cooper et al (1996, 1998) e Olesen & Petersen (1995, 1999) buscam a formulação de um modelo do tipo DEA, porém, *chance-constrained*, isto é, um modelo em que as restrições de envoltória ou de multiplicador tenham caráter probabilístico. Em outras palavras, procuram dar um passo no sentido de elaborar um modelo DEA estocástico. A idéia é a de converter as *chance-constraints* em equivalentes certos a partir de hipóteses distribucionais e então calcular o grau de eficiência. O procedimento envolve a especificação completa da distribuição de probabilidade a partir da qual os dados são conseguidos (todos os seus parâmetros) e também o conjunto de probabilidades com as quais as restrições devem ser satisfeitas. Lovell (2001) aponta ainda para pos-

---

<sup>11</sup> Simar & Wilson (2000) discutem a formulação desse tipo de modelo, bem como a inferência nesse contexto.

sibilidades de pesquisa usando uma abordagem alternativa a essa. Trata-se da abordagem de *fuzzy programming* para o DEA e o FDH<sup>12</sup>

A classificação de modelos econométricos que estudam produtividade e eficiência segundo estes adjetivos (paramétricos, não paramétricos ou semiparamétricos) é importante o suficiente para que se faça algumas considerações sobre essa taxonomia na subseção seguinte.

### **1.2.2. Abordagens estatísticas: métodos paramétricos, não-paramétricos e semiparamétricos**

O adjetivo *semiparamétrico* sugere “um meio termo” entre as outras duas classificações extremas (paramétrico e não paramétrico). Em essência essa idéia está correta, mas é preciso que se faça algumas qualificações. Primeiro, há que se reiterar que o contexto em que se usa a terminologia semiparamétrico é um contexto econométrico, isto é, estatístico. Os modelos semiparamétricos são um desenvolvimento oriundo da abordagem paramétrica, de um lado, e da não paramétrica, de outro, sendo ambas empregadas em um contexto estatístico. Em segundo lugar, há que se deixar claro que a motivação dos métodos semiparamétricos é a de relaxar as hipóteses restritivas (quanto à forma funcional e quanto à distribuição da perturbação estatística), que são comumente feitas no contexto paramétrico.

Uma tendência que vem se tornando clara na pesquisa econométrica recente é a da busca de novos métodos e técnicas que sejam mais parcimoniosos nas hipóteses restritivas frequentemente tomadas para que se leve adiante um exercício de estimação. A idéia simples por trás dessa tendência é a de que a imposição de tais restrições é, em boa parte das vezes, inadequada ou não tem, a priori, uma motivação econômica clara. Em outras palavras, a conveniência e facilidade geradas por essas hipóteses já não se mostram tão atrativas aos pesquisadores, em especial, quando se tem em conta os problemas que surgem quando de uma especificação equivocada.

Quando se avalia o caminho que vai de uma formulação paramétrica para outra semiparamétrica e depois para a não paramétrica (estatística), pode-se enxergá-lo como uma trajetória na qual as hipóteses restritivas vão sendo relaxadas, o que, em si, seria um movimento desejável, pois as formulações tornam-se mais robustas. Contudo, sabe-se que, à medida que esse movimento ocorre, as conclusões que podem ser tiradas a partir dos dados são mais fracas.

---

<sup>12</sup> Segundo Lovell (2001), uma introdução a esse método é fornecida por Triantis & Girod (1998).

Vários dos problemas empíricos em economia passam pela estimativa de funções de média condicionada. A abordagem de tipo paramétrica é a mais comum para atacar esse problema. Nesse tipo de abordagem toma-se a hipótese de que a forma da função de média condicionada é conhecida, restando apenas estimar alguns parâmetros nela presentes e que ainda não são conhecidos. A praticidade desse tipo de procedimento está ligada à simplificação resultante dele para a estimação em si e para a análise de inferência.

Um outro aspecto importante ressaltado por Pagan & Ullah (1999) é o de que a denominação *não paramétrico*, não significa pura e simplesmente que não usados parâmetros de qualquer tipo no processo de estimação. Algumas técnicas de estimação de momentos condicionais de  $Y$ , dado que  $X=x$  e das derivadas dessa medida são chamadas de *não paramétricas*, ainda que, para aplicá-las, seja necessário o uso de parâmetros tais como a largura da “janela” para estimadores do tipo *kernel* ou o número de termos da aproximação de estimadores do tipo série (polinômio). Os parâmetros específicos mencionados acima não têm significado econômico e não são efetivamente aqueles nos quais os pesquisadores estão interessados. Daí a denominação de *não paramétricas* para essas técnicas de estimação. Vários modelos têm, por um lado, parâmetros com significado econômico definido, e, por outro, apresentam características que são de difícil descrição à moda paramétrica. Pagan & Ullah (1999) se referem a esses modelos como sendo do tipo semiparamétrico.

Os métodos semiparamétricos têm por objetivo reduzir a restritividade das hipóteses requeridas para a estimação do modelo e a realização da inferência, de tal forma que um erro de escolha seja menos provável e não comprometa todo o trabalho econométrico. Uma outra característica importante da abordagem semiparamétrica é de não apresentar certas desvantagens dos métodos não paramétricos tradicionais que não fazem qualquer hipótese sobre a forma da função de média condicionada. Dessa forma pode-se dizer que métodos semiparamétricos são aqueles que se destinam a estimar uma função desconhecida, assim como um parâmetro (vetor de parâmetros) desconhecido, porém, de dimensão finita.

Horowitz (1998), na introdução de seu livro sobre métodos semiparamétricos, caracteriza a abordagem tomando um exemplo inusitado: o caso simples da estimação de um vetor de coeficientes no modelo linear  $Y=X\beta+U$ , no qual  $Y$  é a variável dependente;  $X$  é um vetor de variáveis explicativas; e  $U$  é uma variável aleatória não observada, cuja média condicionada a  $X$  é zero. O

próprio autor admite que caracterizar esse modelo tão simples e conhecido como semiparamétrico soa como um exagero, mas as razões que o levam a fazê-lo são pertinentes e relatadas abaixo.

Caso a distribuição de  $U$  seja conhecida, apresentando um número finito de parâmetros, então temos que os estimadores obtidos pelo método de máxima verossimilhança para os coeficientes em  $\beta$  e para os parâmetros da distribuição de  $U$  são assintoticamente eficientes. As famílias de distribuições da Normal, da Exponencial e da Poisson, por exemplo, apresentam dimensão finita de parâmetros. A rigor essas distribuições são completamente determinadas quando tais parâmetros são conhecidos (média e desvio-padrão, no caso da normal). Quando não se conhece a distribuição de  $U$  e, portanto, não se sabe o número de parâmetros envolvidos nela, então se diz que a estimação de  $\beta$  é semiparamétrica. Assim, o estimador de MQO, que é consistente (uma vez tomadas algumas hipóteses pouco restritivas) pode ser interpretado como um exemplo de estimador semiparamétrico, independentemente da distribuição de  $U$ . Já um estimador paramétrico de  $\beta$  pode não ser consistente. Para tanto, basta que o pesquisador cometa o equívoco de tomar uma distribuição inapropriada para o termo de erro. Um estimador de máxima verossimilhança, por exemplo, será inconsistente caso  $X$  tenha distribuição exponencial, mas o pesquisador cometa o erro de tomá-la como sendo lognormal.

Um outro aspecto diz respeito à forma linear do modelo acima. Se  $y_i$  e  $x_i$  têm distribuição conjunta normal, sabe-se que  $E(y_i|x_i)=x_i'\beta$  ou  $y_i=x_i'\beta+u_i$  e o melhor estimador de  $\beta$  é o de mínimos quadrados ordinários (MQO). Pagan & Ullah (1999) ressaltam que, caso  $u_i$  não seja normal o estimador MQO ainda continua sendo BLUE, porém não há razão clara para que a linearidade em  $y_i$  seja uma propriedade desejável. O melhor estimador poderia ser uma função não-linear de  $y_i$ . O interesse em se escolher o melhor estimador de  $\beta$  no caso em que  $E(y_i|x_i)=x_i'\beta$  e  $u_i$  não tem distribuição normal vem crescendo e guarda relação com o aparecimento de grandes bancos de dados em que a característica da normalidade não pode ser admitida de forma impune.

O caminho mais comum tomado pelos pesquisadores nos seus trabalhos é o de atribuir uma densidade ao termo de erro  $u_i$  e buscar o melhor estimador usando o método da máxima verossimilhança. Contudo, caso se tome uma distribuição errada para o termo de erro, o resultado pode ser pior que o da simples suposição de normalidade. Isso acabou levando a um crescimento do interesse pela busca de um estimador de  $B$  que fosse o mais eficiente possível, usando-se para tanto estimativas não paramétricas da densidade de  $u_i$ .

É importante frisar que não há tampouco, uma razão a priori para que se tome esta ou aquela forma para função média condicionada, sendo a escolha feita por conveniência. Em outras palavras, nada garante que a forma escolhida seja a correta. Uma escolha incorreta, por sua vez, pode invalidar os resultados obtidos e comprometer toda a inferência realizada. No caso da estimativa de fronteiras (de produção, custo ou lucro) isso pode ocorrer ainda que a distribuição do termo de erro composto seja corretamente especificada.

Por vezes a motivação para o desenvolvimento de modelos semiparamétricos para estimação de funções ou fronteiras de produção está relacionada com o tratamento que eles podem dar a alguns problemas que costumam contaminar a estimação desse tipo de modelo. Dois exemplos são os problemas inter-relacionados de seleção e simultaneidade. Dados de painel para firmas de uma determinada indústria podem revelar que durante o período de análise as entradas e saídas de empresas do setor foram significativas, assim como mudanças no tamanho proporcionadas por cisões, fusões e aquisições (em razão, por exemplo, de uma reestruturação após alterações na regulamentação dele).

Esse fenômeno não pode ser desprezado, uma vez que a opção de finalizar as operações ou a escolha da quantidade de fatores a empregar (no caso de se continuar operando) depende da produtividade das firmas. Dessa forma, como resultado da reestruturação tem-se os dois problemas mencionados anteriormente: um problema de seleção que aparece em razão da relação entre a produtividade, uma variável não observada e a decisão de fechamento da empresa; e outro problema de simultaneidade, que é gerado pela relação entre a produtividade e a demanda por fatores de produção.

Segundo Olley & Pakes (1996) um trabalho referencial sobre o assunto, na indústria de equipamentos para telecomunicações essa produtividade apresenta grande variabilidade entre firmas e elevada correlação ao longo do tempo. Os problemas mencionados são resolvidos pelos autores por meio da formulação de um modelo que introduz técnicas não paramétricas de estimação. A literatura de fronteiras de produção estocásticas acaba resolvendo a questão por meio da simples adoção de hipóteses sobre a distribuição da produtividade (que aparece no modelo como



resíduo)<sup>13</sup>. Uma outra saída seria o uso de variáveis instrumentais. Contudo, é difícil encontrar instrumentos apropriados no contexto de estimação de funções de produção<sup>14</sup>.

### 1.3 Classificação das abordagens sobre produtividade e eficiência

#### 1.3.1. Abordagens em que a eficiência é pressuposta

##### A) Abordagens não estatísticas, não paramétricas

A abordagem da contabilidade de crescimento nasce fundamentalmente com a análise de funções de produção agregadas para uma economia nacional proposta por Solow (1957). Nela, parte-se de uma função de produção do tipo Hicks-neutra com retornos constantes de escala, que é derivada com relação ao tempo, forçando-se algebricamente o aparecimento de uma expressão na qual a taxa de crescimento do produto é escrita em função das taxas de crescimento do fator capital e do fator trabalho, em que  $\varepsilon_K$  e  $\varepsilon_L$  são as elasticidades do produto com relação aos fatores:

$$Y(t) = F(A(t), K(t), L(t))$$

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{A}}{A} + \varepsilon_K \cdot \frac{\dot{K}}{K} + \varepsilon_L \cdot \frac{\dot{L}}{L}.$$

A variação no fator Hicksiano  $A$  da função de produção costuma ser interpretada com o progresso técnico e pode ser estimada como um resíduo na equação acima. Para tanto é preciso supor que os fatores de produção são remunerados conforme as suas respectivas produtividades marginais, uma vez que as elasticidades-fator do produto que aparecem na expressão acima não são variáveis observáveis. Dessa forma, os preços relativos dos fatores tomam o lugar das produtividades na expressão, o que leva as elasticidades anteriores a serem interpretadas como participações de cada um dos fatores de produção na renda. Assim, subjacente a essa análise, está posta a hipótese de concorrência perfeita (com as suas consequências tradicionais em termos de eficiência). Essa hipótese é por vezes criticada uma vez que, em um contexto não concorrencial, (preço superior ao custo marginal) o parâmetro  $A$  seria “viesado”. Dada a natureza não paramétrica

<sup>13</sup> Com todas as implicações que uma suposição equivocada pode ter e que foram mencionadas anteriormente.

<sup>14</sup> Existe uma literatura recente sobre variáveis instrumentais na estimação de funções de produção. Algumas referências são Mairesse & Griliches (1998) e Blundell & Bond (2000).

do resíduo, que é calculado diretamente, com base em dados para preços e quantidades, torna-se impossível escapar dessa crítica. Por outro lado, pode-se dizer que esse é o grande *insight* do trabalho de Solow: para cada conformação de insumo-produto observada, os preços são usados para “estimar” as inclinações da função de produção, sem que seja preciso estimar o formato dela em todos os pontos. Dessa forma, não há necessidade de atribuir uma forma funcional à função de produção.

Uma crítica que é comumente feita à metodologia do resíduo é aquela que diz respeito ao uso de uma função do tipo Hicks-neutra. A consequência de tal hipótese é que os deslocamentos da função de produção são “paralelos”, isto é, ocorrem na mesma proporção para todas as combinações de fatores de produção. Dessa forma, mudanças no termo Hicksiano de deslocamento (por vezes identificadas indevidamente com o progresso técnico) têm impactos de mesma proporção sobre a produtividade de todos os fatores. Uma formulação mais genérica permitiria que esse termo de deslocamento não fosse comum aos dois fatores. Como consequência, cada fator de produção seria impactado de forma específica (isto é, a formulação apresenta um termo de “inovação” B, *capital augmenting* e outro C, *labor-augmenting*). Tomando-se  $S_K$  e  $S_L$  como as participações na renda do capital e do trabalho e substituindo as elasticidades por eles na expressão apresentada anteriormente, a produtividade total dos fatores, calculada como resíduo (R) seria então:

$$R = S_K \cdot \frac{\dot{B}}{B} + S_L \cdot \frac{\dot{C}}{C}, \text{ sendo que se } \frac{\dot{B}}{B} = \frac{\dot{C}}{C} = \frac{\dot{A}}{A}, \text{ volta-se ao caso Hicks-neutro.}$$

Note que na formulação mais genérica, uma variação nas participações dos fatores na renda pode levar a um aumento da PTF, sem que ocorra mudança em razão do progresso técnico. Assim, torna-se clara a distinção entre aumento de produtividade (o resíduo de Solow) e progresso técnico. A interpretação do resíduo de Solow como “uma medida de nossa ignorância” sobre o processo de produção se deve exatamente à forma como ele é computado, como uma “sobra”. Nessa sobra é contabilizado tanto o progresso técnico como também os efeitos de outros fatores não identificados na metodologia, tais como, mudanças organizacionais, variáveis omitidas relevantes, impactos de erros de especificação, erros de medida, viés de agregação, etc. Fica claro, a partir do exposto acima, que os preços relativos dos fatores (participações na renda) podem ter um papel relevante na magnitude da produtividade e, por consequência nas taxas de crescimento do produto.

Jorgenson, Griliches e Denison foram nomes importantes nos desenvolvimentos que se passaram na contabilidade de crescimento. O debate entre os dois primeiros e o último serviu para esclarecer as relações existentes entre a teoria da produção e a metodologia proposta inicialmente por Solow.

Jorgenson & Griliches (1967), contrastando com a visão predominante, apontam para um peso maior da contribuição dos fatores de produção no crescimento econômico e reservam à produtividade um peso muito menor. A argumentação desses autores passa exatamente pela controvérsia de como devem ser medidos os fatores de produção. Eles procuram mostrar que, se corretamente medidos os fatores, então se torna clara a sua importância no processo de crescimento e a magnitude do resíduo de Solow seria desprezível. Esse resíduo é interpretado como a contribuição do progresso técnico<sup>15</sup> por uns e por outros como uma “medida da nossa ignorância” sobre o processo de expansão econômica. Poderia-se dizer que para Jorgenson & Griliches é esta segunda visão que prevalece, na medida que a magnitude do resíduo associado à PTF seria essencialmente oriunda de erros de medida e, portanto, consequência de um sistema de contas sociais inapropriado.

Jorgenson & Griliches (1967) introduziram assim, uma série de “melhorias” nas medidas dos fatores empregadas na contabilidade de crescimento de Solow, usando para tanto a teoria econômica neoclássica padrão, em que a eficiência é uma hipótese que permeia toda a análise. Sua abordagem contrasta com a de Solow e Denison (1962, 1972) na forma como os fatores de produção são medidos, sobretudo no que diz respeito ao capital. O argumento básico de sua metodologia é o de que os serviços relativos ao capital é que deveriam ser usados na função de produção, e não o estoque de capital. Assim, procuram corrigir o estoque de capital: (i) eliminando os efeitos devidos a vieses nos deflatores de seus componentes; (ii) fazendo ajustes por meio de uma tendência temporal de utilização da capacidade; (iii) fazendo ajustes por meio da utilização do preço dos serviços do capital ao invés do preço relativo aos ativos. Uma vez feitos tais ajustes, a taxa de variação da PTF tornar-se-ia praticamente nula.

---

<sup>15</sup> É importante frisar que Solow faz em seu trabalho a ressalva de que usa o termo *technical change* para qualquer tipo de deslocamento da função de produção (Solow, 1957 p.312).

O resultado empírico a que chegam os autores parece corroborar de maneira contundente a sua argumentação.<sup>16</sup> Mas há que se apontar, como faz Nadiri (1970), que a afirmação de que o resíduo desapareceria, feitas as correções nas medições, só é válida no caso em que as contribuições dos fatores de produção são retratadas fielmente pelos preços e quantidades por eles usados no estudo. Nada garante que os ajustes feitos não tenham sido exagerados. Caso tivessem sido feitos, por exemplo, ajustes para a contribuição de pesquisa e desenvolvimento realizados por agências governamentais e para a contribuição de bens de capital financiados pelo governo, mas utilizados pelo setor privado, então o resíduo poderia tornar-se negativo. Além disso, algumas das críticas levantadas anteriormente, no contexto da abordagem de Solow continuam valendo. As hipóteses de retornos constantes de escala, de eficiência na produção são bastante restritivas e o uso de participações na renda como medidas das produtividades dos fatores também pode ser temerário na presença de condições não concorrenciais.

O trabalho de Jorgenson & Griliches suscitou um debate interessante com Edward Denison. De um lado Jorgenson & Griliches chegaram à conclusão de que o valor do resíduo era irrisório, resultado que contrastava com a visão predominante na época e, de outro, Denison (1972) rebatia tal conclusão apontando para alguns problemas de medida relativos à capacidade utilizada que deixaram de ser considerados por aqueles autores. Com efeito, uma vez feitos alguns ajustes (levando-se em conta dados de capacidade utilizada e também de consumo de energia elétrica), o resíduo tem um aumento considerável<sup>17</sup>.

A idéia de produtividade sugere a medição, de alguma forma, de incrementos nas quantidades produzidas que não tiveram motivação nas mudanças ocorridas nas quantidades dos insumos. Em um contexto simplificado de um único produto e um único insumo essa tarefa parece simples, mas em um contexto com vários produtos e vários insumos, a medição da PTF remete às técnicas de agregação presentes na literatura dos números índices. A principal vantagem dessa abordagem diz respeito à facilidade de se computar a medida de produtividade, uma vez escolhi-

---

<sup>16</sup> Após as modificações, os cálculos dos autores para a economia dos EUA apontavam para uma taxa de crescimento anual da PTF de 0,1% no período 1948-1965.

<sup>17</sup> Denison (1969) critica o uso feito por Jorgenson & Griliches (1967) de uma mesma série de utilização de capacidade para todos os bens de capital, o que introduz novos erros de medida. Christensen & Jorgenson (1969) reconhecem a validade da crítica quando procedem aos cálculos levando em conta o ajuste por tipo de bem, com base no consumo de energia elétrica. Chegam então a uma taxa de variação da PTF de 0,31% a.a., em contraste com os 0,1% anteriores.

da uma fórmula adequada para o número índice. Já o principal problema é que, dada a sua natureza não estatística, está sujeita aos problemas de viés causados por erros de medida.

O cálculo de números índices para a PTF requer a o cálculo em separado de números índices para as quantidades de produto(s) e de insumos. A literatura sobre o assunto identifica várias maneiras possíveis de se calcular um número índice de quantidades. As mais conhecidas e de uso popularizado são aquelas desenvolvidas por Laspeyres e Paasche. Outros candidatos possíveis a entrar no cálculo do índice da PTF são os índices de Fisher e de Tornqvist.

O resíduo de Solow pode ser interpretado como um número índice, uma vez que é computado de forma não paramétrica, a partir de preços e quantidades (sem atribuir uma forma funcional específica à função de produção – repare que apenas tomou-se a hipótese de uma função Hicks-neutra). Isso fica mais claro quando se faz uma digressão a partir da contabilidade social, como a sugerida por Hulten (2000) e que é descrita a seguir.

Sabe-se que o valor da produção total de bens e serviços é dado pelo preço desses bens multiplicado pela quantidade deles, e deve ser igual ao gasto total dos consumidores na compra desses bens e serviços. O valor desse gasto total, por sua vez, deve igualar-se ao valor das remunerações totais pagas pelos produtores aos detentores dos fatores de produção. Temos assim a identidade das contas nacionais, dada por:

$$p_t Y_t = w_t L_t + r_t K_t .$$

Tal expressão reflete a restrição orçamentária da economia como um todo, dadas as limitações em termos de recursos (capital, trabalho) e da tecnologia disponível. A rigor, um sistema tradicional de contas nacionais, com base no modelo de fluxo circular da renda, se destina a medir essa disponibilidade de recursos. Tem, assim, caráter estático e não está “bem aparelhado” para lidar com o aumento dessa disponibilidade de recursos, sobretudo com as mudanças oriundas de inovações tecnológicas que resultam em aumento da produtividade dos fatores de produção (também se pode destacar a não contabilização de vários recursos naturais). O argumento fica mais claro a partir da idéia de se computar a produção agregada a preços constantes.

Sabe-se que a medida da produção total dada pela expressão acima, em valor e escrita para preços correntes, é pouco útil para efeito de comparações entre diferentes instantes do tempo. É preciso computar a produção simultaneamente em termos das quantidades e a preços constantes, já que a medida expressa anteriormente pode crescer pelo simples fato dos preços aumentarem, tudo mais constante. Para um determinado ano, caso o valor da produção seja igual ao valor

dos fatores de produção, ambos medidos a preços constantes, sabe-se que, se houver ganho de produtividade (o que significa um valor maior para a produção a partir das mesmas quantidades de fatores no período seguinte), então a igualdade expressa naquela equação não pode valer para o ano subsequente. Isso significa que é preciso introduzir um termo de escalonamento  $\lambda_t$  na identidade contábil computada a preços constantes:

$$p_0 Y_t = \lambda_t (w_0 L_t + r_0 K_t)$$

O termo  $\lambda_t$  acima tem valor unitário no ano base e varia nos demais anos conforme a produtividade dos fatores. Dividindo-se os dois lados da expressão acima por  $(w_0 L_t + r_0 K_t)$ , tem-se:

$$\lambda_t = \frac{p_0 Y_t}{(w_0 L_t + r_0 K_t)}$$

ou seja, o termo  $S_t$  torna-se a razão produto por unidade de fator. Definindo o fator  $\lambda_0$  do ano base como segue, pode-se chegar a seguinte razão entre  $\lambda_t$  e  $\lambda_0$ :

$$\lambda_0 = \frac{p_0 Y_0}{(w_0 L_0 + r_0 K_0)} \quad \text{e} \quad \frac{\lambda_t}{\lambda_0} = \frac{\frac{Y_t}{Y_0}}{\frac{(w_0 L_t + r_0 K_t)}{(w_0 L_0 + r_0 K_0)}}$$

Hulten (2000) ressalta que a expressão acima é a fórmula de um índice de Laspeyres de base fixa. Voltando-se agora a argumentação de Solow, podemos escrever a razão entre a produção de um determinado período e o período inicial:

$$\frac{Y_t}{Y_0} = \frac{A_t F(K_t, L_t)}{A_0 F(K_0, L_0)},$$

de onde se pode chegar à seguinte expressão para a produtividade em termos relativos entre os períodos 0 e t:

$$\frac{A_t}{A_0} = \frac{\frac{Y_t}{Y_0}}{\frac{F(K_t, L_t)}{F(K_0, L_0)}}.$$

A expressão acima mostra que o resíduo pode ser visto como um número índice. É fácil perceber a semelhança entre essas fórmulas. Em casos particulares elas são idênticas, porém,  $A_t$  é um indicador mais geral da PTF. A medida de produção por unidade de input (i.é., a PTF) descri-

ta por Solow é, nesse sentido, um conceito que está implícito no modelo do fluxo circular da renda, que por sua vez baliza a forma como são feitos os registros da contabilidade social.

Um índice de Laspeyres como o de  $A_t$  sobre  $A_0$  com base fixa está sujeito ao conhecido viés de substituição. Isto é, com as mudanças de preços relativos que ocorrem entre períodos distintos há uma tendência de que os consumidores substituam bens que ficaram mais caros relativamente por outros que ficaram mais baratos. Esse tipo de problema, como se sabe, pode ser atenuado pelo uso de índices de base móvel. Com efeito, a expressão anterior representa a taxa de crescimento de um índice de tipo Divisia, isto é, de um índice para tempo contínuo que guarda relação com a versão encadeada para tempo discreto do índice de Laspeyres.

O que deve ser ressaltado, contudo, é que as controvérsias típicas da literatura de números índices, com argumentações que revelam diversos tipos de vieses para os indicadores e a discussão normativa de como deveria ser um sistema ideal de contas nacionais (com a identificação dos diversos erros de medida que ocorrem na formulação tradicional desenvolvida até então), podem ser vistas como um pano de fundo do desenvolvimento posterior da literatura da teoria do crescimento econômico que tem por base o trabalho de Solow.

Uma das críticas que podem ser feitas à metodologia do resíduo de Solow é a de que a medida de produtividade obtida é intrinsecamente dependente da hipótese de os preços serem iguais aos custos marginais, isto é, em um contexto não concorrencial (preço superior ao custo marginal) o parâmetro  $A_t$  seria “viesado”. O problema mencionado, de o índice Divisia (equivalente ao resíduo de Solow) ser apropriado apenas para um contexto de tempo contínuo levou Jorgenson & Griliches (1967) a introduzirem uma aproximação discreta dele a partir do índice de Tornqvist. A versão discreta do resíduo de Solow, escrita em termos de logaritmos naturais seria:

$$\ln \frac{A_t}{A_{t-1}} = \ln \frac{Y_t}{Y_{t-1}} - \ln \frac{F(K_t, L_t)}{F(K_{t-1}, L_{t-1})}$$

A aproximação por índice do tipo Tornqvist é dada por:

$$\ln \frac{A_t}{A_{t-1}} = \ln \frac{Y_t}{Y_{t-1}} - \left( \frac{s_L^t + s_L^{t-1}}{2} \right) \ln \frac{L_t}{L_{t-1}} - \left( 1 - \frac{s_L^t + s_L^{t-1}}{2} \right) \ln \frac{K_t}{K_{t-1}}$$

Note que as expressões acima tomam por base um único produto final. Em caso de produção de múltiplos bens, o termo  $Y$  deve ser substituído por uma soma ponderada das produções de cada um deles.

Diewert (1976) mostrou que, sob algumas condições, a razão de duas funções desconhecidas (ver eq. 1), avaliadas em pontos diferentes, pode ser calculada de forma exata sem que seja necessário conhecer os parâmetros (das funções mencionadas). Uma vez que a função de produção tivesse uma forma funcional do tipo translog, a “aproximação” feita por Jorgenson & Griliches (1967) seria um número índice “exato”. Esse tipo específico de função é uma forma quadrática que costuma ser preferida em razão de não impor restrições improváveis à maneira como os insumos são substituídos uns pelos outros (e.g. Cobb-Douglas, cuja elasticidade de substituição é constante e igual a um).

Diewert (1976) definiu ainda o conceito de forma funcional agregativa *flexível*, quando esta é uma aproximação de segunda ordem para uma função arbitrária, homogênea, linear, duplamente diferenciável. Uma forma funcional (fórmula) para um número índice é dita superlativa se ela é exata, isto é, consistente com uma forma funcional agregativa flexível. Dessa forma, mesmo que não descreva a tecnologia perfeitamente, a função translog pode ser encarada como uma boa aproximação de segunda ordem de outras funções menos restritivas que ela. A capacidade da translog de descrever a tecnologia de produção verdadeira é quem dita a “exatidão” mencionada anteriormente do número índice. Note que é necessário impor a hipótese de retornos constantes de escala para os cálculos.

A aproximação do tipo Tornqvist é apenas uma das várias possibilidades e, tecnologias outras (que não a translog) pedem um número índice distinto. O grande atrativo do índice de Tornqvist está na equivalência que ele guarda com o resíduo de Solow. Hulten (2000) ressalta que essa identificação entre o resíduo de Solow e o índice Tornqvist-translog significa que tal resíduo não é inteiramente não paramétrico:

“There is a parametric production function underlying the method of approximation if the discrete-time index is to be an exact measure of Hicksian efficiency. However, the values of the “inessential” parameters of the translog, i.e., those other than the Hicksian efficiency parameter, need not be estimated if the Solow residual is used.”  
(Hulten, 2000, pp. 21-22)

Caves, Christensen & Diewert (1982a) e (1982b) generalizaram a abordagem de Diewert (1976), usando uma função em que o termo Hicksiano não é neutro e permitindo a presença de retornos de escala variáveis. Esses autores propõem um índice de produtividade do tipo Malmquist, orientado aos insumos para comparar a produção de duas firmas ou de uma mesma firma



em dois períodos. Para tanto fazem uso do conceito de funções de distância de Shephard (1953). Färe et al (1994) mostraram como computar esse tipo de índice usando as técnicas de programação linear, bem como separar a medida de produtividade resultante em termos de índices parciais de progresso técnico e de variação da eficiência. Os índices de Malmquist serão abordados em maior detalhe na seção relativa aos modelos de fronteira.

## **B) Abordagem que pressupõe a eficiência, estatística e paramétrica<sup>18</sup>**

A abordagem que pressupõe eficiência e emprega técnicas paramétricas e estatísticas pode ser ilustrada pelos trabalhos de Nerlove (1965), no plano microeconômico, e de Islam (1995), no plano macroeconômico. Islam (1995) parte da formulação econométrica de seção transversal, elaborada no trabalho de Mankiw, Romer e Weil (1992), e a adapta para o caso de dados em painel. Como estão disponíveis várias informações para cada nação, Islam (1995) propõe o uso de estimadores de efeito fixo e de efeito aleatório para medir os diferenciais de nível de produtividade e de evolução da produtividade.

A primeira é feita tomando por base em uma equação de produção, ao passo que a segunda, parte da equação de convergência condicionada e calcula diferenças sistemáticas nas taxas de crescimento econômico. Ambas alternativas geram estimativas de diferenças entre países que são invariantes no tempo, de nível ou de variação de produtividade. Contudo, a grande limitação do método é a dependência da amostra. Como os estimadores partem de médias condicionadas, mudanças amostrais afetam sobremaneira as estimativas e podem, a depender da extensão da análise, gerar viés de seleção.

Apesar disso, essas técnicas foram muito empregadas em trabalhos empíricos recentes, dada a facilidade computacional e a possibilidade de se trabalhar sem a necessidade de estimativas precisas dos estoques de fatores; basta que se introduza nas regressões indicadores de evolução desses componentes. Por isso, essa abordagem será considerada no próximo capítulo, em que se avaliam os estudos empíricos sobre produtividade agregada e se comparam seus resultados.

---

<sup>18</sup> Por ser muito semelhante com os métodos apresentados no item H, algumas especificidades da econometria de painel são tratadas naquele item.

### C) Abordagem de eficiência suposta, estatística e semiparamétrica

Olley & Pakes (1996) desenvolvem um método de estimação dos impactos da reestruturação da indústria de equipamentos de telecomunicação sobre a produtividade das firmas do setor. A metodologia desses autores tem se tornado popular nos trabalhos sobre produtividade (em contexto de eficiência suposta). Na elaboração de seu modelo mostram grande preocupação com os seguintes problemas: (i) endogeneidade gerada pela correlação dos insumos com a produtividade não observada. Sob essas condições, as estimativas de mínimos quadrados levam a coeficientes superestimados, com um impacto maior sobre os coeficientes dos insumos que são mais facilmente variados; seleção amostral, provocada pela correlação entre a entrada e saída de empresas e as quantidades de insumos empregadas. Se as firmas abandonam o setor quando a produtividade cai abaixo de um determinado limite inferior e, esse limite é decrescente no capital, então a seleção deve viesar para baixo os estimadores MQO do coeficiente do capital.

Olley & Pakes desenvolvem um estimador que tem três estágios. No primeiro deles estima-se a função de produção fazendo uma distinção entre o termo relativo à produtividade e o erro. A base teórica de sua implementação empírica é um modelo desenvolvido por Ericson & Pakes (1995) no qual o investimento é encarado como função das variáveis estado, capital e produtividade. Tomadas algumas hipóteses pouco restritivas o investimento se torna uma função monotônica crescente da produtividade. Tal função é então invertida e tem-se a produtividade como uma função desconhecida do capital e do investimento. Esta última expressão pode ser substituída então na função de produção. Se a função de produção inicial é escrita na forma logarítmica da Cobb-Douglas, isto é:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_\ell \ell_{it} + \beta_k k_{it} + \omega_{it} + \varepsilon_{it}, \text{ então, com as hipóteses acima se tem:}$$

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_\ell \ell_{it} + \phi_t(i_{it}, k_{it}) + \varepsilon_{it}^1$$

A função desconhecida  $\phi_t(\bullet)$  é aproximada por um polinômio de ordem quatro. Estima-se inicialmente  $\hat{\beta}_\ell$  e  $\hat{\phi}_{it}$  pode ser calculado para uso posterior.

O segundo estágio procura lidar com o problema da seleção, isto é, com a decisão de saída do setor por parte das firmas. A idéia por trás do procedimento é a de que a saída é condicional a dois fatores: a “realização” da produtividade e um limite inferior de produtividade. Os dois são funções desconhecidas do investimento e do capital, aproximados por polinômios de quarta or-

dem. Ambos são incluídos no lado direito de uma regressão *probit* para a decisão de saída. O limite inferior para saída das firmas do mercado pode ser obtido, uma vez que a probabilidade de uma firma continuar na indústria é uma função monotônica crescente (passível de inversão) do limite inferior de saída de mercado para a produtividade. Desta regressão obtém-se a probabilidade de saída  $\hat{P}_{it}$ , que é usada no último estágio, cujo objetivo é o de dar um tratamento à decisão de saída das firmas.

No terceiro e último estágio, estima-se o coeficiente para o capital tendo por base a idéia de que se pode, a partir da função de produção, escrever a expectativa condicional de  $y_{it} - \beta_\ell \ell_{it}$  como  $\beta_0 + \beta_k k_{it}$ , mais a expectativa condicional da produtividade no instante  $t$ . Tomando a hipótese de que a produtividade tem um comportamento do tipo processo de Markov, ela é função de seu valor no passado e do limite inferior para saída do setor. A equação estimada neste estágio é:

$$y_{it} - \hat{\beta}_\ell \ell_{it} = \beta_k k_{it} + \psi_t(\phi_{it-1} - \beta_k k_{it-1}, \hat{P}_{it-1}) + \varepsilon_{it}^2.$$

Neste último estágio só falta a estimativa do coeficiente do capital. A vantagem apregoada do modelo é a da flexibilidade, com as quantidades de insumos podendo depender da produtividade sem restrições. A única premissa é a da produtividade seguindo um processo de Markov. A desvantagem é não se saber o quão boa é a aproximação pelo polinômio de quarta ordem. A inversão da função investimento não parece ser uma tarefa simples. Há que ocorrer um mapeamento de “estados para ações” que tem que valer para todas as firmas, independentemente de características como porte ou grau de competição prevalecente no mercado em que atuam.

A produtividade no instante anterior pode ser calculada com os resultados do primeiro estágio, como  $\hat{\phi}_{it-1} - \hat{\beta}_k k_{it-1}$ . Pode-se, então, escrever os resultados para o nível e para a taxa de variação da produtividade:

$$\ln\left(\frac{A_{it}}{A_t}\right) = (\hat{\phi}_{it-1} - \hat{\beta}_k k_{it-1}) - (\bar{\phi}_t - \hat{\beta}_k \bar{k}_t)$$

$$\ln\left(\frac{A_{it}}{A_{t-1}}\right) = (\hat{\phi}_{it-1} - \hat{\beta}_k k_{it-1}) - (\hat{\phi}_{it-1} - \hat{\beta}_k k_{it-1})$$

Essas medidas de produtividade só podem ser calculadas para empresas com valor do investimento positivo.

## **D) Abordagem de eficiência suposta, estatística e não paramétrica**

Iwata, Khan & Murao (2002) formulam um modelo não paramétrico de estimação da produtividade que é aplicado para as economias do Leste Asiático. Sua motivação é fundamentalmente a inconformidade com a abordagem tradicional de contabilidade de crescimento e seus pressupostos sobre competitividade e sobre a função de produção. Esses autores usam técnicas não paramétricas de *kernel derivative estimation*, que são expostas de forma detalhada em Pagan & Ullah (1999). Essas técnicas geram estimativas para as elasticidades que são então substituídas em equações de contabilidade de crescimento.

### **1.3.2. Abordagens que admitem a existência de ineficiência (fronteiras de produção)**

#### **E) Abordagem de fronteiras, não estatística, não paramétrica**

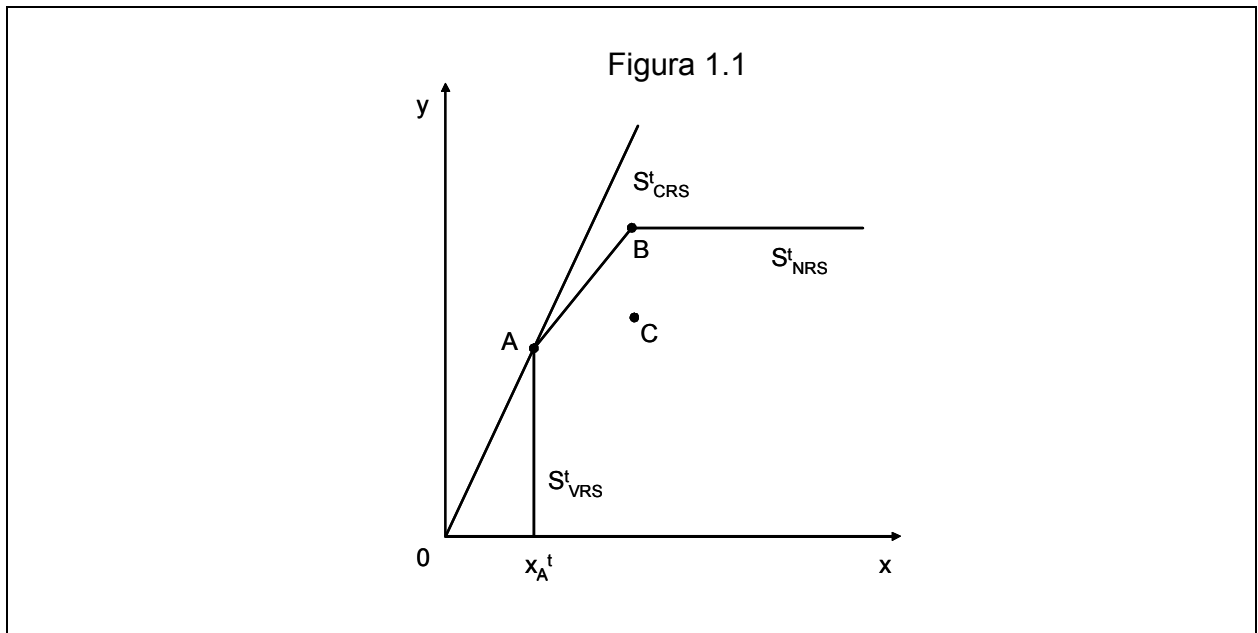
O trabalho iniciador deste tipo de abordagem é o de Farrell (1957). A grande contribuição de Farrell foi a de oferecer, não só uma medida da eficiência global, mas também uma decomposição dessa eficiência global em eficiência técnica e eficiência alocativa (ou de preços). Na sua abordagem, as medidas de eficiência são baseadas em distâncias radiais “uniformes” entre as observações ineficientes e a fronteira de produção.<sup>19</sup> A fronteira, por sua vez, é definida como a envoltória linear por partes (*piecewise*) mais pessimista para os dados observados, isto é, com a maior proximidade possível deles. É calculada pela resolução de sistemas de equações lineares, respeitando as condições que definem a isoquanta unitária, quais sejam: inclinação não-negativa e inexistência de pontos observados entre ela e a origem.

Um importante desenvolvimento posterior da metodologia de programação linear de Farrell (1957) foi o de Charnes, Cooper & Rhodes (1978). Essa abordagem ganhou o nome de *Data Envelopment Analysis*. Nela não se supõe um formato particular para a função de produção. Alternativamente, a produtividade é dada pela razão de uma combinação linear de valores do produto sobre uma combinação linear de valores de insumos. Os pesos das combinações são escolhidos de forma ótima para cada unidade tomadora de decisão sob avaliação (firma ou país), com a restrição de que a eficiência de todas as demais observações não pode ser superior a cem por cento.

---

<sup>19</sup> Farrell identifica explicitamente a sua medida de “eficiência técnica” com o “*coefficient of resource utilization*” de Debreu (1951).

A figura 1.1, retirada de Färe et al (1994) ajuda a visualizar a idéia por trás da técnica de DEA. A linha  $S_{CRS}^t$  define a tecnologia com retornos constantes de escala, enquanto que a linha marcada como  $S_{VRS}^t$  define a tecnologia com retornos variáveis de escala e ajusta uma fronteira linear por partes (*piecewise*) que busca os pontos extremos e envolve os demais. Sob retornos constantes de escala, apenas o ponto A é eficiente.



Sob retornos variáveis, as observações A e B estão sobre a fronteira e, dessa forma são classificadas como eficientes (escore de 1). O ponto C está aquém da fronteira e revela uma escolha de produção ineficiente. Nas medidas de eficiência pode-se adotar uma orientação aos insumos ou então ao produto. No primeiro caso a eficiência é aumentada reduzindo-se o consumo de fatores de produção (projeção na horizontal de C sobre a fronteira). No segundo caso, com a mesma quantidade de fatores a produção é expandida (projeção vertical de C sobre a fronteira). Para calcular a eficiência, é preciso resolver um problema de programação linear para cada observação, no qual os pesos dos fatores e do(s) produto(s) são escolhidos de forma a maximizar a eficiência. Esse tipo de abordagem é usado com a intenção de calcular índices de Malmquist, na linha sugerida por Caves, Christensen & Diewert (1982b).

O trabalho de Färe et al (1994) tem como pontos de partida os artigos de Caves, Christensen & Diewert (1982a,b) que elaboram índices do tipo Malmquist<sup>20</sup> de produtividade, calculados com base na razão de duas funções de distância. As funções de distância são uma forma engenhosa de representar uma tecnologia, capaz de lidar com processos com múltiplos insumos e múltiplos produtos finais, sem a necessidade de informações sobre preços, apenas requerendo dados sobre quantidades.

Caves et al (1982a,b) mostraram que o índice Tornquist (que requer dados sobre participações na renda, despesa ou receita para o seu cálculo) é, sob determinadas circunstâncias, equivalente a média geométrica de dois índices Malmquist de produtividade. Mostraram também que o índice Tornquist é “exato” para a tecnologia translog<sup>21</sup>.

A grande vantagem do índice Malmquist sobre o Tornquist é a possibilidade que o primeiro oferece de decompor as variações da produtividade em efeitos de alcance e efeitos de deslocamento da fronteira. O índice Tornquist não oferece essa possibilidade, uma vez que o seu cálculo pressupõe a eficiência técnica e a eficiência alocativa.

Uma função de distância é definida como:

$$D_t^o(x_t, y_t) = \inf\{\theta : (x_t, y_t / \theta) \in S_t\} = \sup\{\theta : (x_t, \theta y_t) \in S_t\}^{-1},$$

em que  $S_t = \{(x_t, y_t) : x_t \text{ é capaz de produzir } y_t\}$  denota a representação da tecnologia, com  $x_t \in R_+^N$  insumos sendo transformados em  $y_t \in R_+^M$  produtos finais. O subscrito  $t$  indica o instante do tempo de referência. Essa função de distância procura medir o recíproco da máxima expansão proporcional possível do vetor de produto  $y_t$ , tal que a sua produção ainda seja factível com a quantidade disponível de insumos  $x_t$ . As funções de distância devem ser calculadas tendo como referência a tecnologia de algum instante do tempo. Dessa forma, além de  $D_t^o(x_t, y_t)$ , definida como acima, podemos ter: uma versão análoga à anterior, tomando como referência a tecnologia do instante  $t+1$ ; outra que mede a máxima expansão proporcional na produção, necessária para tornar  $(x_{t+1}, y_{t+1})$  factível com a tecnologia disponível no período  $t$ ; e, por fim, a função de distân-

---

<sup>20</sup> Malmquist (1953) usou razões entre funções de distância no contexto da teoria do consumidor, para calcular índices de quantidade.

<sup>21</sup> O adjetivo “exato” para números índices foi atribuído por Diewert (1976) a um índice de quantidades que corresponde “exatamente” à tecnologia (no caso, translog), mas que pode ser calculado sem a necessidade de estimar os parâmetros da forma funcional dessa tecnologia.

cia que mede a variação máxima possível da produção necessária para tornar  $(x_t, y_t)$  factível em  $t+1$ .

$$D_{t+1}^o(x_{t+1}, y_{t+1}) = \inf \{ \theta : (x_{t+1}, y_{t+1} / \theta) \in S_{t+1} \}$$

$$D_{t+1}^o(x_{t+1}, y_{t+1}) = \inf \{ \theta : (x_{t+1}, y_{t+1} / \theta) \in S_t \}$$

$$D_{t+1}^o(x_t, y_t) = \inf \{ \theta : (x_t, y_t / \theta) \in S_{t+1} \}$$

O índice Malmquist pode ser definido como em Caves et al (1982a,b), isto é, a razão entre duas funções de distância calculadas em períodos distintos. Portanto há duas possibilidades:

(i) tomando como base o período  $t$  e (ii) tomando como base o período  $t+1$ :

$$M_t = \frac{D_t^o(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^o(x_t, y_t)} \text{ e } M_{t+1} = \frac{D_{t+1}^o(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^o(x_t, y_t)}$$

Färe et al (1994) especificam um índice que é uma média geométrica das duas versões acima, de maneira a evitar a escolha arbitrária de um referencial para a tecnologia:

$$M^o = \left[ \left( \frac{D_t^o(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^o(x_t, y_t)} \right) \left( \frac{D_{t+1}^o(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^o(x_t, y_t)} \right) \right]^{1/2}$$

Os autores argumentam que uma maneira equivalente de se definir tal índice<sup>22</sup> é:

$$M^o = \left( \frac{D_t^o(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^o(x_t, y_t)} \right) \left[ \left( \frac{D_t^o(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^o(x_{t+1}, y_{t+1})} \right) \left( \frac{D_t^o(x_t, y_t)}{D_{t+1}^o(x_t, y_t)} \right) \right]^{1/2}$$

Na expressão acima, o primeiro termo do lado esquerdo, fora do colchete, reflete a mudança no grau de eficiência relativa (entre períodos). Já o segundo termo, é uma média geométrica das razões que aparecem internamente ao colchete e mede o progresso técnico entre os dois instantes de tempo. Resultados que apontem um índice inferior à unidade, refletem uma redução da produtividade, enquanto que aumentos de produtividade são representados por índices maiores que um.

Färe et al observam que é possível calcular o índice de Malmquist com base em uma tecnologia que apresenta retornos constantes ou variáveis de escala. Sua escolha é pela tecnologia com retornos constantes, porém, apresentam uma decomposição um pouco mais elaborada do índice, na qual o componente relativo à variação na eficiência é dividido em um efeito “puro” de eficiência, calculado relativamente à tecnologia com retornos variáveis, e um efeito de escala,

<sup>22</sup> Ver Färe, Grosskopf, Lindgren & Roos (1992).

obtido residualmente e calculado como o desvio entre os dois tipos de tecnologia. Com efeito, na figura 1.1, para a observação C, o efeito de escala é dado pela distância vertical entre a tecnologia com retornos constantes de escala (CRS) e a tecnologia com retornos variáveis (VRS), avaliada ao nível de uso de insumos da observação C.

A decomposição ficaria então:  $M^o = PT \times ETP \times ES$ , em que PT é o progresso técnico, ETP é o efeito “puro” da eficiência técnica e ES é o efeito da escala.

#### F) Abordagem de fronteiras, não estatística e paramétrica

O trabalho clássico que representa este tipo de abordagem é o de Aigner & Chu (1968). Ele segue a linha determinística de Farrell, porém, em um contexto paramétrico. Esses autores montam uma especificação que impõe que todas as observações estejam sobre ou aquém da fronteira e adotam uma função de produção do tipo Cobb-Douglas:

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_K \ln K_i + \beta_L \ln L_i - u_i, \quad u_i \geq 0$$

em que  $Y_i$  são as observações da produção das várias firmas,  $K_i$  e  $L_i$  as quantidades dos insumos usados pelas firmas e  $u$  é um vetor que representa ineficiências. O termo de erro positivo (só há diferenças com relação à fronteira “para menos”) acaba por forçar que  $Y \leq F(K, L)$ . Os parâmetros  $\beta_0$ ,  $\beta_K$  e  $\beta_L$  podem ser estimados por programação linear ou quadrática, conforme a opção pela minimização da soma dos valores absolutos dos resíduos ou da soma dos quadrados dos resíduos, respectivamente.

A grande vantagem desse método é a possibilidade de computar a eficiência técnica de cada observação (firma) diretamente dos resíduos (não fizeram tais cálculos, contudo). Um problema significativo com este tipo de abordagem é que as estimativas por ele produzidas não têm quaisquer propriedades estatísticas, isto é, da programação matemática não resultam erros-padrão ou estatísticas  $t$ , de tal forma que se torna impossível fazer inferências quanto aos parâmetros, não é possível, por exemplo, testar hipóteses sobre eles.<sup>23</sup>

Assim como no caso da abordagem não-paramétrica de Farrell, a fronteira estimada por Aigner & Chu se apóia em um subconjunto dos dados e, por consequência, é muito sensível à

---

<sup>23</sup> Uma outra desvantagem diz respeito à estrutura muito restritiva imposta à fronteira (Cobb-Douglas). É possível acomodar o caso de retornos de escala não-constantes, contudo.



presença de erros de medida. Timmer (1971) reconhece esse fato e propõe a eliminação de uma percentagem de observações, um procedimento algo arbitrário, sem base teórica estatística.

### **G) Abordagem estatística, paramétrica para fronteiras determinísticas**

Uma vez que sejam estabelecidas algumas hipóteses a respeito dos regressores e de  $u$ , o modelo de Aigner & Chu passa a ser “tratável” estatisticamente. Por exemplo, Afriat (1972) toma as observações dos resíduos (vetor  $u$  dos  $u_i$ ) como sendo independentes e identicamente distribuídas (iid) e as observações dos insumos como sendo independentes dos resíduos, isto é, exógenas. Várias distribuições distintas poderiam ser especificadas<sup>24</sup>. Schmidt (1976) mostra que, se a distribuição escolhida para os resíduos ( $u$ ) for exponencial, então o procedimento de programação linear de Aigner & Chu (1968) é equivalente ao método da máxima verossimilhança e, caso a distribuição dos resíduos seja do tipo seminormal, então o procedimento de programação quadrática de Aigner & Chu é que equivale ao método de máxima verossimilhança.

As estimativas feitas por máxima verossimilhança são sensíveis à hipótese tomada quanto à distribuição dos resíduos (os valores das estimativas serão diferentes conforme a escolha). Essa sensibilidade é preocupante, pois não há razão a priori para escolher esta ou aquela distribuição. Um outro problema importante, apontado por Schmidt (1976) e que aparece com o uso do método da máxima verossimilhança (MV) para estimar fronteiras, é o de que o intervalo de variação da variável dependente (produção) é por si dependente dos parâmetros que se deseja estimar. Como forçou-se  $Y \leq F(\cdot)$  e  $F(\cdot)$  depende dos parâmetros que se quer estimar, viola-se um dos pressupostos necessários para que os estimadores MV sejam considerados consistentes e assintoticamente eficientes.

Greene (1980a) ataca esse problema e estabelece as condições sob as quais as propriedades assintóticas desejáveis dos estimadores MV continuam valendo: (i) a densidade de  $u$  é nula para  $u = 0$  e; (ii) a derivada da densidade de  $u$  com relação aos seus parâmetros se aproxima de zero à medida que  $u$  se aproxima de zero. A densidade Gama satisfaz essas propriedades e pode ser usada na situação em questão. A escolha, contudo, não tem qualquer outra razão de ser além da conveniência estatística.

---

<sup>24</sup> Afriat escolhe uma distribuição beta de dois parâmetros para  $e^{-u}$ , estimando seu modelo por máxima verossimilhança. Devido a essa escolha para a distribuição de  $e^{-u}$ , os resíduos ( $u$ ) passam a ter uma distribuição do tipo gama.

Até agora foram tratados os modelos de fronteiras determinísticas, isto é, modelos para os quais todas as observações devem estar abaixo ou no máximo exatamente em cima da fronteira. Nesses modelos, todas as firmas compartilham uma família de fronteiras de produção, de custo e de lucro. Qualquer variação no desempenho de uma firma é atribuída a variações na eficiência com relação à fronteira em questão. Nesse contexto, são ignoradas as possibilidades, empiricamente plausíveis, de que o desempenho da empresa seja influenciado por fatores alheios à sua vontade e controle, tais como os efeitos do clima, eventuais interrupções no fornecimento de insumos, rendimento de máquinas e equipamentos, etc.

Se por um lado podem ocorrer ineficiências na administração de variáveis sob o controle da firma, os efeitos descritos acima, com características aleatórias, são tratados nos modelos determinísticos como se fossem desse mesmo tipo e, mais ainda, quando presentes, são computados juntamente com os efeitos de eventuais erros de medida. A toda essa variedade de efeitos distintos é atribuída uma única medida conjunta, rotulada “ineficiência” e cujo sinal é único ( $u \geq 0$ ). Soma-se ainda a esses problemas outra fonte de perturbação estatística, a possibilidade de omissão de variáveis, ou seja, de uma especificação incompleta.

#### **H) Abordagem estatística, paramétrica para fronteiras estocásticas**

A abordagem das fronteiras de produção estocásticas procura contornar os problemas expostos na seção anterior, utilizando para tanto uma formulação na qual o termo de erro é composto de duas partes. Uma delas pode assumir apenas um único sinal e capta o efeito da ineficiência. A outra parte é simétrica, aleatória, captando os efeitos dos choques exógenos bem como os efeitos estatísticos dos erros de medida e especificação. Essa formulação foi primeiramente desenvolvida por Aigner, Lovell & Schmidt (1977) e independentemente por Meeusen & van den Broeck (1977). O modelo pode ser descrito por:

$$Y_i = F(K_i, L_i) \cdot \exp(-u_i) \cdot \exp(v_i) \quad i = 1, 2, \dots, N$$

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta' \cdot x_i + \varepsilon_i = \beta_0 + \beta' \cdot x_i + (v_i - u_i)$$

Acima,  $F(\cdot) \exp(v_i)$  representa a fronteira de produção estocástica e  $v$  tem uma distribuição simétrica para captar os efeitos aleatórios dos erros de medida e choques exógenos que fazem com que a posição do núcleo (kernel) determinístico  $f(x)$  da fronteira varie de firma para firma. A ineficiência técnica é captada pelo componente do erro que tem sinal único:  $\exp(-u)$ ,  $u \geq 0$ .

Inicialmente apontou-se, nessa formulação, para a impossibilidade de avaliar se a performance observada de uma observação (firma), quando comparada ao núcleo determinístico da fronteira de produção, seria devida a eventuais ineficiências ou a variações aleatórias na fronteira. Em outras palavras, não seria possível, neste contexto, decompor os resíduos individuais em seus dois componentes, seria possível apenas obter uma estimativa da ineficiência média da amostra de firmas. Essa constatação se mostrou errada, contudo. Jondrow et al (1982) resolvem tal problema, identificando uma forma de separar os dois efeitos.

O modelo de fronteira de produção estocástica pode ser estimado por máxima verossimilhança ou pelo método de mínimos quadrados ordinários corrigidos (COLS). Quando se pressupõem distribuições de probabilidade específicas para  $v$  e para  $u$  e, adicionalmente que esses dois componentes são independentes entre si e que  $x$  é exógeno, valem as propriedades assintóticas tradicionais dos estimadores de MV. A presença do componente simétrico de erro é fundamental para que se contorne o problema do intervalo de variação de  $y$  que pode ocorrer nos modelos determinísticos e que já foi descrito acima.

A especificação da distribuição de  $u$  é uma necessidade, qualquer que seja o método de estimação escolhido (MV ou COLS). Stevenson (1980) mostrou que as escolhas de distribuição mais comuns, quais sejam, exponencial ou então “seminormal”, podem ser generalizadas para uma distribuição normal truncada e uma distribuição gama, respectivamente. Essas generalizações têm a propriedade de terem modas não nulas, com o caso de moda nula sendo uma hipótese especial, passível de teste.

A idéia de se usar modelos de componentes de erro, nos moldes em que apareciam na literatura econométrica de dados de painel, parece ser o passo lógico natural seguinte. Essa foi a motivação do trabalho de Pitt & Lee (1981) e Schmidt & Sickles (1984). Pitt & Lee (1981) destacam, entre outros, o trabalho de Nerlove (1965), no qual já aparece o uso de modelos de efeito fixo e de efeito aleatório na estimação de funções de produção médias, ou seja, em um contexto em que as firmas são supostas eficientes.

Pitt & Lee (1981) procuram aplicar modelos de efeito fixo e de efeito aleatório na estimação de fronteiras de produção. Os dados de painel são preferidos, segundo os autores, por várias razões. A primeira delas é a possibilidade de testar a existência de possíveis quebras ou mudanças estruturais na função de produção, uma vez que as firmas são observadas também ao longo do tempo. Deve-se destacar ainda a possibilidade que o painel oferece de se testar se a ineficiência

das firmas varia no tempo ou não, e em caso positivo, se a dependência temporal é aleatória ou não.

Caso a ineficiência seja persistente no tempo, é razoável pressupor que as escolhas quanto às quantidades de insumos sejam correlacionadas com o termo de ineficiência  $u_i$  (as firmas tenderiam a aprender tal ineficiência). Pitt & Lee (1981) salientam o fato de que o grau de intensidade do uso de capital em um processo de produção e a eficiência técnica desse mesmo processo podem estar correlacionados<sup>25</sup>. O grande problema aqui é que, sob tais circunstâncias, uma das hipóteses do modelo de regressão é violada.

Pode-se tentar solucionar o problema da correlação entre os insumos e o termo de ineficiência por meio da análise de covariância, incluindo-se variáveis *dummy* relativas às firmas, uma vez que elas representariam um termo de eficiência invariável no tempo, ainda que não aleatório. Os autores procedem em seu trabalho também a estimação de um modelo que inclui termos de “interação temporal” para testar a presença de progresso técnico não neutro e a validade de se agrupar os dados da série temporal de seções transversais. Tal modelo permite a presença de elasticidades diferentes quanto aos fatores de produção, coeficientes para características das firmas e ineficiências distintas no tempo para uma firma. Com base num teste  $\chi^2$  os termos de interação temporal usados são considerados, em conjunto, não significativos e, portanto, para os dados em questão não parecem existir deslocamentos não neutros na função de produção. Essa evidência, segundo os autores torna válido o procedimento de agrupamento dos dados.

Schmidt & Sickles (1984) destacam também as vantagens do uso de dados de painel na estimativa de fronteiras de produção estocásticas como as especificadas por Aigner, Lovell & Schmidt (1977). Argumentam que a estimação de modelos desse tipo sofre três tipos de dificuldades sérias:

- i. A ineficiência técnica de uma firma em particular pode ser estimada, mas não de forma consistente. É possível estimar o erro total de forma consistente, mas nele estão os efeitos tanto da ineficiência técnica, como também das perturbações estatísticas. A variância da distribuição da ineficiência técnica, condicionada pelo termo de erro total,

---

<sup>25</sup> Pitt & Lee fazem referência à White (1978), que teria identificado que o principal argumento favorável a adoção de técnicas de produção capital-intensivas nos países menos desenvolvidos era o de que firmas trabalho-intensivas são menos eficientes do que firmas capital-intensivas (mas que sejam, em outros aspectos, idênticas a elas).

não desaparece quando o tamanho da amostra aumenta, o que é mostrado por Jondrow et al. (1982);

- ii. A estimação do modelo, assim como a decomposição do termo de erro em ineficiência técnica e ruído estatístico, requerem que se faça hipóteses específicas sobre a distribuição de cada um desses componentes do erro total. Não está claro o quão robustos são os resultados obtidos com relação a essas hipóteses. A evidência da presença da ineficiência técnica é dada pela assimetria na distribuição do erro da função de produção;
- iii. Pode ser incorreto assumir que a ineficiência é independente dos regressores; por exemplo, o fato de uma firma saber o seu nível de ineficiência técnica deve afetar sua escolha de insumos.

Segundo Schmidt & Sickles (1984) todas as dificuldades expostas acima podem ser potencialmente evitadas no caso da disponibilidade de um conjunto de dados de painel. A ineficiência técnica pode ser estimada de forma consistente quando o número de observações no tempo para uma mesma firma cresce indefinidamente ( $T \rightarrow \infty$ ), já que isso acrescenta informação que não pode ser conseguida aumentando-se o número de empresas da amostra. Com dados de painel também não é necessário elaborar hipóteses restritivas quanto à distribuição dos componentes do erro. A evidência da ineficiência específica pode ser obtida da constância no tempo e não mais apenas da assimetria. Por fim, deve-se destacar que as estimativas dos parâmetros e dos termos de ineficiência das firmas podem ser obtidas sem que se postule a independência entre a ineficiência técnica e os regressores (insumos).

Schmidt & Sickles (1984) propõem uma série de estimadores com base na abordagem de efeitos aleatórios. Cada um deles deve ser usado conforme as hipóteses que se deseja tomar sobre as distribuições dos componentes do erro e sobre a independência entre a ineficiência técnica e os insumos. Essas hipóteses podem ser todas testadas. Toda discussão apresentada por esses autores tem suporte na teoria assintótica e, portanto, as dimensões do conjunto de dados de painel disponível para a investigação em questão tornam-se cruciais. É desejável que haja muitas firmas, ou então que existam muitas observações para cada uma delas, sendo o melhor caso aquele em que tanto  $N$  como  $T$  são grandes. Nesse caso, pode-se estimar os parâmetros do modelo, assim como a eficiência técnica de cada firma individual, de forma consistente e independentemente de qualquer hipótese sobre distribuição dos componentes do erro ou sobre independência entre a ineficiência e os regressores.

No caso de  $T$  ser grande e  $N$  pequeno, a escolha limita-se ao estimador intragrupos. O uso desse estimador exclui a presença de regressores que não variam no tempo e não requer hipóteses sobre distribuições dos efeitos ou sobre a independência entre estes e os regressores. É possível, com ele, estimar de forma consistente os interceptos específicos de cada uma das firmas, contudo, não há como separar de forma consistente os efeitos da ineficiência e do intercepto global. Para  $N$  grande e  $T$  pequeno, o caso é semelhante ao da literatura usual de dados de painel. Há algumas possibilidades de estimadores, e a escolha última vai depender das hipóteses assumidas, as quais podem ser testadas. Embora seja possível estimar o intercepto de cada firma (ou a ineficiência técnica no caso de se usar MV), não é possível fazê-lo de forma consistente. A consistência dos efeitos específicos das firmas depende invariavelmente da presença de um número grande de observações temporais para cada firma ( $T \rightarrow \infty$ ).

Vários trabalhos propuseram formas de se permitir que a ineficiência varie no tempo, dentre os quais se destacam: Kumbhakar (1990), Battese & Coelli (1992), Lee & Schmidt (1993) e Huang & Liu (1994) e Cuesta (2001).

O modelo proposto por Kumbhakar (1990) tem a seguinte especificação para o comportamento da ineficiência, na qual assume-se que  $u_i$  tem distribuição seminormal e  $\alpha_0$  e  $\alpha_1$  são parâmetros desconhecidos a serem estimados.

$$u_{it} = \left[ 1 + \exp(\alpha_1 \cdot t + \alpha_2 \cdot t^2) \right]^{-1}, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad \text{e} \quad t = 1, 2, \dots, T$$

Battese e Coelli (1992) propuseram um modelo alternativo ao de Kumbhakar, qual seja, um modelo para uma função de produção de fronteira estocástica em que os efeitos de ineficiência técnica também são variantes no tempo. Esse modelo é a base das estimativas realizadas nesta tese e é descrito em detalhes no capítulo quatro. Os mesmos autores, Battese e Coelli (1995), especificaram um modelo em que os efeitos de ineficiência técnica são independentemente distribuídos (mas não identicamente), para uma abordagem de dados de painel. Em tal modelo, o efeito  $u_{it}$  da  $i$ -ésima firma no  $t$ -ésimo período é obtido pelo truncamento no zero da distribuição normal  $N(\mu_{it}, \sigma^2)$ , com:

$$\mu_{it} = z_{it} \cdot \delta, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad \text{e} \quad t = 1, 2, \dots, T$$

em que  $z_{it}$  é um vetor ( $1 \times M$ ) de variáveis explicativas observáveis, cujos valores são constantes fixas; e  $\delta$  é um vetor ( $M \times 1$ ) de parâmetros a serem estimados, o qual pode incluir um parâmetro

de intercepto. Nesse modelo,  $\sigma_s^2 \equiv \sigma^2 + \sigma_v^2$  e  $\gamma \equiv \sigma^2 / \sigma_s^2$ , em que  $\sigma_s^2$  representa a variância do erro total e  $\sigma_v^2$  representa a variância da parte aleatória do erro.

Note que as distribuições normais truncadas não são as mesmas, mas sim funções de variáveis observáveis e um vetor comum de parâmetros. Se todos os parâmetros  $\delta$  e o escalar  $\gamma$  são iguais a zero, então o modelo é equivalente à função resposta média, a qual pode ser estimada eficientemente por MQO. Se todos os parâmetros  $\delta$ , exceto o parâmetro de intercepto, são iguais a zero, então o modelo de fronteira é equivalente à versão de dados de painel do modelo de Aigner, Lovell e Schmidt (1977).

### 1.3.3. Outras abordagens estatísticas (semiparamétricas e não paramétricas)

A busca de modelos que fujam das fortes restrições representadas pelas parametrizações das formas funcionais das fronteiras de produção<sup>26</sup> tem gerado uma série de trabalhos que podem ser caracterizados como semiparamétricos ou não paramétricos, na medida que procuram, por exemplo, partir de suposições alternativas para a distribuição conjunta dos efeitos aleatórios das firmas e dos regressores – como o de Park, Sickles & Simar (1998), ou partir de uma distribuição conjunta de insumos e produtos que seja não paramétrica – Cazals (2002).

Kumbhakar & Tsionas (2002) mostram que os modelos SFA podem ser elaborados de forma não paramétrica em vários sentidos que são empiricamente desejáveis e tratáveis. Para tanto usam o princípio da Máxima Verossimilhança Local em modelos paramétricos de aproximação ou “ancoragem”. Essa técnica permite que sejam removidas as hipóteses restritivas quanto à forma funcional da tecnologia e que se estime parâmetros e escores de eficiência específicos para cada produtor, que não dependem da hipótese restritiva de que a todas elas possuam a mesma tecnologia. Para relaxar a hipótese da forma funcional, os autores adotam inicialmente uma forma paramétrica tradicional (e.g.: *translog* ou Cobb-Douglas) e, em seguida, “localizam” os parâmetros que fazem o modelo efetivamente não paramétrico. Assim a hipótese de uma forma funcional global acaba por ser removida.

As estimativas dos parâmetros dependem de forma crítica da forma funcional da heterocedasticidade, quando ela está presente nos modelos. Assim, esses autores introduzem nos modelos a heterocedasticidade de forma não paramétrica e evitando viés nos estimadores dos parâme-

---

<sup>26</sup> Ou ainda de custos, de receita ou de lucro.

tros e escores duvidosos para a eficiência que podem aparecer caso se escolha uma forma funcional equivocada para a heterocedasticidade. Também incorporam heterocedasticidade não específica na variância do componente aleatório de erro, interpretada como risco na produção.

Os modelos mais populares de eficiência variante no tempo, que procuram explicar os seus determinantes em termos de covariadas, tais como Kumbhakar, Ghosh & McGuckin (1991) e Battese & Coelli (1995) são paramétricos em essência. Tomando uma distribuição normal truncada para o erro de sinal único e localizando sua média, Kumbhakar & Tsionas (2002) transformam a sua média em uma função não paramétrica das variáveis exógenas, e fazem a eficiência ter um comportamento que depende das variáveis exógenas de forma não paramétrica. Os autores iniciam a análise com as suposições usuais de uma distribuição normal truncada para a ineficiência e distribuição normal para o ruído aleatório. Em seguida, como introduzem heterocedasticidade não paramétrica e uma média não paramétrica para o termo de erro relativo à ineficiência técnica, acabam por relaxar também as hipóteses sobre as distribuições dos termos de erro.

O método de “localização” oferecido por Kumbhakar & Tsionas (2002) permite ainda que se remova as hipóteses de que os parâmetros da equação de determinantes da ineficiência sejam os mesmos para todas as unidades tomadoras de decisão e, assim, as estimativas da eficiência técnica se tornam efetivamente não paramétrica e específicas a cada produtor, já que não dependem da hipótese de que todas as firmas têm a mesma tecnologia global ou tampouco que suas ineficiências tenham a mesma distribuição.

O fato de relaxar todas essas hipóteses, torna, segundo Kumbhakar & Tsionas (2002), a metodologia de SFA mais atrativa, uma vez que ela passa a unir a qualidade mais desejável de métodos como o DEA, de não precisar formas funcionais, e ao mesmo tempo mantém uma de suas qualidades, não presente no DEA, que é a capacidade de tratar erros de medida e ruídos nos dados, bem como de realizar inferência a partir das estimativas obtidas. Essas características sugerem que o impacto desse trabalho na literatura deverá ser importante no futuro próximo.



## Capítulo 2

### *Estudos empíricos sobre a PTF agregada*

A comparação de performances das nações tem sido assunto de muitos trabalhos na literatura econômica dos últimos 40-50 anos. Uma contribuição seminal para a análise das chamadas “fontes do crescimento econômico” das nações é o trabalho de Solow (1956, 1957). Solow (1957) introduz formalmente a idéia de medir a produtividade como um resíduo, isto é, atribuir aos ganhos de produtividade toda a contribuição ao crescimento que não tenha sido explicitamente gerada por aumentos das quantidades empregadas de fatores de produção. Sua principal conclusão é a de que a produtividade responde por uma parte grande do crescimento dos EUA.

Essa área de trabalho tomou impulso ainda maior, tanto com as inovações analíticas da chamada “Nova Teoria do Crescimento Econômico”, como também em razão dos resultados do *International Comparison Program* (ICP) – patrocinado pelas Nações Unidas –, que tem dado passos importantes na conquista de seu objetivo, qual seja, o de produzir e organizar dados que permitam a comparação de da performance de diversos países. Os bancos de dados internacionais possibilitaram avaliações empíricas cada vez mais detalhadas das fontes do crescimento econômico e da contribuição da PTF.

A partir do modelo de Solow, e da contabilidade de crescimento, veio uma série de aprimoramentos que passaram a delinear os próprios avanços da teoria do crescimento econômico. Em meio a esses avanços, parece ter havido uma divisão entre os economistas. Assim como Solow, boa parte dos estudos teóricos e empíricos atribui um peso grande à produtividade como fator determinante do comportamento das diferenças e evoluções do produto por trabalhador das nações, fator este que estaria relacionado intimamente aos avanços da tecnologia e à organização da produção. São destaques nessa literatura os trabalhos teóricos de Romer (1990) e Grossman & Helpman (1991) e, entre as abordagens empíricas, os estudos Klenow & Rodriguez (1997) e de Easterly & Levine (2001). Mas há os estudos que identificaram no acúmulo de fatores de produção a razão do crescimento: seriam os aumentos nos investimentos em capital físico e capital hu-

mano os responsáveis pelas variações na renda. Exemplos de trabalhos que seguem essa linha são os estudos de Jorgenson & Griliches (1967) e Mankiw, Romer & Weil (1992).<sup>1</sup>

Como apontado no primeiro capítulo desta tese, as formas de se medir a produtividade são variadas. Além da classificação ali exposta, vale mencionar as propostas por Diewert (1981), Islam (2001) e Mahadevan (2002). Diewert (1981) dividiu os estudos empíricos sobre a PTF agregada – ou progresso técnico, como ele prefere denominar – em quatro tipos básicos, conforme a metodologia econométrica: (i) modelos de regressão de funções de produção ou custos; (ii) Índices Divisia; (iii) Números índices exatos; (iv) métodos não-paramétricos de programação linear. Islam (2001) também identifica quatro tipos de abordagens empregadas para comparações internacionais de PTF e discute como essas diferentes metodologias podem influenciar os resultados. São eles: (i) contabilidade de crescimento com séries de tempo; (ii) contabilidade de crescimento com seções transversais; (iii) econometria de dados de painel e (iv) abordagens de fronteira. A preocupação fundamental na classificação proposta por Mahadevan (2002) é a distinção entre abordagens do tipo fronteira ou não-fronteira (de produção), em que pesa a noção de eficiência técnica. Essa distinção acaba por quebrar a identidade entre progresso técnico e produtividade total de fatores, uma vez que introduz um novo componente da PTF, a ineficiência técnica.<sup>2</sup>

Note que as classificações não são excludentes ou contraditórias. Elas revelam, sim, ênfases diferentes dadas pelos autores aos aspectos sob os quais se pode vislumbrar a produtividade<sup>3</sup>. Diewert (1981), assinala a existência de técnicas de fronteira, na medida em que lista entre os vários tipos de abordagem aquelas que fazem uso de programação linear. Fundamentalmente ele se refere aos trabalhos derivados de Farrell (1957). Sabe-se, por outro lado, que a contabilidade de crescimento, analisada com mais atenção por Islam (2001), traz como resultado um resíduo

---

<sup>1</sup> Deve-se destacar que o interesse pelo assunto tem aumentado consideravelmente no Brasil, o que começa a se refletir na literatura nacional sobre o assunto, a qual vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, tanto no que diz respeito a estudos setoriais quanto no que concerne a comparações mais agregadas. Em especial, há vários estudos que procuram identificar os efeitos sobre a produtividade das reformas econômicas conduzidas no país – liberalização comercial, abertura da conta de capitais, privatizações etc. Também no âmbito agregado e de comparações internacionais ou regionais a literatura nacional sobre o tema tem crescido, sendo exemplos da “safra” recente: Bandeira & Garcia (2002), Marinho & Ataliba (2002), Bittencourt & Marinho (2003), Pessoa et al (2003) e Pessoa (2003).

<sup>2</sup> Sua classificação vai além e divide a abordagem do tipo fronteira em paramétrica e não paramétrica. A abordagem paramétrica, por sua vez, é subdividida em modelos de fronteira estocástica e a abordagem Bayesiana. A abordagem não-paramétrica é constituída fundamentalmente pelos estudos que usam *Data Envelopment Analysis* – DEA. As abordagens do tipo não-fronteira também é subdividida em estimativas paramétricas, chamada pelo autor de *average response functions*, e estimativas não paramétricas, representadas por cálculos de índices Divisia-Translog.

<sup>3</sup> Diewert, por exemplo, é sabidamente um grande especialista em números índices, daí o seu trabalho se ocupar em grande parte da análise desse tipo de técnica.

que pode ser interpretado, em um contexto contínuo, como um número índice de Divisia da produtividade. Em um contexto discreto, e sob determinadas hipóteses sobre a tecnologia (translog), este último pode ser aproximado por um número índice do tipo Tornquist. Percebe-se então que a classificação de Islam (2001) não negligencia a análise da produtividade por meio de números índices, como se poderia pensar em um primeiro momento.

As próximas seções deste capítulo têm por objetivo fazer um balanço dos principais resultados empíricos das diversas comparações internacionais de nível e de evolução da produtividade. Note-se que efetuar esse tipo de comparação não é tarefa fácil. Há que se tomar o cuidado de evitar comparações inadequadas entre os resultados das técnicas de séries de tempo, de um lado, e os de seção transversal ou dados de painel, de outro. Islam (2001), por exemplo, compara apenas os diferentes métodos de séries de tempo entre si e, em seguida, faz a comparação entre os resultados de Hall & Jones (1996) e o seu próprio trabalho – Islam (1995). Mas mesmo quando dois autores usam uma única abordagem, os resultados obtidos costumam ser distintos em função dos dados e definições empregados<sup>4</sup>. E, por fim, há as dificuldades relacionadas às amostras empregadas pelos diferentes autores, as quais variam em periodicidade e amplitude temporal e regional, o que, a depender do método de mensuração da PTF, condiciona os resultados.

A seção 3.2 resume os principais resultados empíricos das abordagens que pressupõem a existência de ineficiência técnica. Note-se que esta subdivisão parte da distinção fundamental da medição da PTF analisada no capítulo 1 desta tese e, por isso, está mais próxima da avaliação realizada por Mahadevan (2002). O capítulo é concluído com um breve balanço dos resultados.

## **2.1 As estimações que pressupõem eficiência**

### **2.1.1 Contabilidade de crescimento: modelos não-estatísticos**

O primeiro tipo de abordagem que pressupõem eficiência técnica e alocativa considerado na presente análise é a contabilidade de crescimento com séries de tempo. Essa metodologia é comumente empregada para países de uma amostra, cada qual separadamente, e pode ser subdividida em dois tipos: forma absoluta – e.g. Denison (1967) e Christensen, Cummings & Jorgenson (1980) – e forma relativa – e.g. Christensen, Cummings & Jorgenson (1981) e Dougherty &

---

<sup>4</sup> Isso pode ser atestado, por exemplo, por uma comparação entre os trabalhos de Denison (1967) e Christensen, Cummings & Jorgenson (1980). Neles as diferenças de contabilização dos insumos (sobretudo a definição de capital) acabam levando a resultados diferentes quanto à importância da produtividade no processo de desenvolvimento.

Jorgenson (1996) e (1997). Devido ao seu amplo uso e sofisticação adquirida, as comparações são feitas para pequenas amostras de países, para os quais estão disponíveis dados apropriados.

A tabela 2.1 apresenta os resultados encontrados para a variação da PTF dos 9 países que constam do estudo de Denison (para o período 1950-62), que assume uma forma não paramétrica, com peso variável do capital. Nota-se que para os EUA a contribuição do fator trabalho responde por 1,1 ponto percentual da taxa de crescimento, sendo 0,83 ponto percentual a contribuição do capital e 1,37 a contribuição da PTF. Ou seja, a produtividade responde por mais de 40% do crescimento do período. Para os demais países, a contribuição da PTF é ainda maior, chegando a mais de 70% do crescimento econômico do período na França e na Itália.

Tabela 2.1 Contribuições para o crescimento 1950-1962 – Denison (1967)

Variável	Alema- nha	Itália	França	Holanda	Dina- marca	Noruega	EUA	Bélgica	Reino Unido
Taxa de crescimento	7,26	5,96	4,92	4,73	3,51	3,45	3,32	3,20	2,29
Capital	1,41	0,70	0,79	1,04	0,96	0,89	0,83	0,41	0,51
Trabalho	1,37	0,96	0,45	0,87	0,59	0,15	1,12	0,76	0,60
PTF	4,48	4,30	3,68	2,82	1,96	2,41	1,37	2,03	1,18
Contribuição da PTF (%)	61,7	72,1	74,8	59,6	55,8	69,9	41,3	63,4	51,5

Fonte: Denison (1967) - Tabelas 21-1 a 21-20 pp.296-317

Ainda que em essência trabalhem com o mesmo tipo de metodologia, Christensen, Cummings & Jorgenson (1980) fazem críticas a alguns dos procedimentos adotados por Denison. A principal delas passa pela forma como o capital deveria ser medido. Uma série de cuidados metodológicos é tomada por eles, em especial quanto às variações de qualidade dos fatores. Abaixo são apresentados os resultados obtidos por Christensen, Cummings & Jorgenson (1980) para as taxas de crescimento da produção, dos fatores de produção e da produtividade entre 1960 e 1970. Também são exibidos números de períodos anteriores para os quais os dados de alguns dos países estavam disponíveis.

Tabela 2.2 Contabilidade de crescimento – Christensen, Cummings & Jorgenson (1980)  
Taxas de crescimento do produto e dos fatores de produção (médias anuais)

	Canadá	França	Alemanha	Itália	Japão	Korea	Holanda	Reino Unido	EUA
Taxas de crescimento entre 1960 e 1973									
Produto	5,1	5,9	5,4	4,8	10,9	9,7	5,6	3,8	4,3
Fatores	3,3	2,9	2,4	1,6	6,0	5,5	3,0	1,8	3,0
PTF	1,8	3,0	3,0	3,1	4,5	4,1	2,6	2,1	1,3
Capital	4,9	6,3	7,0	5,4	11,5	6,6	6,6	4,6	4,0
Trabalho	2,0	0,4	-0,7	-0,7	2,7	5,0	0,3	0,0	2,2
Contribuições para o crescimento - 1960 e 1973									
Capital	43,0	44,4	52,0	43,5	43,7	25,0	50,9	46,8	39,3
Trabalho	20,9	4,3	-7,4	-9,0	14,7	32,9	3,1	-0,6	30,6
PTF	36,1	51,3	55,6	65,9	41,4	42,9	46,0	53,8	30,1
$S_K$ (%)	44,9	41,7	40,1	38,3	41,5	36,7	42,9	38,7	41,4
Taxas de crescimento - períodos anteriores a 1960									
Período	1947-60	1950-60	1950-60	1952-60	1952-60	n.d.	1951-60	1955-60	1947-60
Produto	5,2	4,9	8,2	6,0	8,1	n.d.	5,0	3,3	3,7
Fatores	3,5	2,0	3,6	2,3	4,7	n.d.	2,7	1,8	2,3
PTF	1,7	2,9	4,7	3,8	3,4	n.d.	2,3	1,5	1,4
Capital	6,8	4,7	6,9	3,3	4,5	n.d.	4,0	4,5	4,5
Trabalho	1,1	0,3	1,6	1,6	4,8	n.d.	1,4	0,2	1,0
Contribuições para o crescimento - - períodos anteriores a 1960									
Capital	54,9	36,5	31,0	22,0	19,7	n.d.	38,1	51,3	46,9
Trabalho	12,7	3,9	12,0	15,5	38,0	n.d.	15,5	4,2	16,0
PTF	32,5	59,5	56,8	62,7	42,1	n.d.	46,5	44,5	37,5
$S_K$ (%)	42,0	38,2	36,7	40,5	35,2	n.d.	47,0	38,0	39,3

Fonte: Christensen, Cummings & Jorgenson (1980). As contribuições dos fatores de produção ao crescimento econômico real foram ponderadas pelas participações de cada fator na renda.  $S_K$  é a participação do capital.

Christensen, Cummings & Jorgenson (1980) chegam a quatro conclusões básicas a partir dos seus resultados:

- (i) Diferenças entre países de taxas médias de crescimento do produto estariam associadas a diferenças de taxas médias de crescimento dos fatores. Assim, países que têm taxas menores de crescimento de fatores, em geral apresentam taxas menores de crescimento do produto. Com efeito, os autores sustentam que para 28 das 36 comparações possíveis de países (dois a dois) isso efetivamente ocorre;
- (ii) Aumentos (diminuições) nas taxas médias de crescimento do produto entre períodos anteriores (até 1960) e o período 1960-1973 estariam fortemente associados a aumentos (diminuições) nas taxas médias de crescimento do emprego de fatores. Esse argumento se baseia na evidência de que todos os países que apresentaram

aumentos (entre períodos) nas taxas de crescimento do produto tiveram também aumento (ou estabilidade) da taxa de crescimento dos fatores.<sup>5</sup>

- (iii) Aumentos fortes (no período 1960-1973) de taxas médias de crescimento do produto estão associados a grandes aumentos nas taxas de acumulação dos dois fatores de produção: capital e trabalho.
- (iv) Aumentos (reduções) na taxa de crescimento do capital estão, em geral, associados a reduções (aumentos) na taxa de crescimento do trabalho, indicando substituição entre fatores de produção.

Além das taxas de crescimento acima, Christensen, Cummings & Jorgenson (1980) também apresentam as contribuições percentuais de cada fator e da PTF para a taxa de crescimento, ponderadas pelas participações dos fatores na renda. Nota-se que a importância da produtividade varia bastante entre países, mas apresenta, em geral, grande relevância para todos (de 30% a 66%). Esse fato, contudo, não é ressaltado por Christensen, Cummings & Jorgenson (1980). Pelo contrário, a ênfase de sua argumentação, como relatado acima, vai no sentido de associar as variações na taxa de crescimento do produto a variações nas taxas de crescimento dos inputs. Com efeito, eles mostram de forma clara tal relação, mas não mencionam de forma explícita que não haja relação semelhante entre as mudanças na taxa de crescimento do produto e as mudanças na taxa de crescimento da produtividade.

Ao mesmo estilo de Jorgenson & Griliches (1967), parece que a intenção última de Christensen, Cummings & Jorgenson (1980) é a de mostrar que, se corretamente medidos os insumos, cairia muito a importância da produtividade no crescimento econômico. De fato, comprando os resultados de Christensen, Cummings & Jorgenson (1980) com os de Denison (1967) para os EUA, percebe-se que, no primeiro, a PTF explicava 37,5% do crescimento entre 1947 e 1960 (30,1% entre 1960 e 1973) e, no segundo, 41,3% (para o período 1950-1962). Isso ocorre para todos os demais países presentes nos dois estudos.<sup>6</sup>

A abordagem da contabilidade de crescimento na forma relativa tem como um dos principais representantes o trabalho de Christensen, Cummings & Jorgenson (1981). A intenção desse trabalho é a de fornecer uma comparação internacional de *níveis* de produtividade para mesma

---

<sup>5</sup> Argumento análogo inverso vale para os países que apresentaram queda nas taxas de crescimento do produto.

<sup>6</sup> Deve-se ressaltar o fato de que os períodos não são exatamente os mesmos.

amostra de países que foi usada em Christensen, Cummings & Jorgenson (1980). Os autores constroem um índice translog de produtividade<sup>7</sup>, conseguido como resíduo, isto é, descontando da diferença (em logaritmos) da produção entre dois instantes distintos, uma média ponderada das diferenças em logaritmos de cada fator de produção com relação ao ponto referencial. Os pesos usados são obtidos calculando-se as médias aritméticas das participações de cada fator no período corrente e no período base. Além das taxas de variação, também são obtidas as diferenças entre o nível da PTF de um país e o nível do país referencial – no caso, os EUA. Isso é feito calculando-se um índice translog multilateral de diferenças de produtividade. Esse índice é transitivo e independe do país escolhido como base – Caves, Christensen & Diewert (1982). Os autores também definem um índice multilateral de produção relativa, assim como índices análogos para os fatores capital e trabalho.

Por meio desses índices, é possível fazer comparações internacionais tanto de nível como de variação da PTF. Um ponto importante deve ser assinalado: eles utilizaram os preços ajustados à paridade do poder de compra para 1970, disponíveis no trabalho de Kravis, Heston & Summers (1978) e, portanto, os índices não são invariáveis conforme o ano base escolhido. Christensen, Cummings & Jorgenson (1981) produzem inicialmente os índices translog de produção, capital e trabalho na forma relativa para o ano de 1970. Em seguida, montam uma série, encadeando os números para frente e para trás, por meio de índices translog análogos aos descritos acima, porém, calculados no tempo. Assim como em Christensen, Cummings & Jorgenson (1980), os números são apresentados para 9 países e diversos sub-períodos do período que vai de 1947 a 1973. Os resultados para o índice relativo de PTF, de cada país da amostra, com relação aos EUA, são apresentados na tabela (2.3).

Nota-se aqui, que, todos os países apresentaram, ao longo do tempo, uma tendência de aumento da produtividade, relativamente aos EUA, ainda que algumas reversões tenham acontecido, em alguns anos e para alguns países. Esse tipo de tendência também aparece para o produto per capita relativo, para o capital per capita, e com exceção de Coréia e Japão, para o fator trabalho (per capita). Mas, em geral, nota-se que as produtividades, a despeito de serem menores que a norte-americana em todos os anos, aproximam-se dela à medida que o tempo passa. Assim, a

---

<sup>7</sup> Trata-se de um índice do tipo Tornquist, que é uma aproximação discreta para seu equivalente contínuo, chamado índice Divisia. As propriedades dos números índices em questão, uma vez suposta uma tecnologia translog são discutidas por Diewert (1976, 1981).

PTF figura como um fator determinante da convergência de rendas per capita desses países, uma vez que se observa a própria convergência dos níveis de produtividade.

Tabela 2.3 Contabilidade de crescimento – Christensen, Cummings & Jorgenson (1981)  
PTF relativa aos EUA=100, em cada ano

Ano	Canadá	França	Alemanha	Itália	Japão	Korea	Holanda	Reino Unido
1947	0,812							
1948	0,793							
1949	0,800							
1950	0,820	0,531	0,462					
1951	0,804	0,521	0,493				0,644	
1952	0,840	0,526	0,522	0,590	0,434		0,641	
1953	0,841	0,552	0,531	0,615	0,443		0,667	
1954	0,817	0,570	0,571	0,621	0,465		0,702	
1955	0,832	0,567	0,609	0,641	0,482		0,700	0,668
1956	0,876	0,586	0,631	0,670	0,494		0,718	0,673
1957	0,859	0,601	0,652	0,674	0,507		0,716	0,687
1958	0,860	0,600	0,660	0,698	0,496		0,660	0,686
1959	0,841	0,606	0,681	0,705	0,505		0,691	0,678
1960	0,843	0,643	0,737	0,716	0,551	0,240	0,724	0,700
1961	0,838	0,654	0,748	0,740	0,601	0,239	0,731	0,701
1962	0,836	0,658	0,742	0,740	0,564	0,235	0,708	0,677
1963	0,846	0,667	0,740	0,730	0,588	0,246	0,690	0,677
1964	0,851	0,679	0,768	0,731	0,621	0,252	0,715	0,689
1965	0,859	0,685	0,785	0,762	0,613	0,245	0,716	0,677
1966	0,864	0,692	0,770	0,770	0,631	0,265	0,704	0,678
1967	0,859	0,713	0,752	0,801	0,658	0,271	0,733	0,699
1968	0,873	0,719	0,810	0,808	0,708	0,275	0,751	0,706
1969	0,868	0,757	0,869	0,851	0,740	0,303	0,782	0,704
1970	0,914	0,788	0,909	0,876	0,779	0,316	0,828	0,742
1971	0,916	0,789	0,900	0,830	0,768	0,313	0,829	0,769
1972	0,909	0,791	0,892	0,827	0,773	0,310	0,845	0,770
1973	0,907	0,806	0,906	0,849	0,772	0,348	0,855	0,775

Fonte: Christensen, Cummings & Jorgenson (1981).

Outros estudos que seguem a mesma linha são os de Dougherty & Jorgenson (1996) e (1997) e Wolff (1991). Islam (2001) oferece uma comparação entre os resultados desses trabalhos, salientando que Wolff (1991) usa uma metodologia um pouco distinta, ainda que permaneça no espectro da chamada contabilidade de crescimento com séries de tempo, na forma relativa. Wolff usa também fontes de dados distintas das do trabalho de Dougherty & Jorgenson (1997). Essa comparação é mostrada na tabela 2.4. Os dois estudos têm os EUA como país referencial. Para efetuar a comparação, Islam (2001) leva os índices relativos de PTF para um ano base comum (1960).



Tabela 2.4 Contabilidade de crescimento com séries de tempo (forma relativa)  
Dougherty & Jorgenson (1997) e Wolf (1991)

País	Variação da PTF (%) 1960-1979		Ordenação	
	Dougherty & Jorgenson (1997)	Wolf (1991)	Dougherty & Jorgenson (1997)	Wolf (1991)
Canadá	0,99	0,98	6	7
França	1,72	2,04	3	3
Alemanha	1,50	1,47	4	4
Itália	2,32	2,16	1	2
Japão	1,97	2,42	2	1
Reino Unido	1,21	1,25	5	5
Estados Unidos	0,45	1,06	7	6
Ordenação segundo índice de PTF relativa				
País	1960		1979	
Canadá	2	2	1	3
França	4	4	3	2
Alemanha	6	5	6	6
Itália	5	6	1	4
Japão	7	7	7	7
Reino Unido	3	3	5	5
Estados Unidos	1	1	4	1

Fonte: Islam (2001)

Nota-se que há um elevado grau de concordância entre os dois estudos quanto às variações da PTF entre 1960 e 1979, demonstrado por pouca discrepância entre as ordenações construídas a partir dessas variações. Isso também ocorre no que diz respeito ao nível relativo de PTF para 1960, mas não tão claramente para 1979. Isso pode ser visualizado pela posição na ordenação da Itália e dos EUA, cujas colocações estão invertidas em 1979 (1 e 4; 4 e 1). Portanto, mesmo com o uso de metodologias muito parecidas, resultados distintos podem e costumam aparecer.

A segunda abordagem de não estatística é a contabilidade de crescimento em seção transversal, que tem como principais representantes Hall & Jones (1996), (1997) e (1999). Esses autores trabalham com uma metodologia similar à da contabilidade de crescimento com séries de tempo na forma relativa, porém, aplicada ao longo de uma *cross-section* de países, e não de períodos de tempo. A metodologia por eles desenvolvida é uma das três abordagens possíveis para decompor o produto por trabalhador em contribuições distintas dos fatores e da produtividade. As outras duas seriam: (i) a de Christensen, Cummings & Jorgenson (1981), descrita acima, e (ii) a abordagem anterior, porém, usando participações relativas dos fatores idênticas para todos os países.

Nessa série de trabalhos, os autores partem de uma função de produção Hicks-neutra, usando capital humano como fator de produção, além do capital físico. O capital humano entra na formalização ampliando a produtividade do fator trabalho, conforme o número de anos de escola-

ridade média ( $S$ ) do trabalhador ( $H = e^{\phi(S)} \cdot L$ ). Chegam, então, à equação tradicional de contabilidade de crescimento na qual a taxa de crescimento do produto por trabalhador é dada por uma média ponderada das taxas de crescimento do capital físico e do capital humano (ambas por trabalhador), tendo como pesos a participação do capital na renda ( $\alpha$ ) e o seu complementar ( $1-\alpha$ ), somada à taxa de variação da produtividade.

Contudo, ao invés de fazer a análise tomando variações no tempo, as diferenças se referem a países, o que requer uma ordenação prévia deles, de modo que nações similares fiquem ao lado umas das outras. Isso é feito pelos autores com base em um índice calculado como uma combinação linear dos logaritmos do capital físico e do capital humano e da participação do capital na renda<sup>8</sup>. Uma vez ordenados os países, Hall & Jones tomam uma versão discreta da equação de contabilidade de crescimento e calculam a diferença de produtividade entre dois países adjacentes. Como usam médias aritméticas das participações do capital na renda dos dois países em comparação, de fato chegam a um índice Tornquist de produtividade. O nível de produtividade de um país é dado pela soma das diferenças de produtividade computadas para ele, sendo o nível de produtividade do primeiro país normalizado para um nível arbitrário (1).

Para os seus cálculos, Hall & Jones usam dados de 1988 para 133 países sobre produção, força de trabalho, capital e capital humano. Os dois primeiros são retirados do PWT 5.6, o capital calculado por meio do método de inventário perpétuo, e o último retirado do banco de dados de Barro & Lee (1993). Quanto à participação do capital ( $\alpha$ ), fazem uso da hipótese de que o preço dos serviços do capital é o mesmo em todos os países e calculam o valor dele a partir da hipótese de que, para os EUA, a participação do capital na renda deve ser de 1/3. Isso resulta em um retorno do capital de 13,53%. O capital humano aumenta a produtividade do trabalho, com o retorno dos anos de escolaridade seguindo o esquema linear por partes estimado por Psacharopoulos (1994). Os cálculos também incluem correções para o produto, descontando o valor dos recursos naturais, que são contabilizados separadamente.

A metodologia empregada em Hall & Jones (1996), (1997) e (1999) é basicamente a mesma para o cálculo dos níveis de produtividade, por isso, escolheu-se mostrar aqui apenas os resultados do trabalho mais recente, que inclui cálculos para 127 países.

---

<sup>8</sup> Nos trabalhos de Hall & Jones, a participação do capital na renda é variável conforme o país.

Tabela 2.5 Índice de produto por trabalhador (EUA=1)  
e contribuições relativas de fatores: Hall & Jones (1999)

País	Contribuições			
	Y/L	(K/Y)	H/L	A
EUA	1,000	1,000	1,000	1,000
Canadá	0,941	1,002	0,908	1,034
Itália	0,834	1,063	0,650	1,207
Alemanha Oc.	0,818	1,118	0,802	0,912
França	0,818	1,091	0,666	1,126
Reino Unido	0,727	0,891	0,808	1,011
Hong Kong	0,608	0,741	0,735	1,115
Cingapura	0,606	1,031	0,545	1,078
Japão	0,587	1,119	0,797	0,658
México	0,433	0,868	0,538	0,926
Argentina	0,418	0,953	0,676	0,648
USSR	0,417	1,231	0,724	0,468
India	0,086	0,709	0,454	0,267
China	0,060	0,891	0,632	0,106
Quênia	0,056	0,747	0,457	0,165
Zaire	0,033	0,499	0,408	0,160
Média (127 países)	0,296	0,853	0,565	0,516
Desvio padrão	0,268	0,234	0,168	0,325
Correlação c/ Y/L (log)	1,000	0,624	0,798	0,889
Correlação c/ A (log)	0,889	0,248	0,522	1,000

Fonte: Hall & Jones (1999). A primeira coluna é o produto das outras três. Y/L=PIB por trabalhador; K/Y= capital/PIB; H/L= capital humano por trabalhador; A = produtividade.

Os níveis de produtividade “A” dos primeiros países da tabela (todos desenvolvidos e membros da OECD) são semelhantes e alguns até superiores ao nível dos EUA. O que leva os EUA a ter um desempenho melhor que esses países acaba sendo a contribuição do capital humano. Entre outros aspectos que se pode inferir da tabela, salta aos olhos o fato de que a produtividade do Japão é apenas 65,8% da dos EUA. A antiga USSR teve um desempenho de acordo com o que sugere a intuição: sua produção por trabalhador se calçou, sobretudo, na contribuição da acumulação de capital, exibindo um nível razoável de capital humano e baixa produtividade. O desvio padrão que é reportado na parte inferior da tabela, conjuntamente com a média ali exposta sugerem grande variabilidade de produtividade entre as nações. As correlações reportadas também sugerem uma associação mais forte entre diferenças de produto por trabalhador e diferenças de produtividade.

Uma das vantagens da contabilidade de crescimento em seção transversal é a de não ser necessária a imposição de uma forma funcional específica para a função de produção, apenas sendo preciso tomar as hipóteses de retornos constantes de escala e diferenciabilidade. Por outro

lado, há a necessidade de ordenação dos países e, conforme tal ordenação, os índices podem mudar<sup>9</sup>. Esses índices são sensíveis também à inclusão ou exclusão de países da amostra. Um outro aspecto negativo é o de que se trata de um método não estatístico em essência, mas que utiliza séries de dados que trazem consigo bastante “ruído” – por exemplo, o estoque de capital é calculado pelo método do inventário perpétuo, além do fato de os dados para capital humano e seu retorno serem pouco confiáveis. Por fim, vale notar, os autores usam parâmetros de modelos estatísticos para calcular o estoque de capital humano – Psacharopoulos (1994).

Por fim, vale mencionar os trabalhos de Klenow & Rodriguez-Clare (1997) e de Easterly & Levine (2001) que empregam tanto a abordagem de contabilidade de crescimento, quanto a de modelos econométricos. Uma das preocupações desses dois artigos é avaliar a influência da acumulação de capital vis-à-vis a do aumento da produtividade sobre o crescimento econômico e, aos moldes de Denison (1967), atribuem a esse último elemento a maior contribuição para o crescimento econômico.

### 2.1.2 Modelos de regressão com dados de painel

A abordagem de dados de painel tem sido amplamente difundida no período recente e tem como um dos principais representantes o trabalho de Islam (1995). As suas principais vantagens são: (i) não há necessidade de ordenação dos países; (ii) é possível tanto o uso de taxas de investimento quanto de dados sobre o estoque de capital; (iii) há facilidade de inclusão do capital humano na análise. Como desvantagem, apresenta a característica de ser um método paramétrico em essência, ou seja, é preciso especificar uma forma funcional para a função de produção, o que torna os resultados condicionais à amostra. Além disso, impõe a hipótese de homogeneidade sobre os parâmetros das participações relativas dos fatores de produção.

Em geral a abordagem de painel parte de uma função de produção do tipo Cobb-Douglas, com conhecimento tecnológico poupador de mão-de-obra e que cresce a uma taxa dada  $g$ . Dessas hipóteses iniciais se chega à chamada equação de nível do produto:

$$\ln \frac{Y_t}{L_t} = \ln A_0 + gt + \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln s - \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(n + g + \delta),$$

---

<sup>9</sup> Para se calcular o índice, contudo, se requer uma forma funcional para a função de produção.

em que  $\delta$  é a taxa de depreciação,  $n$  a taxa de crescimento da população (trabalhadores) e os demais símbolos são definidos como anteriormente. O termo  $A_0$  denota o nível de produtividade inicial.

A formulação descrita acima é obtida a partir de uma série de hipóteses, dentre as quais a mais importante é, provavelmente, a de que todos os países estejam no estado estacionário. Uma vez no estado estacionário,  $g$  é o mesmo para todos os países e o nível relativo de produtividade entre dois países é sempre o mesmo (e igual à razão entre os níveis iniciais da PTF). A estimação de  $A_0$  na equação acima é o problema central dos pesquisadores. Como não há uma boa variável *proxy* para ela, a alternativa econométrica imediata é a de simplesmente assumir que  $A_0$  é o termo de erro da regressão para um dado ano. Com isso, aplica-se o método de mínimos quadrados corrigidos, em que a ordem de produtividade dos países é determinada do maior para o menor resíduo.

Contudo, a regressão que determina os valores de  $A_0$  para cada país incorre em viés de omissão de variável relevante, uma vez que o nível de produtividade pode estar, e geralmente está, correlacionado às demais variáveis explicativas do modelo. Uma forma de tratar esse problema é a estimação de  $A_0$  de cada país pelo método de efeitos fixos (com variáveis *dummies*). Supondo a mesma taxa de progresso técnico para todos os países, a disponibilidade de dados de painel permite a estimação de  $A_0$  como as diferenças de interceptos da regressão. Outra forma é supor um nível de produtividade idêntico num passado distante e calcular as diferenças de evolução de produtividade com variáveis *dummies* de país numa equação de crescimento. Islam (1995) emprega esse método para criar a ordenação de produtividade.

Uma comparação entre os resultados de Islam (1995) e Hall & Jones (1996), apresentada na tabela (2.6), revela que para vários países as posições na ordenação de produtividade diferem bastante. Para o Brasil, por exemplo, Hall & Jones (1996) reservam a oitava colocação (acima dos EUA), enquanto que para Islam (1995) o Brasil é apenas o vigésimo sexto país, de um conjunto de 96 nações. Alguns outros resultados inusitados aparecem na ordenação elaborada a partir do índice de Hall & Jones (1996), tais como a Síria, a Jordânia e o México, os países mais produtivos. Na ordenação de Islam (1995), a exemplo do que acontece com o Brasil, essas nações aparecem todas após a 25ª. colocação.

Tabela 2.6 Índices de PTF para países selecionados, EUA=100

País	Hall & Jones (1996), (1999)		Islam (1995)	
	Índice	Posto	Índice	Posto
África do Sul	64,47	42	38,29	27
Alemanha	90,03	18	67,71	15
Angola	15,35	90	13,27	63
Argélia	72,04	38	18,64	53
Argentina	72,98	37	25,92	45
Austrália	89,76	19	58,86	20
Áustria	95,79	14	67,71	14
Bangladesh	57,98	44	13,27	64
Bélgica	94,84	15	78,66	7
Benin	30,97	70	7,07	79
Bolívia	46,91	56	16,86	59
Botsuana	37,12	63	20,39	51
Brasil	100,20	8	41,90	26
Burma	13,78	94	8,63	75
Burundi	15,14	91	6,46	83
Camarões	34,34	65	16,04	60
Canadá	98,71	10	104,08	2
Chade	15,09	92	4,20	94
Chile	52,15	51	22,54	49
Cingapura	102,74	7	86,07	4
Colômbia	80,01	26	28,65	41
Congo	48,14	54	12,00	66
Coréia do Sul	66,37	40	38,29	28
Costa do Marfim	37,79	62	16,86	57
Costa Rica	73,57	36	38,29	32
Dinamarca	77,80	29	74,83	10
Egito	59,45	43	15,26	61
El Salvador	55,65	48	24,66	47
Equador	50,41	53	23,69	48
Espanha	98,31	11	78,66	9
Etiópia	10,39	96	7,81	76
EUA	100,00	9	100,00	3
Filipinas	38,87	61	18,64	55
Finlândia	80,01	25	50,66	23
França	102,94	6	78,66	8
Gana	21,52	80	5,34	90
Grécia	74,23	35	38,29	30
Guatemala	82,53	24	31,35	38
Haiti	27,09	73	11,42	69
Holanda	92,59	16	71,18	11
Honduras	44,89	58	12,62	65
Hong Kong	108,98	5	153,73	1
Ilhas Maurício	79,77	27	18,64	54
Índia	34,37	64	7,07	82
Irlanda	77,03	30	38,29	31
Israel	84,03	22	61,88	16
Itália	109,31	4	58,86	19
Jamaica	41,02	60	16,86	58
Japão	74,38	34	78,66	6
Jordânia	118,06	2	25,92	44
Libéria	27,34	72	5,84	86
Madagascar	16,20	87	8,63	74
Malásia	55,99	47	38,29	29
Malawi	13,02	95	5,84	87
Mali	19,42	83	5,56	89

(continua)

(continuação)

País	Hall & Jones (1996), (1999)		Islam (1995)	
	Índice	Posto	Índice	Posto
Marrocos	57,64	45	31,35	37
Mauritânia	22,47	78	4,60	91
México	114,34	3	48,68	24
Moçambique	22,31	79	12,00	67
Nepal	24,37	75	12,00	68
Nicarágua	44,31	59	30,12	39
Níger	15,99	88	7,81	77
Nigéria	24,64	74	8,98	73
Noruega	77,96	28	86,07	5
Nova Zelândia	75,43	32	58,86	21
P N Guiné	34,27	66	17,73	56
Panamá	46,30	57	28,65	40
Paquistão	52,73	50	19,40	52
Paraguai	54,12	49	32,96	35
Peru	56,50	46	32,96	36
Portugal	98,02	12	34,65	34
Quênia	23,74	77	7,07	80
Reino Unido	96,18	13	71,18	13
Rep. Centro Africana	17,17	85	5,56	88
Rep. Dominicana	65,05	41	21,44	50
Ruanda	24,17	76	6,46	84
Senegal	31,57	69	10,97	70
Serra Leoa	33,42	67	7,43	78
Síria	125,61	1	46,30	25
Somália	20,89	81	3,62	96
Sri Lanka	48,05	55	15,26	62
Sudão	32,76	68	6,14	85
Suécia	91,12	17	71,18	12
Suíça	87,28	20	61,88	17
Tailândia	51,32	52	24,66	46
Tanzânia	14,63	93	4,37	92
Togo	19,85	82	7,07	81
Trinidad e Tobago	83,36	23	61,88	18
Tunísia	76,19	31	27,25	42
Turquia	75,05	33	27,25	43
Uganda	16,24	86	10,44	71
Uruguai	69,56	39	38,29	33
Venezuela	87,28	21	53,26	22
Zaire	15,40	89	4,37	93
Zâmbia	19,22	84	4,20	95
Zimbábue	27,47	71	10,44	72

Fonte: Hall &amp; Jones (1996) e Islam (1995).

Deve-se notar, contudo, que alguns desses desvios podem estar associados aos diferentes períodos de referência. A ordem em Islam (1995) refere-se à média do período 1960-1985, ao passo que os dados de Hall & Jones (1996) referem-se ao ano de 1988. Outra parcela dessas diferenças pode estar associada ao uso do fator de ajuste à paridade do poder de compra, que diminui a variância da renda per capita entre países. No caso da econometria de efeitos fixos, esse fator é absorvido na constante de cada país; na metodologia de Hall & Jones (1996), não.

## 2.2 As estimações que não pressupõem eficiência

### 2.2.1 Fronteira de produção determinística: modelos não-estatísticos

Uma linha distinta dos trabalhos até aqui discutidos é aquela iniciada por Färe, Grosskopf, Norris & Zhang (1994), com base na idéia de fronteira de produção, a qual incorpora a possibilidade de produção ineficiente. Os autores analisam as variações na produtividade de países da OECD usando técnicas não-paramétricas de programação (análise de atividade) para computar índices de Malmquist, os quais, em seguida, são decompostos em contribuições de mudanças da eficiência técnica e do progresso técnico. Os aumentos de eficiência estariam associados, dessa forma, ao movimento de alcance da fronteira de produção, enquanto o progresso técnico estaria associado aos deslocamentos da fronteira. Note-se que nesse trabalho não há identificação da chamada ineficiência alocativa, mas são identificados os efeitos de escala.

De maneira a evitar a escolha arbitrária de um referencial para a tecnologia, o índice Malmquist é definido como uma média geométrica de dois índices parciais, cada qual computado com funções de distância calculadas para instantes distintos do tempo. Essa média geométrica é manipulada algebricamente de maneira a gerar a seguinte expressão equivalente:

$$M^o = \left( \frac{D_t^o(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^o(x_t, y_t)} \right) \left[ \left( \frac{D_t^o(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^o(x_{t+1}, y_{t+1})} \right) \left( \frac{D_t^o(x_t, y_t)}{D_{t+1}^o(x_t, y_t)} \right) \right]^{1/2}$$

Para a expressão acima, as funções de distância são definidas como no capítulo 1, onde foi feita uma descrição mais detalhada da metodologia empregada pelos autores. O primeiro termo do lado esquerdo, fora do colchete, reflete a mudança no grau de eficiência relativa (entre períodos). Já o segundo termo, é a média geométrica das razões que aparecem internamente ao colchete e mede o progresso técnico entre os dois instantes de tempo. Resultados que apontem um índice inferior à unidade refletem uma redução da produtividade, enquanto que aumentos de produtividade são representados por índices maiores que um.

Färe, Grosskopf, Norris & Zhang (1994) observam que é possível calcular o índice de Malmquist com base em uma tecnologia que apresenta retornos constantes ou variáveis de escala. A escolha dos autores é pela tecnologia com retornos constantes, porém, apresentam uma decomposição um pouco mais elaborada do índice, na qual o componente relativo à variação na eficiência é dividido em um efeito “puro” de eficiência, calculado relativamente à tecnologia com retor-



nos variáveis, e um efeito de escala, obtido residualmente e calculado como o desvio entre os dois tipos de tecnologia. A decomposição é a seguinte:  $M^o = PT \times ETP \times ES$ , em que PT é o progresso técnico, ETP é o efeito “puro” da eficiência técnica e ES é o efeito da escala. Os resultados para o índice total e a sua decomposição são expostos na tabela a seguir<sup>10</sup>.

Tabela 2.7 Índice de Malmquist, médias anuais de variação no período 1979-1988  
Färe, Grosskopf, Norris & Zhang (1994)

País	Índice de Malmquist	Progresso técnico	Variação na eficiência técnica	Variação pura de eficiência	Variação de escala
Austrália	0,9973	1,0009	0,9964	0,9978	0,9986
Áustria	0,9981	1,0009	0,9972	1,0023	0,9950
Bélgica	1,0092	1,0161	0,9932	0,9905	1,0027
Canadá	1,0151	1,0161	0,9990	0,9979	1,0011
Dinamarca	1,0026	1,0009	1,0017	1,0047	0,9971
Finlândia	1,0272	1,0161	1,0108	1,0065	1,0043
França	1,0081	1,0161	0,9921	0,9918	1,0003
Alemanha	1,0117	1,0161	0,9956	0,9954	1,0002
Grécia	0,9962	1,0009	0,9953	1,0000	0,9953
Irlanda	0,9821	1,0009	0,9813	1,0000	0,9813
Itália	1,0195	1,0161	1,0033	1,0037	0,9996
Japão	1,0287	1,0161	1,0124	1,0123	1,0001
Noruega	1,0236	1,0161	1,0073	1,0000	1,0073
Espanha	0,9898	1,0009	0,9890	0,9894	0,9960
Suécia	1,0019	1,0009	1,0010	1,0051	0,9960
Reino Unido	1,0012	1,0009	1,0003	1,0006	0,9997
EUA	1,0085	1,0085	1,0000	1,0000	1,0000
Média	1,0070	1,0085	0,9986	0,9999	0,9987

Fonte: Färe, Grosskopf, Norris & Zhang (1994).

Os números mostram que Japão, Finlândia, Noruega, Alemanha e Canadá apresentam médias anuais de aumento da produtividade superiores à dos EUA. Isso se deveu aos dois componentes parciais do índice Malmquist. Para esses países, tanto o índice de variação do progresso técnico quanto o de ganhos de eficiência foram mais elevados que os índices parciais dos EUA. Avaliando as funções de distância presentes no índice de progresso técnico, os autores identificam os EUA como o país que “empurra” a fronteira tecnológica em praticamente todos os anos.<sup>11</sup> Isso explica os resultados para os índices parciais desse país: como ele está na fronteira, apresenta

<sup>10</sup> Os números estão em taxas médias anuais e uma ressalva precisa ser feita: o índice Malmquist, como definido por Färe et al (1994), não atende à propriedade da circularidade. Isto é, caso seja considerada apenas a diferença entre os períodos inicial e final da amostra (e não toda ela, ano a ano) e calculada uma média geométrica, é provável que o valor encontrado seja distinto do reportado na tabela.

<sup>11</sup> Se  $PT > 1$ ,  $D_t^o(x_{t+1}, y_{t+1}) > 1$  e  $D_{t+1}^o(x_{t+1}, y_{t+1}) = 1$ , então o país deslocou a fronteira. Nos dois anos em que os EUA não deslocaram a fronteira para cima houve regresso técnico.

uma aproximação (*catch-up*) nula, sendo toda a sua variação de produtividade devida ao progresso técnico.

Vários países da amostra apresentaram taxas médias de variação da PTF negativas (Austrália, Áustria, Grécia, Irlanda e Espanha), o que parece estranho em se tratando de países relativamente desenvolvidos. Coelli & Rao (2001) apontam para uma provável causa desse resultado: os valores implícitos para as participações dos fatores que são inerentes à técnica empregada (DEA). Os EUA foram identificados como o país que “empurra” a fronteira em quase todos os anos da amostra, o que revela que a tecnologia em questão é do tipo Leontief. Todos os países que apresentaram taxas negativas de crescimento da PTF têm razões capital-produto inferiores à dos EUA e crescentes ao longo do tempo, de tal forma que, o preço sombra considerado do fator trabalho termina por ser zero e o do capital, um. Como consequência, os aumentos da produtividade do trabalho tiveram peso nulo, enquanto que reduções da produtividade do capital tiveram peso um, levando a uma redução da PTF.

Entre os resultados obtidos por Färe, Grosskopf, Norris & Zhang (1994), os números para variações de escala chamam bastante a atenção: eles são muito pequenos e nove dos dezessete países apresentaram perdas de escala. Outro fato intrigante é que, dentre os demais países que apresentaram ganhos de escala, os números são maiores para nações pequenas como a Finlândia e a Noruega.

Uma comparação feita por Färe, Grosskopf, Norris & Zhang (1994) dos seus resultados com os da metodologia tradicional de contabilidade de crescimento (usando aproximação por um índice Tornquist de produtividade) mostra grandes disparidades para vários países. Argumentam então que isso pode ter duas explicações possíveis. A primeira razão diz respeito ao uso de dados sobre participações dos fatores na renda na metodologia de contabilidade de crescimento. O uso dessas participações introduz outra fonte de ineficiência, de natureza alocativa. Isso ocorre quando essas participações diferem dos valores que minimizam o custo total, ou seja, quando as remunerações dos fatores são distintas do valor da sua produtividade marginal. Isso levaria a um viés na medida de PTF por contabilidade de crescimento. A segunda razão está ligada ao fato de que, nessa metodologia não se fez qualquer esforço para realizar comparações “multilaterais”, isto é, cada país foi comparado apenas consigo mesmo numa série de tempo, sem a adoção de um referencial.

### 2.2.2 Fronteira de produção estocástica: modelos estatísticos

O modelo SFA é uma alternativa ao modelo de fronteira determinística para o cálculo da produtividade. É comum o seu uso para estimar por meio de econometria as partes componentes do Índice de Malmquist e fazer comparações de produtividade com base nele. Como discutido no capítulo 1, trata-se de um método mais simples no qual a eficiência técnica de cada unidade produtiva é estimada com base no modelo tradicional de fronteira estocástica, montando-se um índice de variação dela e também um índice de variação do progresso técnico obtido a partir dos coeficientes estimados do modelo.

Trabalhos que empregam o método SFA para estimar uma fronteira de produção para uma amostra de países ainda são escassos. Cornwell & Wächter (1999) realizam esse procedimento para países da OECD; Deliktas & Balcilar (2002) o fazem para um grupo de países do Leste Europeu (economias em transição do modelo econômico planejado para o modelo de mercado). Recentemente Bittencourt & Marinho (2003) aplicam o método para uma amostra de países latino-americanos. Todos ainda são textos em desenvolvimento e não se tem notícia de sua publicação em periódico acadêmico ou livro. Em alguma medida, a escassez de trabalhos nessa linha está associada aos procedimentos bastante trabalhosos envolvidos na empreitada. É preciso, por exemplo, calcular elasticidades, país por país e, dependendo da forma funcional, ano a ano; é preciso decompor a produtividade em efeitos do progresso técnico, da eficiência técnica e adicionalmente é aconselhável avaliar os efeitos de escala e da eficiência alocativa.

Cornwell & Wächter (1999) adotam uma metodologia pouco usual, estimando 26 fronteiras estocásticas em seção transversal, uma para cada ano de sua amostra. Assim, conseguem calcular níveis de eficiência técnica para cada ano, por país da amostra, composta de 26 nações pertencentes à OECD e observados de 1965 a 1990. Alternativamente, estimam a ineficiência por DEA, para ter base de comparação de seus resultados. É interessante ressaltar que esses autores usam o método dos mínimos quadrados, que gera estimativas consistentes dos parâmetros da fronteira, exceto do intercepto, para o qual é feita a correção apropriada. Outro aspecto que chama a atenção no trabalho de Cornwell & Wächter (1999) é o fato de os níveis de eficiência de alguns países passarem de 100% em alguns anos. Isso é justificado por eles de maneira pouco clara, com a ressalva de que cada uma das regressões teria sido modificada usando momentos de ordem superior para os resíduos da estimativa por MQO.

Para estudar a importância da eficiência no processo de convergência, os autores: (i) estudam se as medidas de eficiência técnica para os diferentes países apresentam cointegração; (ii) fazem regressões de convergência e avaliam a contribuição da eficiência para o crescimento. Assim, além de calcular medidas de eficiência, Cornwell & Wächter (1999) reportam também os  $R^2$  de regressões da taxa de crescimento do produto contra as variações na eficiência técnica. Os números variam bastante de país para país (de 0,05 a 0,60). Para algumas nações, o  $R^2$  obtido usando escores de DEA é bastante distinto do  $R^2$  conseguido usando as estimativas de SFA para a eficiência – por exemplo, a Suíça, que apresentou  $R^2$  de 0,38 usando as medidas de ET calculadas com DEA e 0,08 quando se usou a ET estimada por SFA.

O estudo de Deliktas & Balcilar (2002) procura também aplica tanto o método DEA quanto o SFA para estimar uma fronteira de produção e os níveis de eficiência técnica de um conjunto de 25 economias que anteriormente viviam sob um regime centralmente planejado e hoje se encontram “em transição” para economias de mercado. O período de análise vai de 1991 a 2000. O modelo de fronteira estocástica estimado em Deliktas e Balcilar (2002) é o proposto por Battese & Coelli (1995), com alguns indicadores servindo como variáveis explicativas da ineficiência, quais sejam, o nível de escolaridade, o grau de liberalização, o coeficiente de gini da distribuição de renda, um indicador da quantidade de recursos naturais disponíveis, entre outros.

Os resultados da estimativa da fronteira translog para essa amostra revelam algumas curiosidades, como um coeficiente positivo (e significativo a 10%) para a interação entre capital e trabalho (em logaritmos), o que indica a não substituição entre fatores. Os coeficientes da interação dos fatores com o tempo têm sinais que apontam para um progresso técnico poupador de capital e não poupador de mão-de-obra. Os níveis de eficiência técnica são relativamente baixos (média da amostra: 0,559 e todos abaixo de 0,920). Os números para o progresso técnico revelam regresso ao longo de todo o período para todos os países, o que acaba por impor o mesmo tipo de resultado para a PTF: queda continuada. Como os países da amostra de Deliktas e Balcilar (2002) quase nunca entram em qualquer outro estudo, é difícil comparar os resultados desses autores com os de outros trabalhos.

Bittencourt & Marinho (2003) procuram estudar o crescimento econômico dos países latino-americanos usando um índice de Malmquist construído a partir de estimativas para eficiência técnica e o progresso técnico usando o modelo de Battese & Coelli (1995). Como variáveis explicativas da eficiência técnica usam os gastos de consumo do governo, a taxa de inflação, o desvio

dos preços locais com relação à PPP e o grau de abertura das economias. Os autores encontram uma pequena redução da produtividade para América Latina como um todo entre 1961 e 1990, com resultados heterogêneos por país. Esses são consistentes com outros estudos para esse grupo de países nesse período. Bandeira (2002) observa queda da PTF até 1990, com forte crescimento no período posterior a 1990. Contudo, diverge do clássico resultado de Elias (1992), que adota o método tradicional de contabilidade de crescimento.

Uma outra possibilidade metodológica é a de se estimar de forma direta as funções de distância que entram no cálculo do índice Malmquist, ao invés de calculá-las resolvendo problemas de programação linear. Essa possibilidade é explorada por Coelli (2000), Coelli & Perelman (1999) e (2000). Contudo, não há notícia (que seja do nosso conhecimento) de aplicação empírica dessa metodologia usando dados agregados para comparações de PTF entre países.

### **2.3 Breve balanço das abordagens**

Como se viu, há uma grande variedade de abordagens para o cálculo da produtividade das nações, as quais apontam para resultados muitas vezes díspares. Por traz dessas análises empíricas estão as mesmas preocupações: a de medir a importância das diferenças nos níveis de produtividade na explicação das diferenças nos níveis de renda e a de medir a contribuição do aumento da produtividade no crescimento econômico.

As disparidades de resultados, quando focado cada método vis-à-vis o seu próximo, são justificadas por diferenças nas medidas das variáveis, na extensão temporal e nas amostras. Contudo, no que diz respeito às medidas de evolução da produtividade, parece haver consenso de que, em boa medida, a PTF tem uma contribuição significativa para o crescimento econômico e que há um processo histórico de convergência dos níveis de produtividade, ao menos entre os países desenvolvidos. No que respeita às medidas de nível de produtividade, há consenso quanto à sua importância na explicação das grandes diferenças de renda per capita entre países desenvolvidos e nações em desenvolvimento. Não obstante, vale ressaltar que a ordenação proposta por Islam (1995), baseada em um modelo estatístico, parece mais pertinente do que a realizada por Hall & Jones (1996). Isso deve estar associado ao fato de as abordagens estatísticas serem capazes de separar de maneira mais adequada os choques aleatórios das trajetórias de longo prazo.

Contudo, há uma distinção clara entre os métodos que pressupõem eficiência técnica e alocativa e aqueles que admitem a possibilidade de ineficiências: o primeiro grupo de abordagens

não esclarece as razões econômicas por trás das diferenças de produtividade. A PTF é um todo que contém toda sorte de influências sobre o nível de renda das nações; uma medida da nossa ignorância. Já as medidas que não pressupõem eficiência trazem distinções conceituais relevantes, como a separação do progresso técnico dos ganhos de eficiência técnica, freqüentemente interpretados como difusão tecnológica e aprendizado. Essa separação, possibilitada pelos métodos de fronteira de produção, pode agregar informação à discussão do papel no crescimento econômico e dos determinantes da produtividade, visto que essas técnicas têm gerado resultados interessantes na vasta literatura sobre produtividade no plano microeconômico e já apontam sinais promissores na nascente literatura que as aplica na análise da produtividade agregada.

Outro aspecto a ser observado é que não se teve conhecimento de estudo agregado que tenha medido a evolução da eficiência alocativa e investigado seu papel no processo de crescimento econômico. E isso chama atenção pelo fato de as análises teóricas de crescimento e desenvolvimento econômico, assim como boa parte da literatura microeconômica, recorrentemente ressaltarem a influência de distorções de preços relativos no sistema de alocação produtivo e de consumo das economias.

Nesse sentido, os capítulos seguintes desta tese buscam suprir, ao menos em parte, essa lacuna da literatura, ao tratar a questão da produtividade da forma mais detalhada que o atual estado das artes parece permitir. Isso é feito com a estimação da fronteira de produção para 75 países, entre 1950 e 2000, a qual permite avaliar a importância da eficiência técnica, do progresso técnico e dos ganhos de escala nos diferenciais de produtividade entre as nações, e, adicionalmente, com a mensuração da eficiência alocativa e sua contribuição para o crescimento. Essa análise pode contribuir na sustentação da tese de que as distorções alocativas apresentadas pelos países em desenvolvimento são, em boa medida, responsáveis pelo diferencial de bem-estar dessas nações em relação às economias desenvolvidas.

## Capítulo 3

### *A fronteira de produção mundial 1950-2000*

Este capítulo apresenta uma alternativa para a mensuração da fronteira de produção das economias com base na análise de fronteiras estocásticas. A grande vantagem dessa abordagem está na possibilidade que ela oferece de se decompor as variações da produtividade em partes que têm interpretação econômica direta e simples. Como discutido no capítulo 1 desta tese, a fronteira estocástica assume a existência (i) de ineficiência técnica e (ii) de um processo de variação temporal dessa ineficiência, o que permite separar em duas partes as mudanças técnicas observadas pelas economias, quais sejam: a variação da eficiência técnica, que mede o movimento de uma economia em direção à fronteira de produção, e o progresso técnico, que mensura o deslocamento da fronteira ao longo do tempo. Quando aplicada a uma forma funcional de produção flexível – uma função transcendental logarítmica, por exemplo –, essa técnica permite, ainda, identificar a ocorrência de eficiência de escala. A magnitude relativa dessas partes (eficiência técnica, progresso técnico e eficiência de escala) possui implicações interessantes de política para o desenvolvimento das nações.

O capítulo está organizado em quatro seções. A primeira seção apresenta o modelo de fronteira estocástica de produção, detalhando alguns aspectos econométricos que não foram devidamente tratados no capítulo 1. A seção 3.2 descreve a base de dados e a amostra de países empregadas neste estudo, destacando a crítica de dados realizada *ex ante*, a qual objetivou minorar o problema os erros de medida das variáveis tão comum nas análises agregadas. A seção 3.3 discute os resultados das estimativas para uma série de formas funcionais específicas, indicando a mais adequada aos dados, e traz os coeficientes estimados e os cálculos de elasticidade para a função *translog* completa, a mais adequada de todas. Por fim, a quarta seção avalia os resultados das estimações econométricas em termos do sentido econômico que possuem.

### 3.1 O modelo de fronteira estocástica com dados de painel

O modelo utilizado é fundamentalmente aquele desenvolvido na literatura sobre eficiência técnica e produtividade, mais especificamente no ramo “estatístico” ou “paramétrico” dessa literatura, conhecido como *Stochastic Frontier Analysis* (SFA). Trata-se da chamada análise de fronteiras estocásticas de produção<sup>1</sup>. A bem da verdade, a abordagem de SFA tem como foco a estimação direta de um dos componentes da PTF, o grau de ineficiência técnica. Essa estimação se dá em adição ao chamado progresso técnico, que aqui, como usualmente feito nos modelos empíricos, é captado por meio do emprego de uma tendência temporal<sup>2</sup>. A idéia de ineficiência na produção remonta aos trabalhos de Debreu (1951), Koopmans (1951) e Farrell (1957), este último, considerado o trabalho precursor de toda literatura sobre fronteiras de produção e de custos<sup>3</sup>.

Para Farrell, assim como para a maior parte dos trabalhos oriundos de seu estudo, a preocupação é a de estimar uma fronteira de produção para uma determinada indústria, ou atividade econômica, a partir de dados de firmas pertencentes a ela. Contudo, a fronteira, no caso das pretensões deste trabalho, é uma fronteira mundial de produção e as unidades produtivas são os países de uma amostra. A distância de cada país com relação à fronteira dá o seu grau de ineficiência na utilização dos fatores de produção, ao passo que os deslocamentos da fronteira de produção medem o progresso técnico.

O modelo usado aqui é em essência aquele elaborado (independentemente) por Aigner, Lovell & Schmidt (1977) e por Meeusen & van den Broeck (1977). Essa formulação foi estendida por Pitt & Lee (1981) e Schmidt & Sickles (1984) para o caso de dados de painel. Desde então, várias sofisticações foram propostas, sendo a mais interessante a de Battese & Coelli (1992), em que a ineficiência técnica é modelada de forma a variar no tempo.

---

<sup>1</sup> Essa literatura é farta de exemplos utilizando fronteiras de custos ao invés de produção, mas esse não é o foco deste trabalho.

<sup>2</sup> Uma simples e engenhosa decomposição algébrica, desenvolvida por Bauer (1991) e Kumbhakar (2000), permite visualizar ainda a magnitude de dois outros componentes da PTF, a saber: os ganhos de escala (ou variações na eficiência de escala) e as variações no grau de eficiência alocativa. Esse aspecto é abordado em detalhe no próximo capítulo.

<sup>3</sup> A evolução posterior desse campo de estudo está sumarizada em duas obras de referência: Coelli, Rao & Battese (1998) e Kumbhakar & Lovell (2000).



O modelo genérico de função de produção estocástica é descrito pela equação a seguir, em que  $y$  é o vetor de quantidades produzidas pelos diversos países<sup>4</sup>,  $x$  é o vetor de fatores de produção utilizados e  $\beta$ , o vetor de parâmetros que definem a tecnologia de produção.

$$y = f(t, x, \beta) \cdot \exp(v) \cdot \exp(-u), u \geq 0 \quad (1)$$

Os termos  $v$  e  $u$  (vetores) representam distintos componentes do erro. O primeiro refere-se à parte aleatória do erro, enquanto o segundo diz respeito à parte relativa à ineficiência, isto é, a parte que constitui um desvio para baixo com relação à fronteira de produção (o que pode ser inferido pelo sinal negativo e pela restrição  $u \geq 0$ ). Dessa forma,  $f(t, x, \beta) \cdot \exp(v)$  representa a fronteira de produção estocástica e  $v$  tem uma distribuição simétrica para captar os efeitos aleatórios dos erros de medida e choques exógenos que fazem com que a posição do núcleo determinístico da fronteira,  $f(t, x, \beta)$ , varie de país para país. A ineficiência técnica é captada pelo componente do erro  $\exp(-u)$ . Para cada país  $i$  e a cada unidade de tempo  $t$ , tem-se:

$$y_{it} = f(t, x_{it}, \beta) \cdot \exp(v_{it}) \cdot \exp(-u_{it}); i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (2)$$

Para estimar esse modelo é preciso fazer uma série de pressupostos tanto para a forma funcional da tecnologia quanto para os componentes do erro,  $v$  e  $u$ . O modelo acima pode ser estimado por máxima verossimilhança, uma vez que: (i) sejam tomadas distribuições de probabilidade específicas para  $v$  e para  $u$ ; (ii) seja suposto que esses dois componentes são independentes entre si e (iii)  $x$  seja pressuposto exógeno. Dadas essas condições, valem as propriedades assintóticas tradicionais dos estimadores de MV. Para tanto, assume-se as hipóteses de que  $v \sim \text{iid } N(0, \sigma^2)$  e  $u \sim NT(\mu, \sigma_u^2)$ , isto é,  $u$  tem distribuição normal-truncada (com média  $\mu$  não nula)<sup>5</sup>. Além disso, pode-se tomar a ineficiência técnica como variante no tempo, segundo a parametrização formulada por Battese & Coelli (1992)<sup>6</sup>:

$$u_{it} = \exp[-\eta(t - T)] \cdot u_i, u_{it} \geq 0 \text{ e } i = 1, \dots, N \text{ e } t \in \tau(i) \quad (3)$$

<sup>4</sup> Toma-se a hipótese de que o produto é único. É possível, no âmbito da SFA desenvolver modelos capazes de lidar com a situação de múltiplos produtos. Isso pode ser feito empregando e estimando funções de distância (Coelli, 2000).

<sup>5</sup> Trata-se de uma generalização da distribuição meia-normal ou seminormal, em que é possível testar o caso particular por meio da restrição  $\mu=0$ .

<sup>6</sup> Outras maneiras de se modelar a ineficiência técnica no tempo são apresentadas por Kumbhakar (1990), Lee & Schmidt (1993) e Cornwell, Schmidt & Sickles (1990).

Na expressão acima,  $\tau(i)$  representa o conjunto de  $T_i$  períodos de tempo para os quais há observações disponíveis para o  $i$ -ésimo país<sup>7</sup>, dentre os  $T$  períodos possíveis no painel (isto é,  $\tau(i)$  pode conter todos os períodos do painel ou apenas um subconjunto de períodos dele). O termo relativo à ineficiência técnica tem um padrão de comportamento temporal ditado pelo sinal de  $\eta$ . Caso esse termo seja positivo, a ineficiência técnica será decrescente no tempo, enquanto que, se for negativo, a ineficiência será crescente. Quando  $\eta$  é nulo, tem-se uma ineficiência técnica que não varia no tempo, também chamada de ineficiência persistente. Essa especificação do padrão de comportamento da ineficiência é um tanto rígida, como admitem os próprios arquitetos do modelo, uma vez que, pela formulação, a ineficiência técnica deve crescer a taxas decrescentes ( $\eta > 0$ ), ou decrescer a taxas crescentes ( $\eta < 0$ ). Além disso, o valor estimado para  $\eta$  é o mesmo para todos os países da amostra, o que significa dizer que o padrão de aumento ou redução da ineficiência é o mesmo para todos os países.

A função de log-verossimilhança e suas derivadas parciais primeiras são expostas em Battese & Coelli (1992), assim como também é demonstrado que o *minimum-mean squared-error predictor* para a eficiência técnica do país  $i$ , no período  $t$ ,  $TE_{it} = \exp(-u_{it})$ , é dado por:

$$E[\exp(-u_{it})|E_i] = \left\{ \frac{1 - \Phi[\eta_{it}\sigma_i^* - (\mu_i^*/\sigma_i^*)]}{1 - \Phi(-(\mu_i^*/\sigma_i^*))} \right\} \exp\left[-\eta_{it}\mu_i^* + \frac{1}{2}\eta_{it}\sigma_i^{*2}\right],$$

em que  $E_{it} \equiv v_{it} + u_{it}$ , sendo  $E_i$  um vetor ( $T_i \times 1$ ) com os termos de erro totais (compostos) associados aos períodos de tempo para os quais há observações do país  $i$ ;  $\eta_i$  é um vetor ( $T_i \times 1$ ) com os  $\eta_{it}$  associados aos períodos de tempo para os quais há observações;  $\Phi(\cdot)$  é a função de distribuição normal padrão; e os parâmetros  $\mu_i^*$  e  $\sigma_i^*$  são, respectivamente,

$$\mu_i^* = \frac{\mu\sigma_v^2 - \eta_i'E_i\sigma^2}{\sigma_v^2 - \eta_i'\eta_i\sigma^2} \quad \text{e} \quad \sigma_i^* = \frac{\sigma_v^2\sigma^2}{\sigma_v^2 - \eta_i'\eta_i\sigma^2}.$$

Assumindo uma tecnologia do tipo logarítmica transcendental (translog) e identificando os fatores de produção capital e trabalho por  $K$  e  $L$ , respectivamente, o modelo pode ser expresso por:

<sup>7</sup> Na verdade o artigo de Battese e Coelli (1992) trata de firmas (fazendas) de uma indústria e não de países.

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \beta_t \cdot t + \beta_K \ln K_{it} + \beta_L \ln L_{it} + \frac{1}{2} \cdot \beta_{tt} \cdot t^2 + \frac{1}{2} \beta_{KK} (\ln K_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{LL} (\ln L_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{KL} (\ln K_{it}) \cdot (\ln L_{it}) + \beta_{Kt} [(\ln K_{it}) \cdot t] + \beta_{Lt} [(\ln L_{it}) \cdot t] + v_{it} - u_{it} \quad (4)$$

Os valores das elasticidades da produção com relação ao capital podem ser obtidos a partir da derivação da forma funcional proposta em (2), com relação ao logaritmo natural de cada um dos fatores. Note que, em razão das interações mais abrangentes da translog, tem-se elasticidades específicas para cada país da amostra e para cada instante do tempo. Também a medida de progresso técnico é específica para cada país e instante do tempo. Essas medidas são expressas pelas equações (5) a (7).

$$\varepsilon_{Kit} = \frac{\partial \ln y_{it}}{\partial \ln K_{it}} = \beta_K + \beta_{KK} \cdot \ln K_{it} + \frac{1}{2} \beta_{KL} \cdot \ln L_{it} + \beta_{Kt} \cdot t \quad (5)$$

$$\varepsilon_{Lit} = \frac{\partial \ln y_{it}}{\partial \ln L_{it}} = \beta_L + \beta_{LL} \cdot \ln L_{it} + \frac{1}{2} \beta_{KL} \cdot \ln K_{it} + \beta_{Lt} \cdot t \quad (6)$$

$$PT_{it} = \beta_t + \beta_{tt} \cdot t + \beta_{Kt} (\ln K_{it}) + \beta_{Lt} (\ln L_{it}) \quad (7)$$

## 3.2 Base de dados e amostra

O banco de dados deste estudo é constituído por um painel não balanceado de dados para a produção agregada e fatores de produção de uma amostra de países que inclui tanto nações ricas quanto pobres. Os dados foram obtidos do *Penn World Tables* (PWT), versão 6.1, para os anos de 1950 a 2000. A seguir, são detalhadas as definições de cada uma das séries de dados para as variáveis utilizadas nas estimativas econométricas, na seguinte ordem: produção, trabalho e estoque de capital. Por fim, são descritos os procedimentos adotados para seleção dos países e dos instantes de tempo que efetivamente entraram nas estimativas econométricas.

### 3.2.1 Definições das variáveis

#### Produção

Para a variável produção tomou-se o PIB dos países da amostra medido em preços constantes (US\$ de 1996), com ajuste para paridade de poder de compra (PPP). No PWT 6.1 consta a variável *real GDP per capita chain series (RGDPCH)* que multiplicada pela variável correspon-

dente à população total dos países resulta na série para produção empregada nas estimativas. Trata-se de uma série encadeada que procura refletir a evolução das quantidades produzidas.

### Trabalho

Para os dados sobre o trabalho, foi utilizada como *proxy* a população equivalente adulta. O conceito de população equivalente adulta (*pequa*) aparece no PWT e é derivado dos dados populacionais. A partir da série de dados para a população total, calcula-se uma média que atribui peso 1 para as pessoas com mais de 15 anos e 0,5 para as pessoas com até 15 anos ( $pop > 15 * 1 + pop \leq 15 * 0,5$ ). O dado não é divulgado diretamente no PWT 6.1, mas foi possível consegui-lo por meio de uma pequena transformação usando três variáveis ali presentes: dividiu-se a série encadeada do PIB per capita em termos reais (*rgdpch*) pela variável que mostra o valor do PIB pela população equivalente adulta (*rgdpeqa*) e em seguida multiplicou-se o resultado pela população (*pop*).

$$L = \frac{rgdpch}{rgdpeqa} \cdot pop = \frac{PIB}{Pop} \cdot \frac{peqa}{PIB} \cdot pop$$

Uma outra possibilidade seria usar os dados relativos à força de trabalho. Estes podem ser obtidos por meio de uma transformação análoga à descrita acima, usando a variável *real GDP per worker* (*rgdpwok*). Uma análise mais detalhada da evolução das duas séries de dados por país indica uma confiabilidade maior dos dados relativos à população equivalente adulta, que por isso foi escolhida para nossas estimativas.

### Capital

No PWT 6.1 não há série para o estoque de capital dos países<sup>8</sup>. Como para nossas estimativas é necessário ter dados para essa variável, recorreu-se ao tradicional método do inventário perpétuo. O método do inventário perpétuo permite a montagem de uma série de dados de estoque de capital a partir de uma estimativa para o estoque de capital inicial, conseguida com base nos dados de investimento, da suposição de uma taxa de crescimento estável para um determinado período e suposições para a taxa de depreciação. A medida de estoque de capital inicial é bastante sensível aos problemas de erros de medida encontrados para alguns países no que diz respeito ao fluxo de investimentos (e também para o crescimento do PIB).

---

<sup>8</sup> Na documentação do banco de dados PWT 6.1 uma série de variáveis aparecem como “ainda não disponíveis”, dentre elas a variável *Kapw* – *capital stock per worker* e algumas subdivisões do estoque de capital (e.g. *residential construction; non residential construction; transport equipment*).

A série de investimentos utilizada nos cálculos do estoque de capital foi obtida multiplicando-se o PIB em moeda local constante de 1996 pela taxa de investimento “corrente” e em seguida transformando-se o resultado em US\$ pela taxa de câmbio de 1996. O PIB em moeda local de 1996 foi obtido pela somatória simples de seus componentes que estão disponíveis na planilha *nafinalpwt* do PWT (*CKON*, *GKON*, *IKON*, *EXPK*, *IMPK*). Já a taxa de investimento corrente foi conseguida dividindo-se o valor do investimento em moeda local corrente (*ICUR* da planilha *nafinalpwt* do PWT) pelo PIB corrente (*CCUR+GKUR+ICUR+EXPC-IMPC*). A taxa de câmbio utilizada consta da série para a variável *XRAT*, presente na planilha *nafinalpwt* do PWT.

Uma vez de posse da série para os investimentos, o estoque de capital inicial foi calculado. Para tanto, tomou-se como ponto central o ano seguinte ao do início da série de dados de investimento. Em seguida utilizou-se o método do inventário perpétuo para construção do restante da série. O procedimento foi tal que, cada país tem a sua série de estoque de capital começando no primeiro ano para o qual estão disponíveis os dados para o investimento agregado.

O estoque de capital inicial para o país *i* foi calculado usando a seguinte expressão<sup>9</sup>:

$$K_0 = \frac{\bar{I}_i}{(\bar{g}_i + \delta)}.$$

Na expressão acima,  $\bar{I}_i$  é o investimento médio realizado entre o período  $\tau-1$  e o período  $\tau+1$ , sendo o período  $\tau$  identificado como o ano posterior ao do início da série de dados para o investimento, o qual varia conforme o país. Já  $\bar{g}_i$  e  $\delta$  representam, respectivamente, a taxa média de crescimento entre os períodos  $\tau-1$  e  $\tau+1$  e a taxa de depreciação.

Como se vê, ao invés de se tomar simplesmente o investimento do ano base, tomou-se uma média de três anos, centrada no período base. Um exemplo hipotético deve deixar mais claro o procedimento. Seja um país para o qual os dados de investimento estavam disponíveis desde 1950. Calculou-se a média desse investimento entre 1950 e 1952 (centrada, portanto, em 1951, ano base) e em seguida dividiu-se esse valor pela soma da taxa média de crescimento do período (1950-1952) com a taxa de depreciação, esta última suposta constante e igual a 4% para todos os países.

---

<sup>9</sup> Nehru & Dharehwar (1993) apresentam em detalhes esta e várias outras maneiras de proceder-se o cálculo do estoque de capital inicial.

O passo seguinte foi o de completar a série com os números para o estoque de capital de todos os períodos. Para tanto, tomou-se o estoque de capital inicial, ao qual foram somados os investimentos posteriores e descontada a depreciação ocorrida no período, seguindo a seguinte expressão:

$$K_{it+1} = K_{it} \cdot (1 - \delta) + I_{it} ,$$

em que  $K_{it}$  denota o estoque de capital do período corrente,  $K_{it+1}$  o estoque de capital do período subsequente,  $\delta$  é a taxa de depreciação e  $I_{it}$  é o investimento do período corrente. O procedimento inverso foi feito para levar para trás um período o estoque de capital (acresceu-se a depreciação e descontou-se o investimento). Dessa forma, a série de estoque de capital de um país começa exatamente no ano em que inicia a série de dados para os investimentos.

A razão porque a série de estoque de capital utilizada neste trabalho foi construída em valores constantes, sem ajuste pela paridade de poder de compra (mais especificamente em US\$ constantes de 1996), remete à idéia de que as decisões de investimento são tomadas levando em conta preços relativos domésticos. Cohen & Soto (2003) também atentam para isso e argumentam que o ajuste PPP impõe aos países mais pobres (que os EUA), preços relativos distintos dos de mercado e uma produtividade marginal do capital aparentemente elevada:

“... growth accounting based on Summers-Heston data is likely to bias the measurement of TFP. Indeed, to the extent that the efficient allocation of resources in a poor country is channeled towards the sector that has a relative high market price, this country will not necessarily allocate its resources in the sectors that would be dictated by PPP prices, hence a low TFP. The inefficiency revealed by TFP may then be exaggerated.” (p.3)

Como é sabido, o preço dos bens de investimento ao longo do tempo tem caído relativamente ao preço dos demais produtos, movimento que se acentuou com a crescente produção dos setores de tecnologia de informação e comunicação. Efetivamente a qualidade dos produtos desse setor tem melhorado continuamente, com seguidas quedas de preço e aprofundamento do uso de capital. Como consequência, a parte que cabe aos fatores de produção na explicação do crescimento econômico cresce, tornando a parte relativa à produtividade menor. Quando se faz ajuste para PPP nos valores para o estoque de capital, esses movimentos acabam sendo exacerbados.

### 3.2.2 Amostra de países

A amostra de países inclusos na análise procurou obedecer a alguns critérios. Inicialmente adotou-se o critério de disponibilidade de dados homogêneos para o período em questão, sendo excluídas as nações com um número reduzido de observações. O padrão estabelecido para o mínimo de observações contínuas foi 30 por país. Assim, das 203 economias que constam do PWT 6.1, foram excluídos 86 países para os quais há informações sobre força de trabalho, PIB, investimento ou taxa de câmbio para menos de 30 anos<sup>10</sup>. Essencialmente, esse critério excluiu da amostra uma série de países criados ou cindidos nos últimos 20 a 30 anos.

Note-se que nesse grupo estão várias das nações por trás da antiga “cortina de ferro” e protetorados, economias para as quais a lógica de acumulação de fatores ou a própria contabilidade social são distintas. Por esse motivo, também foram excluídas as seguintes economias socialistas: República Popular da China, Hungria, Romênia e Polônia. Foram desconsideradas, também, economias que são ou foram protetorados de outras nações, como é o caso de Porto Rico e Taiwan<sup>11</sup>.

No grupo dos 86 excluídos também estão quase todos os países com população muito pequena – inferior a 500 mil habitantes, em 2000. Por esse motivo, optou-se por excluir os países com essa característica: Barbados, Cabo Verde, Guiné Equatorial, Luxemburgo e Ilhas Seychelles. A única exceção a essa regra foi a Islândia, país para o qual havia disponibilidade de informações desde 1950 e que, pela qualidade das informações, figurou na presente amostra como um representante de países com pequena população.

Das 112 economias restante, foram excluídas outras 13 nações com descontinuidade nas séries históricas, devido a guerras, externas ou civis, ou à cisão do país. Nesses casos, a estimação

---

<sup>10</sup> São eles: Aruba, Andorra, Afeganistão, Albânia, Antilhas Holandesas, Emirados Árabes, Armênia, Azerbaijão, Bulgária, Bahrain, Bahamas, Bósnia, Belarus, Belize, Bermuda, Brunei, Butão, Ilhas Channel, Cuba, Ilhas Cayman, República Tcheca, Djibouti, Dominica, Eritréia, Estônia, Geórgia, Granada, Greenland, Guam, Croácia, Isle of Man, Iraque, Cazaquistão, Quirguistão, Camboja, Kiribati, St. Kitts e Nevis, Kuwait, Laos, Líbano, Libéria, Líbia, Santa Lucia, Liechtenstein, Lituânia, Luxemburgo, Macao, Mônaco, Moldova, Maldivas, Ilhas Marshall, Macedônia, FYR, Malta, Myamar, Mongólia, Ilhas Mariana, Mayotte, Nova Caledônia, Omã, Palau, República Socialista da Coreia, Polinésia Francesa, Catar, Federação Russa, Arábia Saudita, Sudão, Ilhas Salomão, Somália, São Tome e Príncipe, Suriname, República Eslovaca, Eslovênia, Suazilândia, Tajiquistão, Turquemenistão, Tonga, Ucrânia, Usbequistão, São Vicente e Granadinas, Ilhas Virgens (U.S.), Vietnam, Vanuatu, West Bank e Gaza, Samôa, Iêmen, e Iugoslávia.

<sup>11</sup> Hong Kong, pela disponibilidade e qualidade das informações, foi mantida na amostra.

do estoque de capital por inventário perpétuo claramente não se aplica<sup>12</sup>. Os países excluídos com base nesse critério foram: Angola, Etiópia, Bangladesh, Guiné, Comoros, Haiti, Burundi, República da África Central, Madagascar, Moçambique, Serra Leoa, Papua Nova Guiné e Zaire (atual Congo). Também foram excluídas outras 18 economias devido ao fato delas apresentarem elevada instabilidade do PIB per capita e da taxa de investimento, o que provoca desvios muito grandes nas estimativas de estoque de capital. Foram elas: Argélia, Benin, Botswana, Burkina Faso, Camarões, República do Congo, Costa do Marfim, Ilhas Fiji, Ilhas Maurício, Gâmbia, Guiné Bisau, Guiana, Mali, Mauritânia, Namíbia, Niger, Tanzânia e Togo.

Note-se que todos os países excluídos nesse último grupo são pobres, com uma concentração elevada na África. Poder-se-ia questionar se esse procedimento não estaria gerando viés na análise, por meio de seleção. Seguramente, esse não é um problema na presente análise, posto que se optou por trabalhar com uma descrição da fronteira de produção bastante abrangente (*translog*): nesse caso, as elasticidades do produto em relação aos fatores são variáveis entre países e no tempo, o que dá flexibilidade aos ajustes. Caso fosse empreendida uma análise com uma função de produção Cobb-Douglas, por exemplo, as elasticidades seriam constantes e expressariam médias amostrais sujeitas a problemas de seleção. Ao contrário, na presente análise, a seleção empreendida deve favorecer a acuidade das estimativas, visto que os países excluídos por completo da amostra (por falta de confiabilidade nos dados) têm em geral uma “nota” baixa no ranking oferecido pelo PWT para a qualidade dos dados.<sup>13</sup>

Assim, restaram 75 países com informações, completas ou incompletas, para o período entre 1950 e 2000<sup>14</sup>. As observações foram tomadas para 11 instantes distintos no tempo, de 5 em 5 anos, começando em 1950 e terminando em 2000. Esse tipo de procedimento é comum na literatura de crescimento econômico e é justificada por duas razões. A primeira é simplesmente o interesse em se estudar os efeitos de longo prazo, sendo adequados para tanto dados mais espaçados temporalmente. Forbes (2000), por exemplo, realiza estimativas com dados quinquenais e justifica dizendo que dados anuais incorporam perturbações de curto prazo. Depois, há que se

---

<sup>12</sup> A suposição de depreciação constante em períodos de guerra leva à superestimação do estoque de capital, assim como o estoque de mão-de-obra também deve estar superestimado, por desconsiderar o contingente envolvido no esforço de guerra.

<sup>13</sup> Para uma comparação da confiabilidade dos dados dos diversos países pode-se consultar a Table A, do *Data Appendix for a Space-Time System of National Accounts: Penn World Table 6.1 (PWT 6.1)* pág. 13 – disponível em <http://pwt.econ.upenn.edu/>.

<sup>14</sup> A tabela 1 do anexo apresenta os países considerados nas estimativas e suas estatísticas de produção, estoque de capital e população equivalente adulto.



destacar o fato de, no presente estudo, haver apenas 79 observações para cada seção transversal. Se fosse adotada a periodicidade anual, o banco de dados ficaria com até 51 observações temporais (T) para 75 observações de seção transversal (N), o que causaria um “desbalanceamento” no painel, com implicações sobre a eficiência dos métodos de painel.<sup>15</sup>

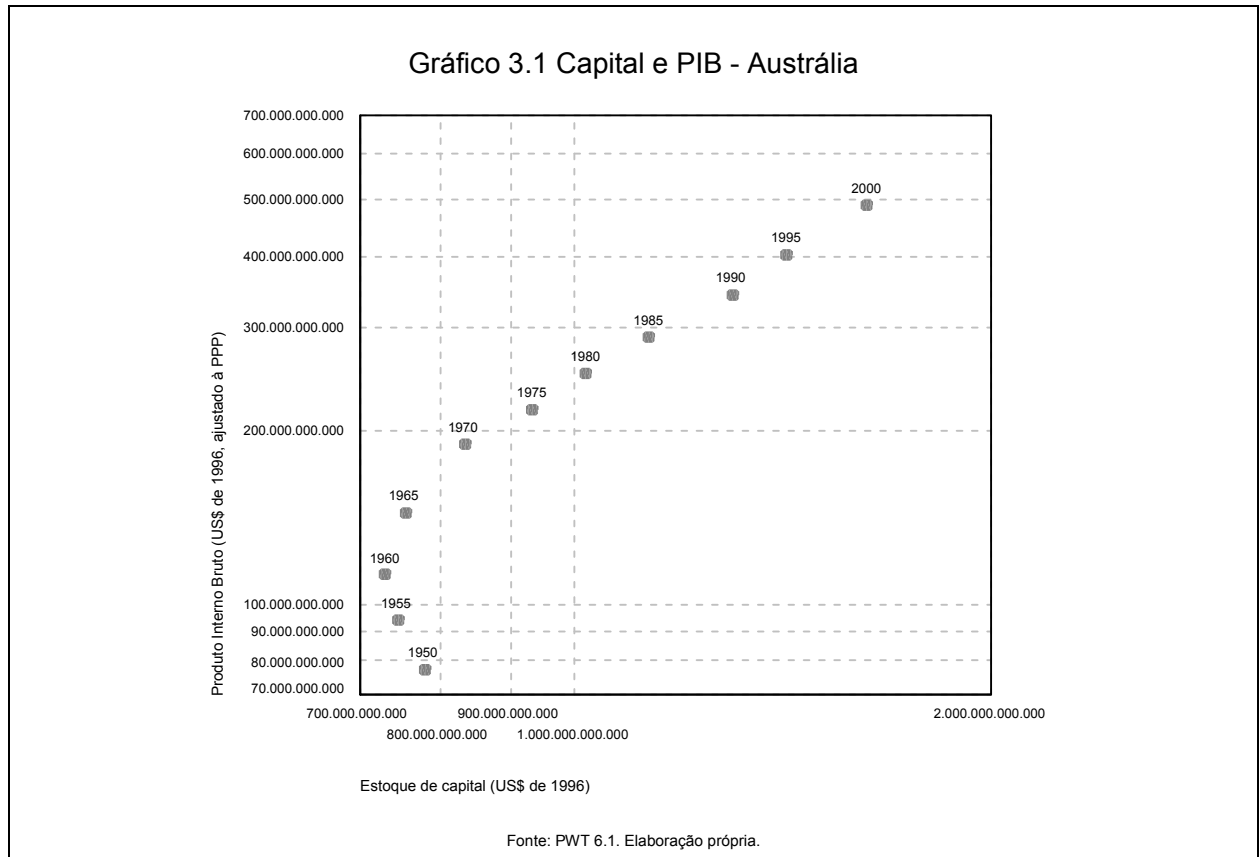
Previamente às estimativas foi realizada uma avaliação criteriosa dos dados, país por país. Procurou-se avaliar primeiramente se os dados disponíveis permitiam o cálculo da série de estoque de capital de forma adequada. Em seguida, procurou-se identificar observações desprovidas de sentido lógico, que indicassem erro de registro de dados ou mudanças na forma de contabilização que quebrassem as séries.

Um cuidado especial foi tomado com as séries computadas para o estoque de capital. Sabe-se que as estimativas para o estoque de capital inicial podem apresentar problemas que tornam os dados de estoque de capital para os primeiros anos da série menos confiáveis. Deve-se lembrar que a fórmula de cálculo do estoque de capital inicial pressupõe um comportamento estável para a taxa de crescimento econômico (estado estacionário) no período referencial, o que nem sempre ocorre. Caso a taxa de crescimento do período inicial seja muito baixa (bastante inferior à de estado estacionário), há uma tendência para que o estoque de capital inicial seja superestimado, fazendo que nos períodos iniciais apareça um comportamento de redução dele. O contrário pode ocorrer quando a taxa é elevada.

A partir de diagramas de dispersão (capital x PIB) foi possível notar a presença de observações para alguns países que sugerem inadequação das estimativas do estoque de capital inicial. Esse foi o caso dos seguintes países: Argentina, Austrália, Dinamarca, Islândia, Holanda, Nova Zelândia e Síria. Como consequência, foram excluídos os dois (ou três) anos iniciais da série para esses países. O gráfico 3.1 ilustra esse tipo de problema com o exemplo da Austrália.

---

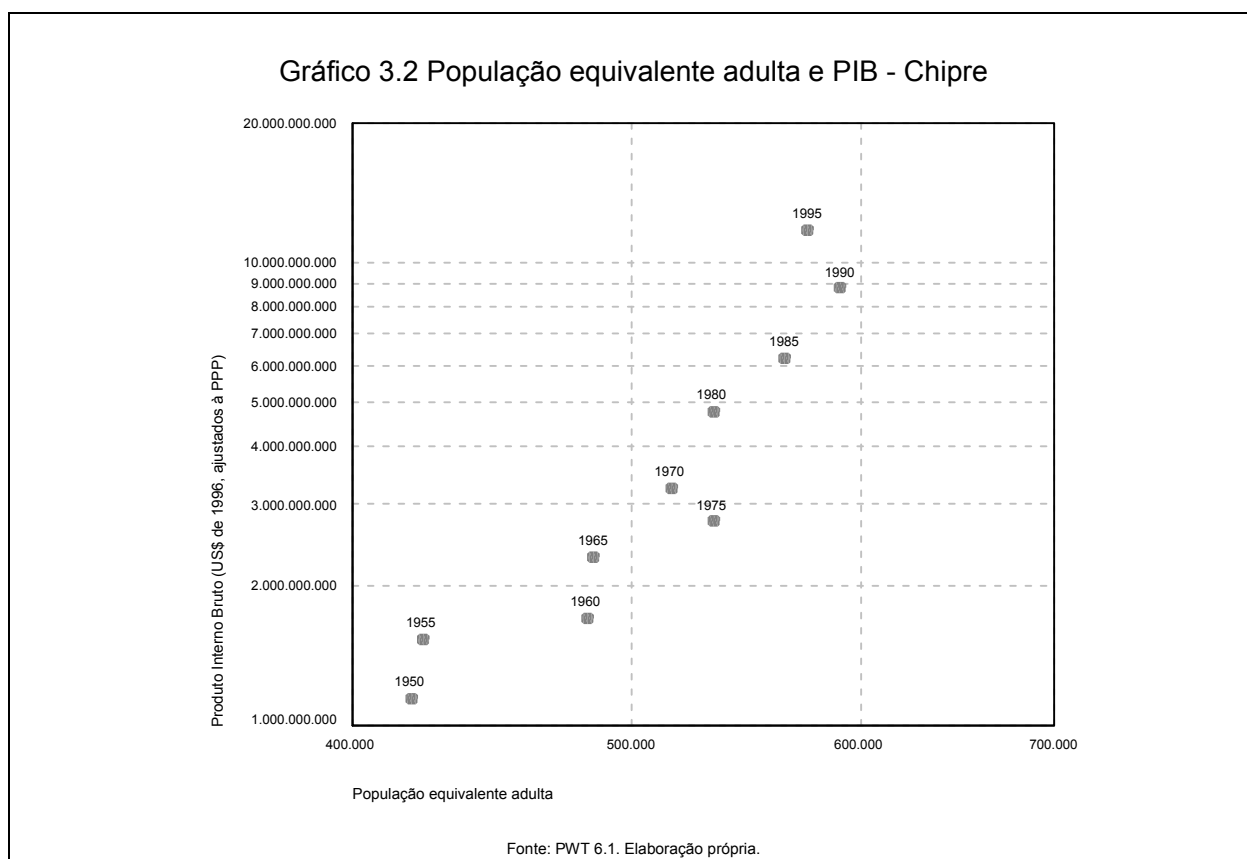
<sup>15</sup> Na literatura de SFA, que emprega dados anuais, os estudos costumam usar até instantes de tempo para um número grande de firmas (mais de mil). Esse é o caso, por exemplo, de Kim & Han (2001). Henderson & Russel (2002) usam o método DEA e índices de Malmquist para avaliar o progresso técnico e os ganhos de eficiência de uma amostra grande de países, tomando para tanto apenas dois instantes de tempo (1965 e 1990).



Problema análogo apareceu para alguns países quando foram analisados diagramas de dispersão entre a produção e a população equivalente adulta. Com efeito, Irlanda, Grécia e Chipre tiveram, em diferentes momentos, reduções consideráveis da população equivalente adulta, indicando uma “volta” incompatível com a idéia de função de produção. Para os dois primeiros isso ocorreu no início da série, o que pode indicar problemas com fontes distintas para os dados populacionais, uma vez que até 1960 a fonte dos dados de população do PWT é o *United Nations Development Centre* e, posteriormente àquela data, o Banco Mundial. Dessa forma optou-se por excluir os dois anos iniciais da série para a Irlanda (1950 e 1955) e o primeiro ano (1955) para a Grécia.

Já para o Chipre, o problema parece ser mesmo de erro de registro de dados para o ano de 1995. Seguindo a fórmula exposta na seção 3.2.2, o Chipre apresenta um número para população equivalente adulta muito distinto daquele é conseguido a partir dos dados do *World Development Indicators* (WDI) do Banco Mundial, que, segundo a documentação do PWT, é a sua fonte para os dados de população. Quando se calcula a *pequa* seguindo os pesos descritos na documentação

do PWT (peso 0,5 para pessoas com menos de 15 anos e peso 1 para pessoas com mais de 15 anos) e usando os dados disponíveis no WDI, o valor encontrado é bem superior, indicando que não há, em 1995, a “volta” na função de produção sugerida pelo diagrama de dispersão mostrado abaixo<sup>16</sup>. Tomou-se então a decisão de excluir o ano de 1995 da série para o Chipre.



<sup>16</sup> Os cálculos (para 1995) pelo PWT indicam uma *pequa* de cerca de 575.000, contra quase 640.000 calculados pelos dados do WDI.

### 3.3 Estimativas

Esta seção descreve os resultados das estimativas dos coeficientes para o modelo de fronteira estocástico. A partir dessas estimativas é possível calcular as elasticidades da produção com relação aos fatores de produção, que são específicas para cada país e cada período da amostra. Também é possível chegar aos números para o progresso técnico a partir dos coeficientes estimados, os quais também são específicos para cada país e período. O modelo produz também estimativas para a eficiência técnica, por país e ano da amostra.

A estimação do modelo foi feita usando o software STATA 8, que já tem, entre os modelos pré-programados, o de Battese & Coelli (1992)<sup>17</sup>. Inicialmente, várias especificações alternativas à transcendental logarítmica foram testadas, que é a base da presente análise. As especificações alternativas impõem diferentes restrições sobre os parâmetros, de tal sorte que a simples comparação dos resultados dos modelos, por meio da razão de verossimilhança, permite averiguar se a especificação restrita é válida. A estatística de razão de verossimilhança é dada por  $\lambda = -2[\hat{L}_R - \hat{L}_{NR}]$ , em que  $\hat{L}_R$  e  $\hat{L}_{NR}$  são, respectivamente, as log-verossimilhanças estimadas do modelo restrito e do modelo não restrito.

Na tabela a seguir são mostrados os resultados dos testes de razão de verossimilhança entre as especificações *translog* completa, Harrod-neutra, Solow-neutra, Hicks-neutra, *translog* sem progresso técnico e Cobb-Douglas (com progresso técnico, captado com uma tendência temporal simples). Como se pode notar, nenhuma das versões restritas teve desempenho melhor que o modelo com *translog* completo no teste razão de verossimilhança, muito embora a versão Solow-neutra do modelo tenha tido resultados bastante razoáveis.

---

<sup>17</sup> Além do modelo B&C (1992), o Stata 8 também estima modelos de fronteiras estocásticas em seção transversal. O modelo B&C (1995), contudo não está automatizado nesse programa. Uma outra alternativa seria usar o software Frontier 4.1, do próprio próprio Prof. Coelli, e que se encontra disponível gratuitamente em seu website: <http://www.uq.edu.au/~uqtcocell/>.

Tabela 3.1 Testes de razão de verossimilhança – Estatísticas  $\lambda$ 

Modelos	Translog Completo	Harrod Neutro	Solow Neutro	Hicks Neutro	TL sem Prog. Técnico	Cobb - Douglas	Cobb – Douglas s/ PT
Translog Completo	--	19,69 $\chi^2(1)$	4,55 $\chi^2(1)$	19,71 $\chi^2(2)$	33,43 $\chi^2(4)$	110,01 $\chi^2(6)$	152,21 $\chi^2(7)$
Harrod Neutro	--	--	NC	0,01 $\chi^2(1)$	13,74 $\chi^2(3)$	90,32 $\chi^2(5)$	132,51 $\chi^2(6)$
Solow Neutro	--	--	--	15,15 $\chi^2(1)$	28,88 $\chi^2(3)$	105,46 $\chi^2(5)$	147,65 $\chi^2(6)$
Hicks Neutro	--	--	--	--	13,72 $\chi^2(2)$	90,31 $\chi^2(4)$	132,50 $\chi^2(5)$
TL sem Prog.Técnico	--	--	--	--	--	NC	118,78 $\chi^2(3)$
Cobb – Douglas PT	--	--	--	--	--	--	42,20 $\chi^2(1)$
Cobb –Douglas s/ PT	--	--	--	--	--	--	--

Observações: NC = não comparáveis; TL= translog; Cobb-Douglas PT = com tendência temporal; Cobb-Douglas s/ PT = sem tendência temporal.

A hipótese nula em questão é sempre a de que o modelo identificado na coluna da matriz está aninhado (contido) no modelo da linha da matriz. A estatística LR têm distribuição do tipo  $\chi^2$  (DF), em que DF indica a diferença de graus de liberdade entre os modelos. Se o valor expresso na célula da matriz de estatísticas é maior que o valor crítico<sup>18</sup>, então a hipótese nula não pode ser rejeitada, caso contrário ela pode ser rejeitada.

A partir da tabela, nota-se que: (i) o modelo completo é a melhor especificação dentre as avaliadas; (ii) a hipótese de que o modelo Solow-neutro está contido no modelo completo pode ser rejeitada a 1%, ainda que não o possa a 5%; (iii) a especificação tradicional Cobb-Douglas é

<sup>18</sup> O valor crítico (c) de cada coluna da tabela abaixo é tal que a probabilidade de que a estatística seja menor que (c) é de 99% (ou 95%, ou ainda 90%).

Tabela de valores críticos para o teste de razão de verossimilhança			
Valores críticos (c)	1%	5%	10%
$\chi^2(1)$	6,63	3,84	2,71
$\chi^2(2)$	9,21	5,99	4,61
$\chi^2(3)$	11,34	7,82	6,25
$\chi^2(4)$	13,28	9,49	7,78
$\chi^2(5)$	15,09	11,07	9,24
$\chi^2(6)$	16,81	12,59	10,64
$\chi^2(7)$	18,48	14,07	12,02

rejeitada veementemente frente às demais; (iv) a hipótese de ausência de progresso técnico é rejeitada. Assim sendo, optou-se por expor apenas os resultados do modelo *translog* completo.

Tabela 3.2 Modelo de ineficiência variável no tempo (B&C, 1992)

Num. de obs. = 746					Obs. por país: min = 3	
Num. de países = 75					média = 9,9	
					máximo = 11	
Log likelihood = 272,07096					Wald $\chi^2(8) = 14.540,41$	
					Prob > $\chi^2 = 0,0000$	
Iny	Coeficientes	Erro Padrão	z	P>z	Intervalo de confiança 95%	
					inferior	superior
$\beta_t$	-0,1198	0,0455	-2,6300	0,0080	-0,2089	-0,0307
$\beta_k$	0,2457	0,1330	1,8500	0,0650	-0,0149	0,5064
$\beta_n$	0,3767	0,1883	2,0000	0,0450	0,0077	0,7458
$\beta_{tt}$	-0,0075	0,0015	-5,1300	0,0000	-0,0103	-0,0046
$\beta_{kk}$	0,0275	0,0111	2,4900	0,0130	0,0058	0,0492
$\beta_{nn}$	0,0572	0,0216	2,6500	0,0080	0,0150	0,0995
$\beta_{kn}$	-0,0605	0,0272	-2,2200	0,0260	-0,1138	-0,0072
$\beta_{kt}$	0,0106	0,0023	4,6100	0,0000	0,0061	0,0152
$\beta_{nt}$	-0,0063	0,0030	-2,1100	0,0350	-0,0121	-0,0004
$\beta_0$	8,8115	1,8366	4,8000	0,0000	5,2119	12,4111
$\mu$	0,2074	0,0626	3,3100	0,0010	0,0846	0,3302
$\eta$	0,0652	0,0116	5,5900	0,0000	0,0423	0,0880
$\ln \sigma^2$	-2,7946	0,2291	-12,2000	0,0000	-3,2437	-2,3456
$\ln \gamma$	0,6735	0,3514	1,9200	0,0550	-0,0153	1,3623
$\sigma^2$	0,0611	0,0140			0,0390	0,0958
$\gamma$	0,6623	0,0786			0,4962	0,7961
$\sigma_u^2$	0,0405	0,0140			0,0131	0,0679
$\sigma_v^2$	0,0206	0,0011			0,0184	0,0229

Note-se que os parâmetros são todos significativos a 5%, com exceção do coeficiente do capital, que é significativo a 6,5%. O coeficiente para a média do componente de erro relativo à ineficiência,  $\mu$  é significativo a 1%, indicando que a distribuição normal truncada é apropriada (caso não fosse significativo, recair-se-ia no caso da distribuição seminormal). O coeficiente  $\eta$  é positivo, o que indica que a ineficiência técnica deve crescer a taxas decrescentes (movimento de alcance da fronteira). Esse tipo de trajetória deve ocorrer para todos os países da amostra, em função do  $\eta$  estimado ser único (não é específico para cada país).<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Cuesta (2001) propôs um modelo que generaliza Battese & Coelli (1992) para o caso em que  $\eta$  é específico de cada unidade produtiva. O modelo, ao que parece, sofre do problema conhecido como dos parâmetros incidentais, pois o número de parâmetros estimados cresce com a amostra. Tentou-se também uma especificação com ineficiên-

O coeficiente  $\beta_{kn}$  é negativo, revelando a possibilidade de substituição entre fatores de produção. Os coeficientes  $\beta_t$  e  $\beta_{tt}$  indicam que a parte neutra do progresso técnico tem um efeito negativo sobre a produção e para que haja progresso técnico (positivo) é necessário que a parte não neutra do progresso técnico compense esse efeito. Os sinais dos coeficientes  $\beta_{kt}$  e  $\beta_{nt}$  indicam, respectivamente, que a parte não neutra do progresso técnico caminha junto com o capital (sinal positivo de  $\beta_{kt}$ ), e inversamente com o fator trabalho (sinal negativo de  $\beta_{nt}$ ), isto é, o progresso técnico tem efeito poupador de mão-de-obra e é mais intenso nos países relativamente abundantes em capital.

### 3.4 Interpretação econômica dos resultados

Cabe agora uma análise das estimativas de retornos escala de produção, de progresso técnico e de eficiência técnica geradas pelo modelo. Para isso, optou-se por descrever os dados mais recentes, de 2000, averiguando se eles apresentam significado econômico relevante, ou seja, se as medidas de eficiência técnica, de retornos de escala e de progresso técnico descrevem adequadamente o comportamento esperado para essas variáveis. A tabela 3.3 apresenta essas estimativas ordenadas, em cada coluna, do maior para o menor valor.<sup>20</sup>

A ordenação da eficiência técnica estimada pelo modelo deve ser vista com cautela. Em que pese pareça estranha a presença de países como Nicarágua, Venezuela e El Salvador nas primeiras posições, apresentando, portanto, elevada eficiência técnica, há que se ter em mente duas ressalvas: (i) essa classificação é “condicional” à relação capital-trabalho; (ii) as estimativas foram realizadas com ajuste PPP para o PIB dos países.

Posto de maneira direta, a primeira ressalva significa que, em um diagrama tradicional de Farrell, um país como a Nicarágua está próximo à fronteira, porém, posicionado na “ponta” da isoquanta unitária mais próxima ao eixo do fator trabalho (bastante trabalho e pouco capital), enquanto que, um país como a Noruega estaria mais distante da fronteira, mas na ponta contrária da isoquanta (capital abundante e menos trabalho).

---

cia invariável no tempo, mas a adequação do modelo foi muito ruim, com vários coeficientes não significativos, tendo sido essa versão descartada.

<sup>20</sup> A tabela contém apenas 72 economias porque não há informações do Chipre, Nigéria e Cingapura para 2000.

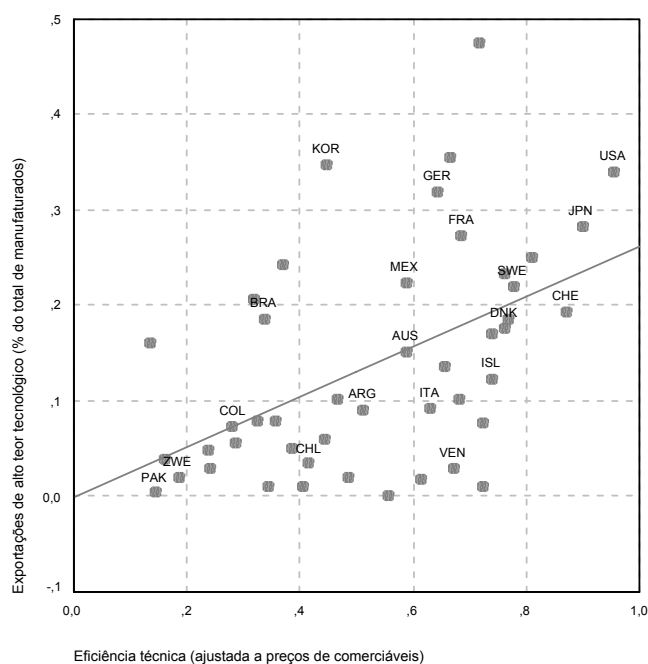
Tabela 3.3 Eficiência técnica, retornos de escala e progresso técnico, 2000

Eficiência técnica			Eficiência técnica (ajustada US\$)		Retornos de escala		Progresso técnico				
1	NIC	0,975	1	USA	0,955	1	IND	1,148	1	JPN	0,79%
2	VEN	0,974	2	JPN	0,899	2	IDN	1,108	2	USA	0,44%
3	CAN	0,971	3	CHE	0,872	3	USA	1,107	3	GER	0,27%
4	SLV	0,970	4	GBR	0,820	4	PAK	1,101	4	FRA	-0,11%
5	MEX	0,968	5	ISR	0,811	5	BRA	1,098	5	CHE	-0,31%
6	TUR	0,958	6	SWE	0,778	6	JPN	1,087	6	ITA	-0,34%
7	USA	0,955	7	CAN	0,770	7	MEX	1,085	7	GBR	-0,55%
8	ZAF	0,939	8	HKG	0,763	8	PHL	1,081	8	NLD	-0,66%
9	CHL	0,932	9	DNK	0,761	9	EGY	1,078	9	AUS	-0,72%
10	IRN	0,929	10	NOR	0,740	10	TUR	1,077	10	AUT	-0,76%
11	GTM	0,928	11	ISL	0,740	11	IRN	1,076	11	CAN	-0,76%
12	TTO	0,924	12	SYR	0,723	12	THA	1,075	12	ESP	-0,79%
13	HKG	0,890	13	FIN	0,722	13	GER	1,075	13	NOR	-0,79%
14	TUN	0,883	14	IRL	0,717	14	GBR	1,071	14	SWE	-0,82%
15	CRI	0,882	15	FRA	0,685	15	ITA	1,070	15	DNK	-0,83%
16	ISR	0,877	16	BEL	0,682	16	FRA	1,070	16	BEL	-0,89%
17	ZWE	0,867	17	VEN	0,672	17	KOR	1,066	17	KOR	-1,13%
18	ECU	0,865	18	NLD	0,665	18	ZAF	1,066	18	FIN	-1,14%
19	LKA	0,858	19	AUT	0,656	19	COL	1,064	19	HKG	-1,28%
20	MYS	0,851	20	GER	0,643	20	ESP	1,062	20	NZL	-1,55%
21	COL	0,849	21	ITA	0,631	21	KEN	1,061	21	GRC	-1,61%
22	PRY	0,848	22	CRI	0,625	22	ARG	1,060	22	BRA	-1,62%
23	GBR	0,833	23	IRN	0,615	23	MAR	1,059	23	ARG	-1,68%
24	EGY	0,832	24	MEX	0,588	24	NPL	1,056	24	PRT	-1,69%
25	URY	0,831	25	AUS	0,587	25	UGA	1,056	25	ISR	-1,83%
26	SEN	0,829	26	ESP	0,583	26	CAN	1,055	26	IRL	-1,89%
27	JOR	0,816	27	GRC	0,558	27	PER	1,053	27	MEX	-2,00%
28	PHL	0,816	28	JAM	0,558	28	VEN	1,051	28	MYS	-2,38%
29	GRC	0,809	29	ARG	0,511	29	GHA	1,051	29	ISL	-2,39%
30	NPL	0,800	30	URY	0,486	30	MYS	1,050	30	THA	-2,42%
31	PAN	0,796	31	PRT	0,480	31	LKA	1,049	31	ZAF	-2,62%
32	ESP	0,790	32	NZL	0,466	32	AUS	1,042	32	TUR	-2,64%
33	AUS	0,788	33	KOR	0,448	33	SYR	1,041	33	VEN	-2,69%
34	ARG	0,778	34	SLV	0,443	34	CHL	1,041	34	CHL	-2,80%
35	PER	0,776	35	CHL	0,416	35	ZWE	1,039	35	IRN	-2,80%
36	ITA	0,776	36	PAN	0,415	36	ECU	1,038	36	PER	-2,92%
37	IRL	0,774	37	TTO	0,404	37	NLD	1,038	37	COL	-2,95%
38	PRT	0,773	38	TUR	0,386	38	GTM	1,037	38	SYR	-3,01%
39	MAR	0,772	39	GAB	0,371	39	MWI	1,036	39	IDN	-3,16%
40	DOM	0,768	40	GTM	0,358	40	RWA	1,032	40	GAB	-3,21%
41	BEL	0,764	41	MYS	0,348	41	SEN	1,032	41	URY	-3,29%
42	FRA	0,755	42	ZAF	0,345	42	TUN	1,030	42	PHL	-3,36%
43	FIN	0,752	43	BRA	0,339	43	TCO	1,030	43	IND	-3,51%
44	IDN	0,752	44	PER	0,337	44	GRC	1,029	44	TUN	-3,52%
45	BRA	0,750	45	JOR	0,325	45	PRT	1,029	45	EGY	-3,58%
46	HND	0,745	46	DOM	0,319	46	BOL	1,028	46	TTO	-3,62%
47	BOL	0,744	47	HND	0,318	47	DOM	1,028	47	PAN	-3,71%
48	SWE	0,742	48	EGY	0,286	48	BEL	1,028	48	MAR	-3,71%
49	NLD	0,738	49	COL	0,281	49	SWE	1,023	49	CRI	-3,73%
50	CHE	0,738	50	BOL	0,252	50	HND	1,022	50	JAM	-3,80%
51	RWA	0,737	51	TUN	0,252	51	AUT	1,021	51	ECU	-3,95%
52	PAK	0,734	52	ECU	0,250	52	SLV	1,020	52	DOM	-4,02%
53	TCO	0,722	53	PRY	0,242	53	HKG	1,018	53	PRY	-4,10%
54	GAB	0,720	54	NIC	0,237	54	CHE	1,017	54	JOR	-4,25%
55	DNK	0,713	55	SEN	0,226	55	NIC	1,017	55	SLV	-4,29%
56	LSO	0,708	56	LSO	0,210	56	PRY	1,016	56	GTM	-4,39%
57	NZL	0,703	57	MAR	0,209	57	ISR	1,015	57	LKA	-4,48%
58	AUT	0,700	58	PHL	0,203	58	JOR	1,014	58	PAK	-4,53%
60	KOR	0,692	60	LKA	0,188	60	DNK	1,010	60	BOL	-4,58%
61	JAM	0,678	61	ZWE	0,185	61	FIN	1,010	61	HND	-4,90%
62	GER	0,677	62	THA	0,176	62	CRI	1,006	62	ZWE	-4,90%
63	NOR	0,659	63	KEN	0,161	63	NOR	1,006	63	LSO	-5,19%
64	ISL	0,654	64	RWA	0,159	64	IRL	1,004	64	NIC	-5,24%
65	IND	0,640	65	UGA	0,158	65	URY	1,004	65	KEN	-5,32%
66	GHA	0,637	66	PAK	0,146	66	NZL	1,003	66	GHA	-5,49%
67	UGA	0,635	67	TCO	0,138	67	PAN	1,000	67	SEN	-5,50%
68	SYR	0,632	68	IDN	0,136	68	JAM	0,998	68	NPL	-5,94%
69	JPN	0,621	69	GHA	0,119	69	LSO	0,994	69	MWI	-6,10%
70	KEN	0,611	70	NPL	0,118	70	TTO	0,981	70	UGA	-6,19%
71	THA	0,595	71	IND	0,109	71	GAB	0,975	71	RWA	-6,43%
72	MWI	0,502	72	MWI	0,102	72	ISL	0,939	72	TCO	-6,56%



Já a segunda ressalva remete a idéia de que a ordem de produtividade reflete a eficiência na produção de bens não comerciáveis com o exterior. Quando se divide o valor da eficiência técnica pelo fator de conversão PPP, traz-se a eficiência na produção a preços de bens comerciáveis. Esse cálculo, apresentado ao lado do primeiro *ranking*, mostra uma ordenação bastante distinta, em que figuram os países desenvolvidos nos postos superiores, liderados pelos Estados Unidos. Esta outra ordem refletiria mais de perto uma posição relativa da competitividade internacional dos países. De fato, como ilustra o gráfico 3.3, parece haver uma relação positiva entre a participação das exportações de mercadorias de alto teor tecnológico no total das exportações de manufaturados e o grau de eficiência técnica ajustada dos países em 2000.

Gráfico 3.3 Exportações de alta tecnologia e Eficiência técnica ajustada, 2000



Fonte: Tabela 3.3 e WDI 2002. Elaboração própria.

Um exercício interessante é comparar os dois índices de produtividade obtidos pelo modelo com os propostos por Islam (1995) e Hall & Jones (1996). A tabela 3.4 apresenta essa comparação. Para facilitar a observação do posto que cada país ocupa, a tabela está ordenada em ordem decrescente para cada índice de produtividade.

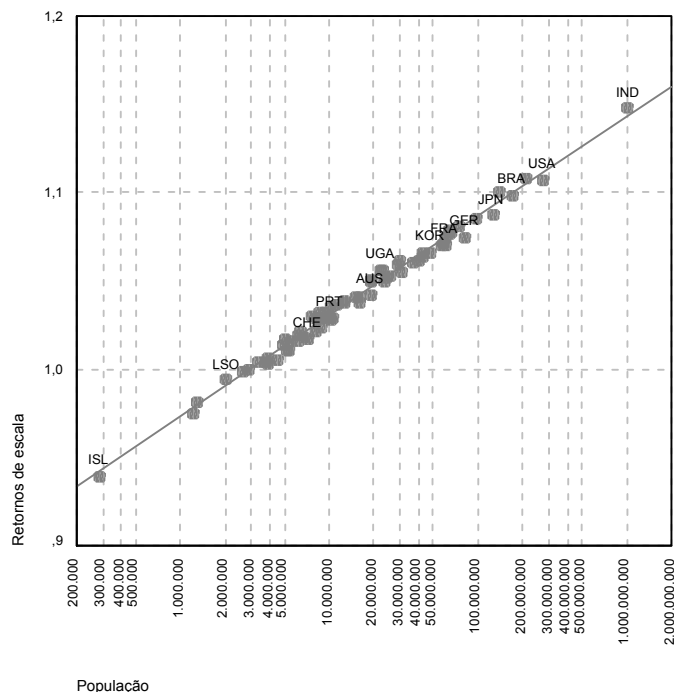
Tabela 3.4 Eficiência técnica e outros índices de produtividade

Ordem	Eficiência técnica		Eficiência técnica ajustada (US\$ de 1996)		Hall & Jones (1996)		Islam (1995)	
1	NIC	0,975	USA	0,955	SYR	1,256	HKG	1,537
2	VEN	0,974	JPN	0,899	JOR	1,181	CAN	1,041
3	CAN	0,971	CHE	0,872	MEX	1,143	USA	1,000
4	SLV	0,970	GBR	0,820	ITA	1,093	NOR	0,861
5	MEX	0,968	ISR	0,811	HKG	1,090	BEL	0,787
6	TUR	0,958	SWE	0,778	FRA	1,029	ESP	0,787
7	USA	0,955	CAN	0,770	BRA	1,002	FRA	0,787
8	ZAF	0,939	HKG	0,763	USA	1,000	JPN	0,787
9	CHL	0,932	DNK	0,761	CAN	0,987	DNK	0,748
10	GTM	0,928	NOR	0,740	ESP	0,983	GBR	0,712
11	TTO	0,924	SYR	0,723	PRT	0,980	NLD	0,712
12	HKG	0,890	FIN	0,722	GBR	0,962	SWE	0,712
13	TUN	0,883	IRL	0,717	AUT	0,958	AUT	0,677
14	CRI	0,882	FRA	0,685	BEL	0,948	GER	0,677
15	ISR	0,877	BEL	0,682	NLD	0,926	CHE	0,619
16	ZWE	0,867	VEN	0,672	SWE	0,911	ISR	0,619
17	ECU	0,865	NLD	0,665	GER	0,900	TTO	0,619
18	LKA	0,858	AUT	0,656	AUS	0,898	AUS	0,589
19	MYS	0,851	GER	0,643	CHE	0,873	ITA	0,589
20	COL	0,849	ITA	0,631	VEN	0,873	NZL	0,589
21	PRY	0,848	CRI	0,625	ISR	0,840	VEN	0,533
22	GBR	0,833	MEX	0,588	TTO	0,834	FIN	0,507
23	EGY	0,832	AUS	0,587	GTM	0,825	MEX	0,487
24	URY	0,831	ESP	0,583	COL	0,800	SYR	0,463
25	SEN	0,829	GRC	0,558	FIN	0,800	BRA	0,419
26	JOR	0,816	JAM	0,558	NOR	0,780	CRI	0,383
27	PHL	0,816	ARG	0,511	DNK	0,778	GRC	0,383
28	GRC	0,809	URY	0,486	IRL	0,770	IRL	0,383
29	NPL	0,800	PRT	0,480	TUN	0,762	KOR	0,383
30	PAN	0,796	NZL	0,466	NZL	0,754	MYS	0,383
31	ESP	0,790	KOR	0,448	TUR	0,751	URY	0,383
32	AUS	0,788	SLV	0,443	JPN	0,744	ZAF	0,383
33	ARG	0,778	CHL	0,416	GRC	0,742	PRT	0,347
34	PER	0,776	PAN	0,415	CRI	0,736	PER	0,330
35	ITA	0,776	TTO	0,404	ARG	0,730	PRY	0,330
36	IRL	0,774	TUR	0,386	URY	0,696	GTM	0,314
37	PRT	0,773	GTM	0,358	KOR	0,664	MAR	0,314
38	MAR	0,772	MYS	0,348	DOM	0,651	NIC	0,301
39	DOM	0,768	ZAF	0,345	ZAF	0,645	COL	0,287
40	BEL	0,764	BRA	0,339	EGY	0,595	PAN	0,287
41	FRA	0,755	PER	0,337	MAR	0,576	TUN	0,273
42	FIN	0,752	JOR	0,325	PER	0,565	TUR	0,273
43	BRA	0,750	DOM	0,319	MYS	0,560	ARG	0,259
44	HND	0,745	HND	0,318	SLV	0,557	JOR	0,259
45	BOL	0,744	EGY	0,286	PRY	0,541	SLV	0,247
46	SWE	0,742	COL	0,281	PAK	0,527	THA	0,247
47	NLD	0,738	BOL	0,252	CHL	0,522	ECU	0,237
48	CHE	0,738	TUN	0,252	THA	0,513	CHL	0,225
49	RWA	0,737	ECU	0,250	ECU	0,504	DOM	0,214
50	PAK	0,734	PRY	0,242	LKA	0,481	PAK	0,194
51	TCD	0,722	NIC	0,237	BOL	0,469	PHL	0,186
52	DNK	0,713	SEN	0,226	PAN	0,463	BOL	0,169
53	NZL	0,703	MAR	0,209	HND	0,449	JAM	0,169
54	AUT	0,700	PHL	0,203	NIC	0,443	EGY	0,153
55	KOR	0,692	LKA	0,188	JAM	0,410	LKA	0,153
56	JAM	0,678	ZWE	0,185	PHL	0,389	HND	0,126
57	GER	0,677	THA	0,176	IND	0,344	NPL	0,120
58	NOR	0,659	KEN	0,161	SEN	0,316	SEN	0,110
59	IND	0,640	RWA	0,159	ZWE	0,275	UGA	0,104
60	GHA	0,637	UGA	0,158	NPL	0,244	ZWE	0,104
61	UGA	0,635	PAK	0,146	RWA	0,242	IND	0,071
62	SYR	0,632	TCD	0,138	KEN	0,237	KEN	0,071
63	JPN	0,621	GHA	0,119	GHA	0,215	RWA	0,065
64	KEN	0,611	NPL	0,118	UGA	0,162	MWI	0,058
65	THA	0,595	IND	0,109	TCD	0,151	GHA	0,053
66	MWI	0,502	MWI	0,102	MWI	0,130	TCD	0,042

Fonte: Tabela 3.3, Hall &amp; Jones (1996) e Islam (1995).

Note-se que o índice de eficiência técnica ajustada é o mais adequado para comparações, visto que ele traz a eficiência em US\$ sem o fator de conversão para a paridade do poder de compra. Esse índice está bastante correlacionado<sup>21</sup> com os propostos por aqueles autores, com a ressalva positiva de que sua ordenação parece mais adequada. Os países menos produtivos são praticamente os mesmos, mas no topo da ordenação não aparecem nações menos desenvolvidas como sendo as mais produtivas. Isso contrasta com a ordenação de Hall & Jones (1996), em que figuram países como Síria, Jordânia, México e Brasil entre as nações mais produtivas, e com a de Islam (1995), em que Hong Kong figura como o país mais produtivo – e 53,7% mais produtivo que os Estados Unidos!

Gráfico 3.4 Retornos de escala e população, 2000

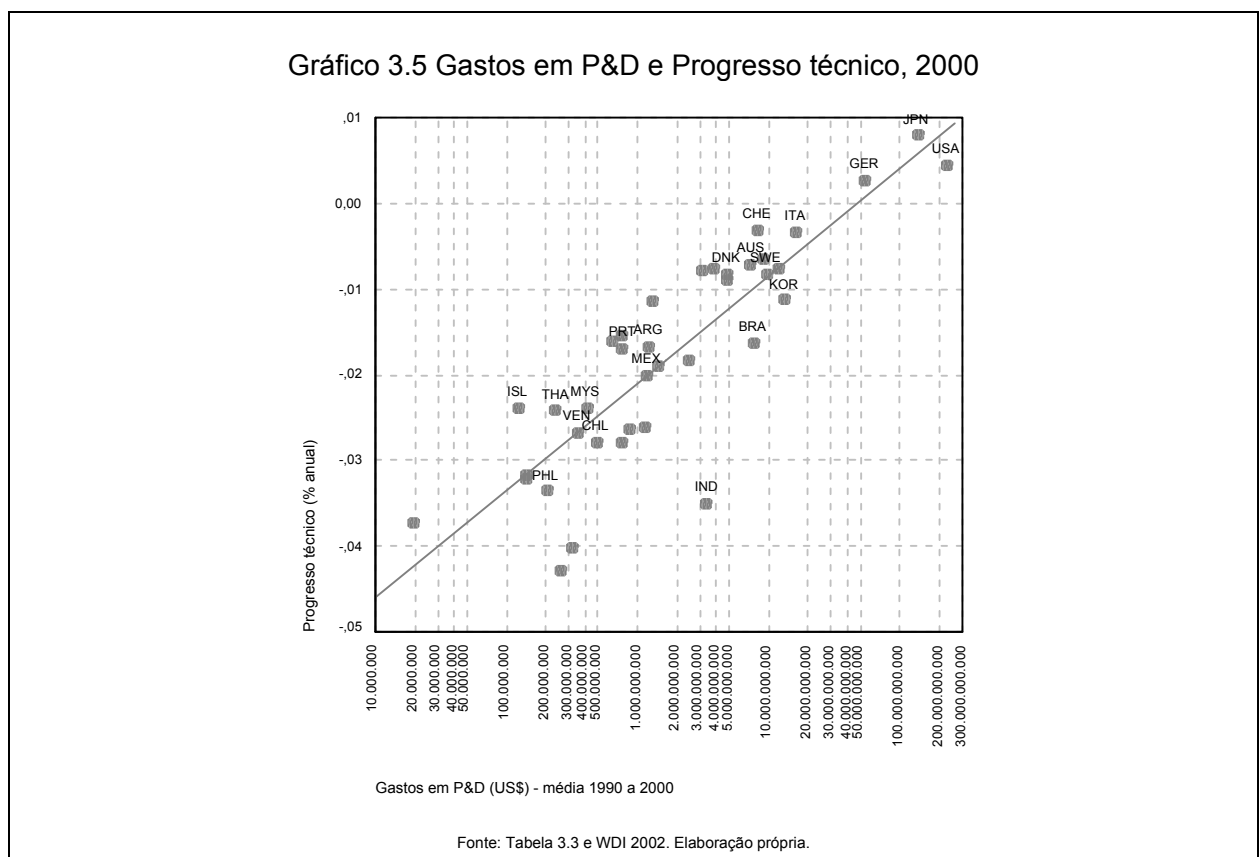


Fonte: Tabela 3.3 e WDI 2002. Elaboração própria.

No que diz respeito à capacidade do modelo de avaliar os retornos de escala dos países (medidos como a soma das elasticidades do capital e do trabalho) os resultados são muito bons.

<sup>21</sup> O coeficiente de correlação entre o índice de eficiência técnica ajustada aqui proposto e o índice de Hall & Jones (1996) é de 0,752 e o coeficiente de correlação e o índice de Islam (1995) é de 0,826, ambos significativos a menos de 1%. A correlação entre os índices dos dois trabalhos aqui citados é de 0,740, também significativo a menos de 1%.

Os números respondem à intuição e refletem exatamente o que se esperaria de uma ordenação de escala. Os primeiros colocados na ordenação e que, portanto, apresentam forte evidência de retornos crescentes de escala, são países grandes sob o ponto de vista populacional e territorial. Os últimos colocados são basicamente países territorialmente muito pequenos (alguns deles insulares) e de população reduzida. Também salta aos olhos o fato de Alemanha, Grã-Bretanha, Itália e França, países europeus bastante “homogêneos” aparecerem todos em posições adjacentes (tabela 3.3). A relação mencionada dos retornos de escala com o tamanho da população pode ser visualizada com o auxílio do gráfico 3.4, que relaciona a estimativa de RTS produzida pelo modelo e o logaritmo natural da população de cada país em 2000.

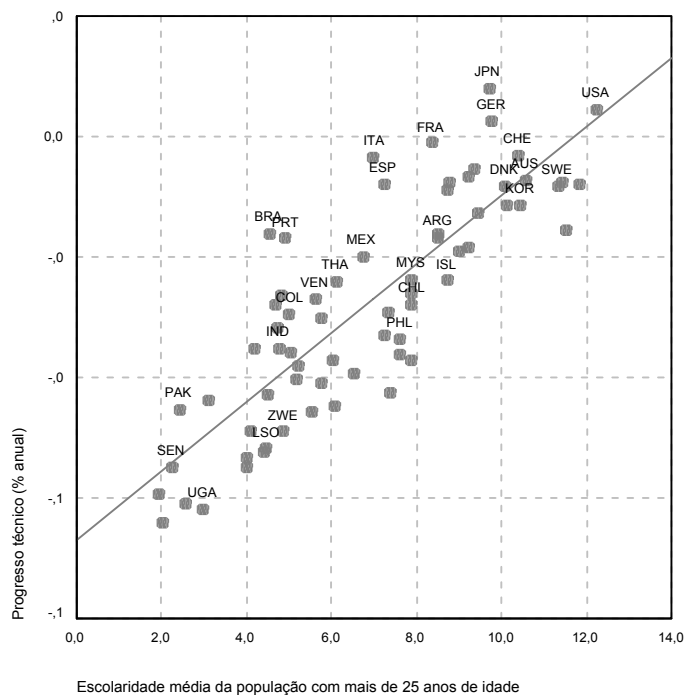


Os resultados para os números absolutos do progresso técnico parecem um pouco estranhos à primeira vista, por serem quase todos negativos. Contudo, a ordenação parece bastante condizente com a intuição sobre o desempenho tecnológico das nações. Entre os primeiros colocados estão Japão, Estados Unidos, Alemanha e França. Entre os últimos estão os países africanos, sabidamente pobres em conhecimento tecnológico. Mais um exercício simples de “empirismo casual” fornece um “teste” interessante da existência de significado econômico nas estima-

tivas de progresso técnico produzidas pelo modelo. A idéia é a de avaliar se a medida de progresso técnico gerada pelas estimativas econométricas guarda alguma relação com o esforço de produção e adoção de inovações técnicas que vem sendo feito pelos países nos últimos anos. O diagrama de dispersão para as estimativas de progresso técnico do modelo e o logaritmo natural dos gastos com Pesquisa & Desenvolvimento (média do período 1990-2000), nos mostra o que parece ser, a princípio, uma relação significativa entre essas variáveis.

Um outro diagrama semelhante, porém relacionando a medida de progresso técnico com o nível de escolaridade média da população, nos mostra explicitamente outra relação intuitiva: os países que apresentam maiores níveis de escolaridade são aqueles que têm os níveis mais elevados de progresso técnico. Note a presença de EUA, Japão, Alemanha, Suíça e Coreia em uma das pontas do gráfico (superior, à direita), enquanto que na outra ponta (inferior à esquerda) estão basicamente os países da África.

Gráfico 3.6 Capital humano e Progresso técnico, 2000



Fonte: Tabela 3.3 e Barro e Lee (2001). Elaboração própria.

### 3.5 Considerações finais

A partir das evidências acima relatadas, pode-se dizer que as estimativas produzidas pelo modelo de fronteira estocástica de produção parecem conter informação econômica relevante e intuitiva, o que contribui, ainda que marginalmente, para a redução da chamada “ignorância” sobre os determinantes da produtividade. Cabe investigar, na seqüência desta tese, se essa abordagem metodológica alternativa produz estimativas de evolução da produtividade que acrescentam informação e contribuem ao entendimento dos determinantes do crescimento econômico de longo prazo.

Antes, contudo, vale mencionar que além da análise de fronteira de produção com dados quinquenais foram empreendidos dois outros experimentos para avaliar a performance relativa do modelo estimado neste capítulo: (i) a estimação do modelo de fronteira estocástica com dados anuais e (ii) a estimação os modelos econométricos tradicionais de dados em painel (efeitos fixos e efeitos aleatórios).

No que respeita ao primeiro experimento, pode-se dizer que as estimativas quinquenais, como era de se esperar, resultam melhores que as anuais. Apesar de válido em seu conjunto, o modelo gera coeficientes associados ao tempo, ao estoque de capital e à força de trabalho não significativos:  $p(z) = 16,7\%$ ,  $19,0\%$  e  $24,5\%$ , respectivamente. Além disso, a variância total do modelo é maior, dado que há variabilidade de curto prazo no produto –  $0,077$  contra  $0,061$  no modelo com dados quinquenais. A média da ineficiência técnica, medida por  $\mu$ , é relativamente mais elevada ( $0,249$  contra  $0,207$  no modelo com dados quinquenais), o que leva esse modelo a ter um efeito maior da variação de eficiência técnica e menor de progresso técnico (o qual resulta negativo para todos os países a partir de 1997). Por esse motivo, também se eleva a influência de  $\mu$  na variância total, de  $66,3\%$  para  $77\%$ . Se a estimação da ineficiência técnica estivesse baseada no modelo Battese & Coelli (1995), talvez fosse possível controlar o efeito dessas variações de curto prazo sobre sua mensuração. Mas como este não é caso, optou-se por seguir com as estimações do modelo quinquenal.

Os estimadores dos modelos de efeitos fixos e efeitos aleatórios, por sua vez, resultaram bem inferiores aos do modelo de fronteira estocástica. O teste de Hausman ( $\chi^2 = 49,03$ ) indica que os melhores estimadores são os de efeitos fixos, os quais são não significativos a  $10\%$  para 4 dos 9 coeficientes da função *translog*. Além disso, vale mencionar que os resultados são nada

intuitivos. Há países com elasticidade da força de trabalho nula ou negativa, como é o caso da Islândia e da Coreia, e há uma variabilidade muito grande dos retornos de escala: Estados Unidos, por exemplo, teria um RTS estimado de 1,26, em 2000, enquanto o valor para a Islândia seria de apenas 0,49. As estimativas de progresso técnico também parecem pouco razoáveis: nesse modelo, Estados Unidos, Japão e Alemanha figuram com regresso técnico intenso, enquanto países como Trinidad & Tobago, Lesoto e Jamaica aparecem com os maiores ganhos do progresso técnico. Esse resultado reforça a idéia de que os modelos de fronteira parecem se adequar melhor à análise de produtividade do que os modelos econométricos tradicionais.

## *Capítulo 4*

### *A evolução da PTF e de seus componentes e as fontes do crescimento econômico*

Este capítulo destina-se à análise da evolução da produtividade e sua contribuição na variação total da renda de um conjunto de 36 dos 75 países que compõem a amostra desta tese. Toma-se por referência as estimativas do capítulo anterior e calcula-se a evolução da PTF entre 1970 e 2000. A extensão temporal de análise e a cobertura amostral são menores simplesmente por uma questão de disponibilidade de dados. A medida de PTF empregada é a proposta por Bauer (1990) e Kumbhakar (2000), a qual exige informações quanto à distribuição funcional da renda, uma variável das contas nacionais que não é computada por todos países.

A primeira seção apresenta a medida de PTF e sua decomposição e descreve os dados empregados em sua estimação. A seção seguinte analisa a evolução da PTF e de seus componentes, por país e por períodos. Por fim, a seção 4.3 decompõe as fontes do crescimento econômico, avaliando as contribuições da acumulação de fatores e das variações de produtividade e seus componentes no crescimento da renda por trabalhador.

#### **4.1 A decomposição da produtividade total dos fatores**

##### **4.1.1 A decomposição de Bauer-Kumbhakar**

Bauer (1990) e Kumbhakar (2000) propuseram um tipo de decomposição da produtividade de bastante engenhoso, ainda que simples. Essa decomposição vai além da divisão da produtividade em um efeito de alcance e outro relacionado à inovação técnica, tornando evidente o impacto da escala de produção e também da alocação ineficiente dos fatores. Para efetuar essa decomposição é preciso antes de qualquer coisa, estimar o modelo proposto no capítulo anterior. Uma vez estimado o modelo, é possível “compor” a produtividade total dos fatores a partir dos resultados.



Os componentes da produtividade podem ser identificados a partir de manipulações algébricas a partir da expressão abaixo, que denota a parte determinística da fronteira de produção:

$$y = f(t, x, \beta) \cdot \exp(-u) \quad (1)$$

Em princípio as mudanças na produtividade podem ser atribuídas aos deslocamentos da fronteira e aos ganhos ou perdas de eficiência. Dessa forma, tem-se que uma medida para a taxa de progresso técnico, que é identificado como fator que desloca a fronteira e pode ser escrito como:

$$PT = \frac{\partial \ln f(t, x, \beta)}{\partial t}.$$

Já as variações na ineficiência técnica podem ser escritas da seguinte maneira:

$$\Delta TE = -\frac{\partial u}{\partial t}.$$

A produtividade em si pode ser avaliada da forma usual por meio de um índice do tipo Divisia para a sua variação<sup>1</sup>:

$$g_{PTF} = \frac{\dot{y}}{y} - \frac{\dot{X}}{X},$$

em que X é um índice de quantidades para os fatores de produção. Para cálculo da variação do índice de quantidades dos fatores de produção, são usados como ponderadores as suas respectivas participações na renda (isto é, a distribuição funcional da renda, dada pelas remunerações dos fatores). Identificando os fatores de produção de forma explícita na expressão acima, bem como os seus pesos, temos:

$$g_{PTF} = \frac{\dot{y}}{y} - s_K \frac{\dot{K}}{K} - s_L \frac{\dot{L}}{L}$$

Nessa expressão, os termos  $s_K$  e  $s_L$  representam os pesos mencionados do capital e do trabalho na renda. Agora, retornando à expressão relativa à fronteira determinística de produção e tomando a sua derivada no tempo, obtém-se:

$$\frac{\dot{y}}{y} = \frac{\partial \ln f(t, K, L, \beta)}{\partial t} + \varepsilon_K \frac{\dot{K}}{K} + \varepsilon_L \frac{\dot{L}}{L} - \frac{\partial u}{\partial t}. \quad (2)$$

---

<sup>1</sup> O ponto sobre uma variável tem o significado habitual de derivada no tempo.

Na expressão acima  $\varepsilon_K$  e  $\varepsilon_L$  são as elasticidades da produção com relação ao capital e ao trabalho, respectivamente. Substituindo esse resultado na expressão para o índice Divisia, temos:

$$g_{PTF} = \frac{\partial \ln f(t, K, L, \beta)}{\partial t} - \frac{\partial u}{\partial t} + (\varepsilon_K - s_K) \cdot \frac{\dot{K}}{K} + (\varepsilon_L - s_L) \cdot \frac{\dot{L}}{L}. \quad (3)$$

O primeiro termo à direita é o progresso técnico (PT) e o segundo a variação na ineficiência técnica. Uma transformação da expressão (8) pode ser feita, de forma a identificar outros componentes da taxa de variação da PTF. Chega-se então a seguinte equação<sup>2</sup>:

$$g_{PTF} = PT - \dot{u} + (RTS - 1) \cdot [\lambda_K \cdot g_K + \lambda_L \cdot g_L] + [(\lambda_K - s_K) \cdot g_K + (\lambda_L - s_L) \cdot g_L] \quad (4)$$

Em que  $RTS = \varepsilon_K + \varepsilon_L$ , com  $RTS$  denotando os retornos de escala,  $g_K$  e  $g_L$  são as taxas de variação nas quantidades dos fatores de produção e

$$\lambda_K = \frac{\varepsilon_K}{RTS}, \quad \lambda_L = \frac{\varepsilon_L}{RTS}.$$

Ou seja, a taxa de variação da produtividade total de fatores,  $g_{PTF}$ , pode ser decomposta em quatro elementos:

- (i) o progresso técnico, medido por  $PT = \frac{\partial \ln f(t, K, L, \beta)}{\partial t}$ ;
- (ii) a mudança na eficiência técnica, aproximada por  $-\dot{u}$ ;
- (iii) o efeito da mudança de escala de produção, dada por  $(RTS - 1) \cdot [\lambda_K \cdot g_K + \lambda_L \cdot g_L]$ ; e
- (iv) a mudança na eficiência alocativa, medida por  $[(\lambda_K - s_K) \cdot g_K + (\lambda_L - s_L) \cdot g_L]$ .

Pode-se então estudar o impacto de cada um dos componentes da variação da PTF. Caso a tecnologia seja imutável, ela em nada contribui para ganhos de produtividade. O mesmo ocorre com a ineficiência técnica: se ela não varia no tempo, também não tem qualquer impacto sobre a taxa de variação da produtividade.

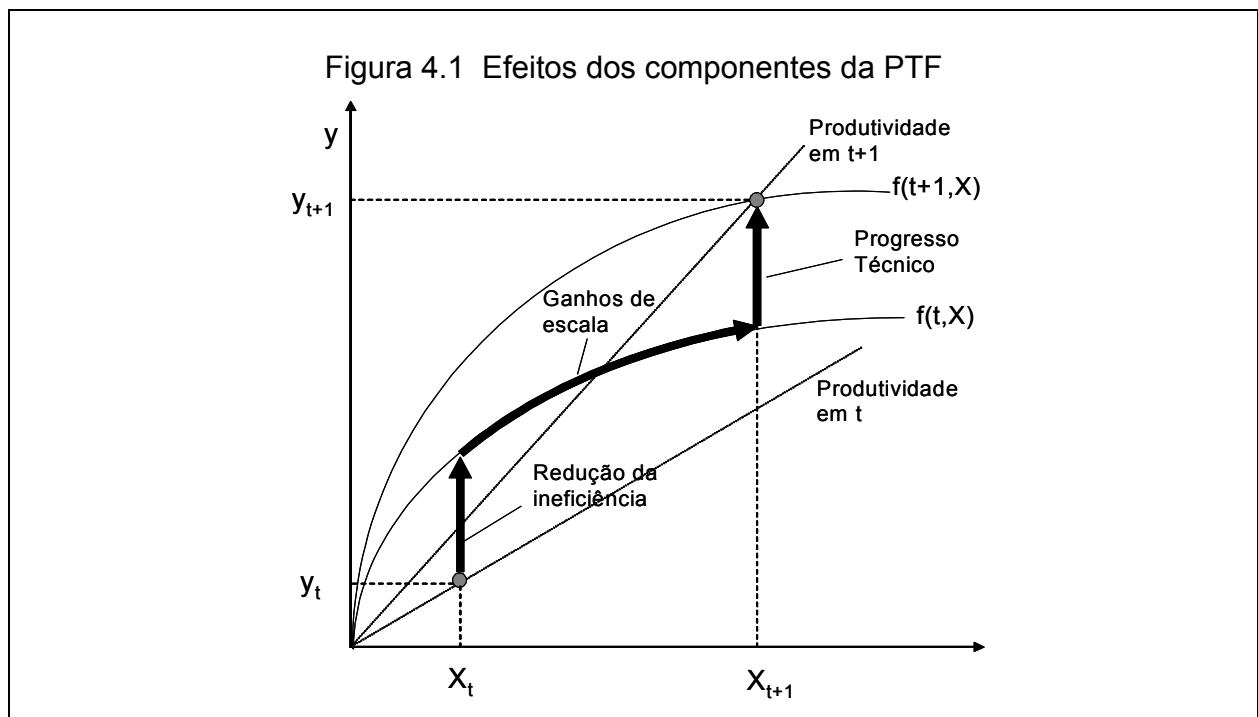
A contribuição das economias de escala depende tanto da tecnologia quanto da evolução das quantidades dos fatores de produção. Note que, se há retornos constantes de escala, então  $RTS = 1$ , o que cancela o terceiro componente de variação da produtividade. Mas, caso  $RTS \neq 1$ , há uma parte da variação da produtividade que é explicada pela mudança na escala de produção.

<sup>2</sup> É necessário fazer algumas manipulações algébricas para tanto: a partir da equação anterior soma-se e subtrai-se  $\lambda_K g_K$ ,  $\lambda_L g_L$  e usa-se as definições  $\varepsilon_K = RTS \cdot \lambda_K$  e  $\varepsilon_L = RTS \cdot \lambda_L$ .

No caso de retornos crescentes de escala ( $RTS > 1$ ) e aumento das quantidades dos fatores, então há aumento da taxa de crescimento da produtividade. Se as quantidades dos fatores de produção diminuïrem, então haveria redução da taxa de variação da produtividade. O raciocínio análogo inverso pode ser feito para o caso de retornos decrescentes e redução (aumento) das quantidades dos fatores.

Como, por definição,  $\lambda_K + \lambda_L = 1$ , as distâncias  $(\lambda_K - s_K)$  e  $(\lambda_L - s_L)$  são simétricas e têm sinais contrários. Assim, uma realocação de fatores, que aumente a intensidade de trabalho e reduza a de capital, traz necessariamente uma mudança na eficiência alocativa. Dessa forma pode-se perceber que, apenas quando não há ineficiências ou rendimentos de escala, a medida de variação da produtividade é idêntica ao progresso técnico.

A interpretação acima dos impactos de cada componente pode ser visualizada em parte com o auxílio da figura a seguir, que mostra o aumento de produtividade gerado por efeitos positivos dos componentes da PTF: redução da ineficiência, ganhos de escala e progresso técnico (os efeitos das eficiências técnica e alocativa não podem ser visualizados separadamente neste diagrama, contudo).<sup>3</sup>



<sup>3</sup> A figura apresentada aparece em Orea (2001).

#### 4.1.2. Os dados sobre a distribuição funcional da renda utilizados na decomposição

Feitas as estimativas econométricas dos parâmetros do modelo descrito nas equações (2) e (3) do capítulo 4, para efetuar a decomposição descrita na seção anterior, é preciso que se tenha os valores das participações do capital e do trabalho na renda dos países ( $s_K$  e  $s_L$ , respectivamente). Esses números foram obtidos basicamente a partir de dois bancos de dados: (i) o *National Accounts* da OECD, que traz as informações de 1970 a 2000 para os 30 membros; e (ii) o Sistema de Contas Nacionais (ou SNA68 – *System of National Accounts*) elaborado pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Para os países membros da OECD que pertencem à amostra deste estudo, optou-se por empregar apenas a base dessa organização, a qual se encontra homogeneizada e tem mais informações do que o SNA, algumas delas estimativas. O banco de dados é o banco de Contas Nacionais (*National Accounts Database*), extraído-se dele as informações sobre a remuneração do trabalho (*compensation of employees*) e sobre a remuneração do capital (*gross operating surplus and gross mixed income*). A soma dessas remunerações nos leva ao valor do PIB e, pode-se então calcular as participações dividindo-se cada uma das partes por ele.

As informações dos demais países não-membros da OECD foram extraídas em sua maioria do SNA68. Mais precisamente, os valores de  $s_K$  e  $s_L$  foram calculados a partir da tabela *Cost Components of Value Added (Group Code 406 – list of NA questionnaire tables)* desse banco de dados. Dessa tabela foram retirados os valores da remuneração do trabalho (*compensation of employees*) e do capital (*net operating surplus*). A soma das remunerações do trabalho e capital nos leva ao dado utilizado para o valor adicionado (VA, i.é., a medida da produção total). Note que a partir da tabela mencionada (406) seria possível obter diretamente o dado para o VA e calcular a participação dos fatores como parcela dele. Contudo, o número que ali consta para o VA inclui também o saldo entre impostos indiretos e subsídios, identificados em rubricas separadas. Calculadas dessa última forma, as participações na renda não somariam 100%.

No caso de alguns países, os dados não estavam disponíveis no SNA68, em geral no primeiro ou no último ano da amostra. Para esses países, buscou-se fontes alternativas. Dentre essas fontes pode-se listar a CEPAL para os dados da Bolívia (2000), Costa Rica<sup>4</sup> (2000), Trinidad & Tobago (2000) e Jamaica e Peru (1995 e 2000), o MIDEPLAN para o Chile (1975 a 1985 e

---

<sup>4</sup> Para a Bolívia e a Costa Rica foram utilizados, no ano de 2000, os valores de 1999.

2000). No caso do Brasil, as estatísticas foram extraídas diretamente de três publicações: IBGE (1988), IBGE (1995) e IBGE (2002). Finalmente, vale destacar que no caso do Chile, não havia informação disponível para 1970 em nenhuma das fontes consultadas. Nesse caso, para evitar a perda de um país latino-americano importante na amostra, optou-se por empregar o valor referente a 1973, primeiro ano para o qual o sistema de contas nacionais desse país oferece essas informações.

Um fato que merece menção e leva à necessidade de se encarar com cuidado os resultados da decomposição da produtividade é o uso de dados sobre remuneração do capital que são distintos metodologicamente conforme a fonte. Para os países da OECD tomou-se o excedente operacional bruto, enquanto para os países cujos dados foram extraídos do SNA68 o dado refere-se ao excedente operacional líquido.

## **4.2 Evolução da PTF e de seus componentes, por país e períodos**

Com os resultados da estimação do modelo, obtidos no capítulo 4 para os 75 países da amostra, e de posse dos dados sobre distribuição funcional da renda, seria possível decompor a produtividade nos moldes apresentados na seção anterior. Contudo, os dados para as participações dos fatores de produção na renda não estão disponíveis para todas essas nações. Foi possível apenas obter dados para 36 países, o que restringe a eles a decomposição “completa” da PTF. Nesta seção, são avaliadas as evoluções da PTF e de seus quatro componentes ao longo desses 30 anos, de tal forma que seja possível identificar quais os fatores cruciais no resultado final.

### **Produtividade total de fatores**

O exercício de ordenar os países pela magnitude da variação da produtividade média nesses trinta anos revela um resultado contundente. Todos os primeiros colocados (até a 21ª. posição) são membros da OECD, o chamado “clube dos desenvolvidos”. Dentre eles, destaca-se a performance do Japão, cuja produtividade cresceu 2,42% a.a. em média no período. Em seguida, vêm Áustria (1,77%), França (1,75%), Noruega (1,53%), Suíça (1,51%) e EUA (1,49%).

No bloco intermediário começam a aparecer alguns países latino-americanos, como Jamaica, Brasil, Peru, Venezuela e Bolívia, todos com taxas de crescimento da PTF relativamente baixas. O Brasil apresenta no período um aumento da produtividade da ordem de 0,39% ao ano. Dentre os demais países latino-americanos da amostra, destaca-se a redução da produtividade no

México, Costa Rica e, o que chama a atenção, também no Chile. Grécia e Turquia são os dois únicos membros da OECD que apresentam queda de produtividade no período.

A decomposição pode ser visualizada na tabela 4.1 que traz as variações em cada período e resume os resultados em termos de taxas médias anuais. Uma constatação importante que deve ser ressaltada é a de que os países mais ricos apresentam grandes ganhos de produtividade nos anos 70 e início dos anos 80, com uma tendência – acentuada em alguns países como a França, a Suécia e os Estados Unidos<sup>5</sup> – de redução do ritmo de elevação da produtividade. Também chama a atenção a trajetória da Coreia, que inicia com reduções elevadas, de 5,2% e 3,9% em 1970 e 1975, e termina com ganhos elevados (5,4%).

Tabela 4.1 Taxas de variação (%) da PTF entre períodos e média anual

País	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	Média anual
JPN	8,64	16,98	12,30	10,65	9,84	9,91	7,38	2,42
AUT	9,93	12,61	10,23	7,22	5,65	4,81	4,38	1,77
FRA	10,91	12,15	9,66	7,44	6,04	4,89	3,31	1,75
NOR	8,82	9,75	8,61	6,23	6,29	3,80	3,85	1,53
CHE	9,83	12,11	7,08	6,19	6,11	3,40	2,10	1,51
USA	9,61	8,11	7,86	6,30	5,64	3,71	4,69	1,49
FIN	8,29	11,49	7,36	6,84	7,19	2,25	1,37	1,45
SWE	10,68	9,75	7,80	5,52	5,72	2,88	2,21	1,44
BEL	8,72	10,15	8,32	5,29	4,20	3,41	3,03	1,40
DNK	9,22	9,23	7,59	4,93	5,53	3,05	3,44	1,39
GBR	9,13	8,89	6,92	4,35	5,54	3,09	3,13	1,33
ESP	7,61	9,78	7,22	4,51	4,43	3,58	2,99	1,30
NLD	8,34	8,12	6,14	4,42	4,42	3,97	3,69	1,27
ITA	7,23	8,65	6,93	5,66	4,54	3,05	2,14	1,24
PRT	4,40	12,43	5,72	4,68	3,59	2,95	3,31	1,20
CAN	7,22	6,28	6,03	3,90	4,98	0,38	1,23	0,98
IRL	5,80	6,08	7,42	4,82	2,25	1,35	2,11	0,97
ISL	6,37	6,68	6,38	4,58	2,01	1,32	2,39	0,97
AUS	5,88	5,41	4,64	3,87	3,68	2,37	2,61	0,93
NZL	5,46	4,48	4,78	3,60	2,59	1,09	1,06	0,76
KOR	-5,16	-3,88	2,66	3,73	7,31	9,82	5,36	0,62
JAM	4,42	4,41	1,61	0,86	0,19	1,14	-0,01	0,41
BRA	1,84	-1,98	1,40	3,41	4,31	1,67	1,13	0,39
PER	0,79	3,01	1,67	-0,05	1,08	1,27	-1,35	0,21
KEN	2,82	-0,35	0,33	0,94	-0,03	-0,21	-1,31	0,07
VEN	0,50	0,50	0,64	0,92	0,60	-0,08	-1,15	0,06
BOL	0,85	0,26	-0,81	1,56	3,04	-1,03	-2,35	0,05
MEX	-0,88	0,39	0,05	-1,68	-0,46	-0,73	-1,95	-0,18
COL	0,30	-0,89	-0,28	-0,24	-1,24	-2,11	-1,40	-0,20
TTO	0,64	-0,19	-1,57	1,63	-1,64	-2,80	-2,85	-0,23
CRI	-0,95	-1,24	-0,60	-1,47	-1,24	-1,25	-2,85	-0,32
CHL	1,03	-1,04	-0,94	-1,05	-3,17	-4,28	-2,67	-0,41
GRC	-7,69	-8,58	0,06	1,52	1,25	0,46	-0,11	-0,46
THA	3,58	0,25	-3,03	-3,92	-4,99	-9,90	-3,02	-0,73
JOR	-2,73	-2,13	-7,85	-5,31	-1,79	-1,68	-2,89	-0,83
TUR	-7,04	-7,95	-6,90	-3,54	-6,13	-4,12	-3,35	-1,33

<sup>5</sup> Note-se que o Japão é a nação desenvolvida que foge a essa regra.

## Progresso técnico

Os países que apresentaram maior contribuição do progresso técnico para a variação da produtividade no período 1970-2000 foram Japão, EUA, França, Suíça, Itália, Reino Unido, Holanda e Austrália, nessa ordem. As contribuições para esse grupo variaram de 0,56 a 0,30 ponto percentual por ano em média. Como se vê, todos são países considerados desenvolvidos e que investem quantias elevadas em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), como discutido no capítulo anterior.

Com efeito, dentre os 19 países que apresentaram uma contribuição positiva do progresso técnico, 18 são membros da OECD. O Brasil é o único país da amostra que não participa daquela organização, mas ainda assim teve algum progresso técnico contribuindo para o aumento da produtividade, principalmente entre 1965 e 1985. Essa tendência é similar à de outros três países latino-americanos que tiveram acentuado processo de substituição de importações: México, Peru e Venezuela. A queda no ritmo de progresso técnico desses países coincide com a crise da dívida e a abertura econômica, períodos em que o processo de industrialização apresenta desaceleração.

Um aspecto importante diz respeito à interpretação do regresso técnico que aparece nos resultados deste trabalho (e também no de outros autores<sup>6</sup>). A rigor não se estimou uma fronteira para cada país e, portanto, não se trata de dizer que este ou aquele país apresentou deslocamentos “para dentro” da sua fronteira. A interpretação é difícil por consequência da forma como o progresso técnico foi obtido, por meio da inclusão de uma tendência temporal no modelo (e interações dela com as quantidades de fatores). Segundo Arrow (1962), esse procedimento, extremamente comum na literatura, é antes de tudo uma confissão de ignorância.

Como discutido no capítulo 3, a idéia subjacente aqui é a de que os países mais próximos da fronteira (e que apresentam progresso técnico de monta) são os responsáveis pelo efetivo deslocamento da fronteira de produção mundial. Uma forma de interpretar o regresso técnico nos países menos desenvolvidos é a de encará-lo como o efeito de mudanças que acabam por encerrar a produção de alguns bens que possuíam maior conteúdo tecnológico e induzem a especialização na produção de bens de baixo conteúdo tecnológico. Como o PIB é o agregado do valor adicionado em vários setores, o regresso pode espelhar antes de tudo a reestruturação produtiva.

---

<sup>6</sup> Rao & Coelli (1998), por exemplo.

Tabela 4.2 Taxas de variação (%) do progresso técnico entre períodos\* e média anual

País	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	Média anual
JPN	3,77	3,50	3,03	2,49	1,95	1,40	0,79	0,56
USA	3,99	3,44	2,88	2,29	1,69	1,04	0,44	0,52
FRA	3,47	3,01	2,46	1,84	1,22	0,57	-0,11	0,41
CHE	3,57	3,09	2,42	1,76	1,12	0,41	-0,31	0,40
ITA	3,15	2,68	2,16	1,60	0,99	0,33	-0,34	0,35
GBR	3,28	2,69	2,07	1,39	0,78	0,11	-0,55	0,32
NLD	3,26	2,65	1,98	1,28	0,62	-0,02	-0,66	0,30
AUS	3,34	2,65	1,96	1,27	0,62	-0,08	-0,72	0,30
SWE	3,11	2,54	1,91	1,24	0,59	-0,11	-0,82	0,28
DNK	3,14	2,55	1,91	1,20	0,54	-0,17	-0,83	0,27
CAN	2,84	2,30	1,78	1,17	0,60	-0,11	-0,76	0,26
AUT	2,75	2,29	1,75	1,14	0,51	-0,13	-0,76	0,25
NOR	2,81	2,26	1,73	1,10	0,51	-0,18	-0,79	0,25
BEL	2,76	2,26	1,70	1,06	0,41	-0,24	-0,89	0,23
ESP	2,55	2,18	1,67	1,06	0,45	-0,16	-0,79	0,23
FIN	2,41	1,98	1,42	0,84	0,27	-0,43	-1,14	0,18
NZL	2,84	2,10	1,38	0,66	-0,07	-0,84	-1,55	0,15
GRC	1,63	1,44	0,98	0,38	-0,26	-0,93	-1,61	0,05
BRA	1,36	1,05	0,69	0,13	-0,40	-1,01	-1,62	0,01
PRT	1,29	0,95	0,49	0,01	-0,53	-1,12	-1,69	-0,02
KOR	0,73	0,48	0,27	-0,09	-0,39	-0,67	-1,13	-0,03
IRL	1,49	0,94	0,44	-0,12	-0,78	-1,42	-1,89	-0,05
MEX	1,18	0,75	0,34	-0,13	-0,76	-1,40	-2,00	-0,07
ISL	1,52	0,92	0,31	-0,32	-1,02	-1,73	-2,39	-0,09
VEN	1,58	1,02	0,47	-0,33	-1,12	-1,92	-2,69	-0,10
PER	1,13	0,45	-0,19	-0,77	-1,48	-2,26	-2,92	-0,20
TUR	0,26	-0,12	-0,55	-1,12	-1,53	-2,10	-2,64	-0,26
THA	0,13	-0,42	-0,89	-1,33	-1,74	-1,95	-2,42	-0,29
COL	0,36	-0,14	-0,70	-1,23	-1,80	-2,33	-2,95	-0,30
CHL	0,44	-0,13	-0,74	-1,41	-1,96	-2,40	-2,80	-0,30
TTO	-0,14	-0,56	-1,02	-1,50	-2,22	-2,98	-3,62	-0,41
JAM	0,12	-0,37	-1,13	-1,89	-2,58	-3,15	-3,80	-0,43
CRI	-0,54	-0,91	-1,36	-1,92	-2,50	-3,03	-3,73	-0,47
BOL	-0,22	-0,83	-1,40	-2,21	-3,11	-3,88	-4,58	-0,55
JOR	-1,36	-1,91	-2,09	-2,33	-2,98	-3,61	-4,25	-0,63
KEN	-1,57	-2,07	-2,65	-3,29	-3,93	-4,62	-5,32	-0,79

\* Os anos indicam o instante final de cada quinquênio, isto é 1970 refere-se ao quinquênio 1966-1970, 1975 refere-se ao refere-se ao quinquênio 1971-1975 e assim por diante.

### Eficiência Técnica

Todos os países apresentaram aumento da eficiência técnica, como ilustra a tabela 4.3. Trata-se de uma propriedade do modelo estimado. Deve-se lembrar que o modelo Battese & Coelli (1992) impõe a restrição de um  $\eta$  comum a todos os países. Na amostra global, dos 75 países, o valor estimado desse parâmetro foi positivo, o que acabou resultando em um padrão de *catch-up* para todos os países, no qual a eficiência técnica cresce a taxas decrescentes.



Tabela 4.3 Taxas de variação (%) da eficiência técnica entre períodos e média anual

País	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	Média anual
THA	5,29	4,95	4,63	4,34	4,06	3,80	3,55	1,00
KEN	5,02	4,70	4,39	4,11	3,85	3,60	3,37	0,95
JPN	4,86	4,54	4,25	3,98	3,72	3,49	3,26	0,92
ISL	4,30	4,03	3,77	3,53	3,30	3,09	2,89	0,82
NOR	4,23	3,96	3,71	3,47	3,25	3,04	2,85	0,81
JAM	3,93	3,68	3,44	3,22	3,02	2,82	2,64	0,75
KOR	3,73	3,49	3,27	3,06	2,86	2,68	2,51	0,71
AUT	3,60	3,37	3,16	2,96	2,77	2,59	2,43	0,69
NZL	3,55	3,33	3,12	2,92	2,73	2,56	2,40	0,68
DNK	3,42	3,20	3,00	2,81	2,63	2,46	2,30	0,65
CHE	3,06	2,87	2,69	2,51	2,35	2,20	2,06	0,59
NLD	3,05	2,86	2,68	2,51	2,35	2,20	2,06	0,58
SWE	3,00	2,81	2,63	2,46	2,31	2,16	2,02	0,57
BOL	2,98	2,79	2,61	2,44	2,29	2,14	2,01	0,57
BRA	2,89	2,71	2,54	2,38	2,23	2,08	1,95	0,55
FIN	2,86	2,68	2,51	2,35	2,20	2,06	1,93	0,55
FRA	2,83	2,65	2,48	2,32	2,17	2,03	1,91	0,54
BEL	2,70	2,53	2,37	2,22	2,08	1,95	1,82	0,52
PRT	2,58	2,42	2,27	2,12	1,99	1,86	1,74	0,50
IRL	2,57	2,40	2,25	2,11	1,98	1,85	1,73	0,49
ITA	2,55	2,39	2,24	2,10	1,96	1,84	1,72	0,49
PER	2,55	2,39	2,24	2,09	1,96	1,84	1,72	0,49
AUS	2,39	2,24	2,09	1,96	1,84	1,72	1,61	0,46
ESP	2,37	2,22	2,08	1,95	1,82	1,71	1,60	0,45
GRC	2,13	1,99	1,87	1,75	1,64	1,53	1,44	0,41
JOR	2,04	1,91	1,79	1,67	1,57	1,47	1,38	0,39
GBR	1,83	1,72	1,61	1,51	1,41	1,32	1,24	0,35
COL	1,63	1,53	1,43	1,34	1,26	1,18	1,10	0,31
CRI	1,25	1,18	1,10	1,03	0,97	0,91	0,85	0,24
TTO	0,78	0,73	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53	0,15
CHL	0,69	0,65	0,61	0,57	0,54	0,50	0,47	0,13
USA	0,46	0,43	0,40	0,38	0,35	0,33	0,31	0,09
TUR	0,42	0,40	0,37	0,35	0,33	0,31	0,29	0,08
MEX	0,32	0,30	0,28	0,27	0,25	0,23	0,22	0,06
CAN	0,29	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21	0,20	0,06
VEN	0,26	0,24	0,23	0,21	0,20	0,19	0,18	0,05

\* Os anos indicam o instante final de cada quinquênio, isto é 1970 refere-se ao quinquênio 1966-1970, 1975 refere-se ao quinquênio 1971-1975 e assim por diante.

Os resultados para a contribuição das variações na eficiência técnica revelam os países que a princípio tiveram grande aproximação da fronteira: Tailândia, Quênia, Japão, Islândia, Noruega, Jamaica e Coréia. Que esse seja o caso de Tailândia, Japão e Coréia, parece algo bastante intuitivo, visto que esses países empreenderam reconhecidos esforços de difusão tecnológica. Já para os demais isso não parece ser tão imediato. Quênia, Islândia e Jamaica tiveram, contudo, altas taxas de crescimento em alguns dos períodos da amostra, o que pode sugerir um movimento de alcance da fronteira cuja causa só pode ser entendida numa investigação mais detida sobre a história desses países (algo que vai além do escopo deste trabalho). Entre os países que apresentaram menores ganhos de eficiência técnica estão os EUA e o Canadá. Isso se deve ao fato dos dois países estarem bem perto da fronteira. Dessa forma seriam os responsáveis pelo deslocamento da fronteira.

### Eficiência de escala

É intuitivo que os países com grandes contingentes populacionais sejam aqueles que mais ganharam com os aumentos de escala: Brasil, Coréia, Tailândia, México e Japão. Todos esses (com exceção do Japão) são comumente chamados de países “em desenvolvimento” e sabidamente experimentaram *milagres* de crescimento em algum subperíodo da amostra, com base na forte acumulação de fatores. Também é intuitivo que países com população pequena tenham ganhado menos, ou mesmo perdido produtividade, como se pode ver pelos resultados para Irlanda, Jamaica, Costa Rica, Jordânia, Trinidad & Tobago e Islândia.

Tabela 4.4 Taxas de variação (%) da eficiência de escala entre períodos e média anual

País	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	Média anual
BRA	1,60	2,37	2,55	1,67	1,77	1,17	1,38	0,41
KOR	1,42	1,61	1,94	1,57	1,80	2,35	1,54	0,40
THA	0,72	1,14	1,41	1,59	1,79	3,04	1,44	0,37
MEX	1,35	1,65	1,86	1,78	1,15	1,35	1,20	0,34
JPN	2,16	2,38	1,40	1,18	1,16	1,24	0,82	0,34
TUR	1,12	1,34	1,51	1,20	1,90	1,36	1,50	0,33
USA	1,30	1,28	1,32	1,16	1,18	0,95	1,35	0,28
COL	0,57	0,83	0,85	1,01	1,00	0,78	0,98	0,20
ESP	1,05	1,01	0,81	0,49	0,50	0,60	0,59	0,17
KEN	0,20	0,62	0,70	0,78	0,95	0,81	0,74	0,16
FRA	0,90	0,98	0,69	0,58	0,55	0,50	0,38	0,15
ITA	0,66	0,92	0,77	0,69	0,54	0,45	0,38	0,15
CAN	0,42	0,54	0,62	0,48	0,51	0,54	0,59	0,12
CHL	0,09	0,20	0,25	0,27	0,57	0,90	1,13	0,11
PER	0,28	0,27	0,43	0,68	0,42	0,32	0,69	0,10
GBR	0,46	0,52	0,40	0,26	0,56	0,36	0,49	0,10
VEN	0,07	0,31	0,57	0,26	0,32	0,31	0,43	0,08
AUS	0,05	0,14	0,15	0,24	0,38	0,30	0,48	0,06
PRT	0,02	0,19	0,25	0,31	0,22	0,28	0,36	0,05
NLD	0,08	0,16	0,15	0,13	0,24	0,28	0,34	0,05
GRC	0,02	0,18	0,24	0,18	0,16	0,16	0,16	0,04
BEL	0,01	0,09	0,11	0,10	0,11	0,23	0,20	0,03
AUT	-0,10	-0,04	0,03	0,06	0,09	0,17	0,18	0,01
SWE	-0,07	0,00	0,04	0,05	0,12	0,08	0,07	0,01
BOL	-0,28	-0,15	-0,03	0,03	0,13	0,10	0,34	0,00
CHE	-0,26	-0,17	-0,02	0,01	0,05	0,08	0,05	-0,01
DNK	-0,21	-0,16	-0,06	-0,01	0,01	0,02	0,07	-0,01
NZL	-0,15	-0,22	-0,09	-0,07	-0,03	-0,01	0,02	-0,02
FIN	-0,30	-0,31	-0,12	-0,05	0,01	0,03	0,04	-0,02
NOR	-0,28	-0,27	-0,22	-0,09	-0,05	0,00	0,06	-0,03
IRL	-0,28	-0,39	-0,33	-0,17	-0,03	-0,02	0,09	-0,04
JAM	-1,02	-0,78	-0,17	-0,13	-0,10	-0,11	-0,02	-0,08
CRI	-1,23	-1,13	-0,75	-0,36	-0,15	-0,04	0,08	-0,12
JOR	-1,68	-0,80	-1,28	-0,84	-0,14	0,23	0,28	-0,14
TTO	-1,08	-1,22	-1,07	-0,91	-0,16	-0,09	-0,21	-0,16
ISL	-1,18	-1,36	-1,24	-1,00	-0,57	-0,42	-0,63	-0,21

Os anos indicam o instante final de cada quinquênio, isto é 1970 refere-se ao quinquênio 1966-1970, 1975 refere-se ao refere-se ao quinquênio 1971-1975 e assim por diante.

## Eficiência Alocativa

Em que pese o modelo estimado produza coeficientes que traduzem os níveis de eficiência técnica das nações, o mesmo não ocorre com a eficiência alocativa. Os seus efeitos só são avaliados em termos dinâmicos, com as variações dela representando movimentos que aproximam ou afastam o valor das participações estimadas dos fatores na renda de seus valores de equilíbrio competitivo, isto é, aproximam ou afastam as remunerações dos fatores de seus produtos marginais.

Tabela 4.5 Taxas de variação (%) da eficiência alocativa entre períodos e média anual

País	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	Média anual
AUT	3,37	6,53	4,98	2,90	2,19	2,13	2,50	0,81
FIN	3,11	6,80	3,38	3,57	4,59	0,59	0,55	0,74
PRT	0,46	8,54	2,61	2,17	1,88	1,92	2,92	0,67
FRA	3,32	5,04	3,73	2,51	1,98	1,71	1,10	0,64
BEL	3,01	4,97	3,92	1,82	1,54	1,45	1,89	0,61
USA	3,57	2,76	3,06	2,34	2,31	1,35	2,53	0,59
JPN	-2,27	5,60	3,12	2,62	2,69	3,45	2,34	0,57
SWE	4,29	4,11	3,03	1,67	2,61	0,73	0,94	0,57
IRL	1,94	3,04	4,95	2,95	1,09	0,96	2,21	0,56
GBR	3,29	3,71	2,68	1,13	2,69	1,26	1,93	0,55
CAN	3,52	3,04	3,28	1,97	3,59	-0,26	1,22	0,54
CHE	3,17	5,89	1,83	1,78	2,47	0,67	0,30	0,53
NOR	1,83	3,51	3,18	1,63	2,48	0,92	1,72	0,50
DNK	2,60	3,38	2,57	0,86	2,27	0,72	1,89	0,47
ISL	1,66	3,02	3,48	2,37	0,34	0,43	2,60	0,46
ESP	1,44	4,06	2,47	0,95	1,58	1,40	1,57	0,44
NLD	1,73	2,24	1,22	0,45	1,15	1,47	1,92	0,34
ITA	0,70	2,40	1,59	1,16	0,98	0,41	0,38	0,25
TTO	1,09	0,88	-0,17	3,46	0,15	-0,30	0,48	0,18
JAM	1,39	1,87	-0,49	-0,27	-0,07	1,67	1,28	0,18
AUS	0,02	0,31	0,38	0,35	0,80	0,41	1,23	0,12
VEN	-1,39	-1,06	-0,63	0,78	1,21	1,37	0,97	0,04
CRI	-0,42	-0,37	0,42	-0,21	0,48	0,96	-0,02	0,03
BOL	-1,59	-1,50	-1,92	1,34	3,83	0,71	-0,02	0,02
NZL	-0,82	-0,74	0,32	0,07	-0,03	-0,59	0,23	-0,05
PER	-3,09	-0,12	-0,79	-2,00	0,20	1,42	-0,78	-0,17
KEN	-0,72	-3,41	-1,97	-0,52	-0,74	0,17	0,10	-0,24
CHL	-0,20	-1,75	-1,05	-0,48	-2,31	-3,29	-1,45	-0,35
COL	-2,22	-3,04	-1,83	-1,32	-1,65	-1,70	-0,49	-0,41
JOR	-1,70	-1,30	-6,34	-3,83	-0,20	0,29	-0,24	-0,45
KOR	-10,50	-9,03	-2,74	-0,81	2,89	5,20	2,38	-0,46
MEX	-3,65	-2,27	-2,39	-3,53	-1,08	-0,90	-1,35	-0,51
BRA	-3,89	-7,74	-4,23	-0,78	0,68	-0,55	-0,54	-0,58
GRC	-11,08	-11,80	-2,96	-0,78	-0,29	-0,29	-0,08	-0,95
TUR	-8,69	-9,42	-8,12	-3,94	-6,75	-3,67	-2,47	-1,48
THA	-2,46	-5,15	-7,79	-8,14	-8,70	-14,08	-5,39	-1,79

\* Os anos indicam o instante final de cada quinquênio, isto é 1970 refere-se ao quinquênio 1966-1970, 1975 refere-se ao refere-se ao quinquênio 1971-1975 e assim por diante.

Conforme mostra a tabela 4.5, os países que apresentaram maiores ganhos de eficiência alocativa foram Áustria, Finlândia, Portugal, França, Bélgica, EUA e Japão. Na outra “ponta” da tabela estão os países que perderam com a dinâmica vivenciada de alocação dos fatores. A maio-

ria dos países latino-americanos está nesse grupo, assim como a Coreia (até 1985) e a Tailândia. Também figuram entre os piores desempenhos em termos alocativos os países mais pobres da OECD, Grécia e Turquia.

Nota-se ganhos sistemáticos com a alocação de recursos nos países ricos e perdas (ou ganhos muito modestos) nos países mais pobres<sup>7</sup>. É interessante ressaltar que as diferenças entre esses dois grupos de países no que respeita às variações na eficiência alocativa são ainda mais pronunciadas nos três primeiros períodos (quinquênios) da amostra. Sabe-se que Brasil e Tailândia optaram por uma estratégia de crescimento sem ajuste e com aprofundamento do endividamento externo nesse período. No Brasil, é a época do II Plano Nacional de Desenvolvimento, com forte influência do Estado na alocação dos recursos da economia e investimentos pesados em setores de infra-estrutura. A importância do Estado na alocação dos recursos também é uma característica da Coreia nesses anos iniciais.

O conjunto de gráficos a seguir mostra a evolução da produtividade total de fatores, em seis economias, calculada de duas formas: (i) com a eficiência alocativa e (ii) sem esse componente. O primeiro ponto a se destacar são os padrões distintos de comportamento de países desenvolvidos e países em desenvolvimento. França, EUA e Japão apresentam ganhos dinâmicos com a alocação de recursos, em que a curva da PTF com eficiência alocativa permanece acima da medida que exclui esse componente. O contrário ocorre em quase todo o período para o Brasil e em todo o período para o México. Já a Coreia apresenta um padrão distinto, no qual as curvas se cruzam, isto é, a eficiência alocativa inverte o seu impacto, tornando-se um dos motores do ganho de produtividade desse país.

Nota-se que, para o Brasil, a PTF calculada sem a eficiência alocativa é, em geral, superior, indicando os efeitos de “má alocação” dos fatores de produção. De meados dos anos 80 a meados dos 90 há uma inversão desse efeito, que passa a contribuir para o crescimento da produtividade, mesmo que marginalmente. Em seguida, a contribuição volta a ser negativa, ainda que bem menos expressiva que nos primeiros quinquênios avaliados. O México também reduz os efeitos alocativos negativos a partir de meados dos anos 80, porém, nunca o suficiente para contribuir para o aumento da produtividade.

---

<sup>7</sup> Deve-se ter em mente a ressalva feita na seção 4.1, sobre o uso de dados contabilmente distintos para a remuneração do capital, conforme a fonte OECD (excedente operacional bruto) e SNA68 (excedente operacional líquido).

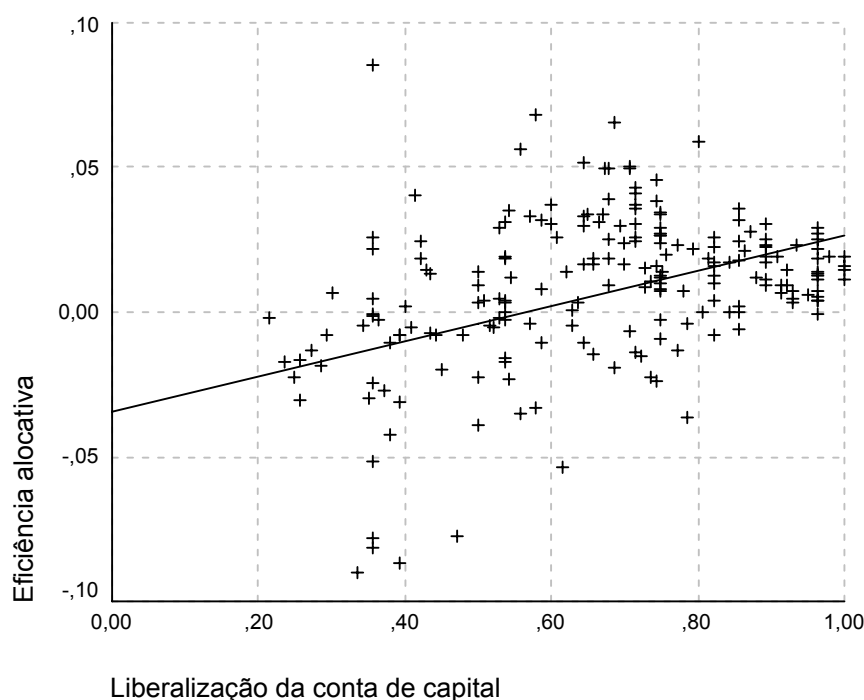
Gráfico 4.1 Produtividade Total dos Fatores com e sem eficiência alocativa



Dados esses padrões de comportamento, é imediato que se procure aspectos comuns aos países que apresentaram trajetórias semelhantes para a diferença entre as duas medidas da PTF. Uma especulação que a princípio parece pertinente é a de que o processo de abertura verificado nos países em desenvolvimento tenha influenciado no sentido de melhorar a alocação dos recursos. Tanto o Brasil como México têm a redução da ineficiência alocativa coincidindo com o aprofundamento do grau de abertura de suas economias. Na mesma linha de argumentação, a Coréia, que se voltou para o exterior mais precocemente, inverteu o efeito da eficiência alocativa nos anos 80 e mantém ganhos de produtividade com esse componente da PTF desde então.

O gráfico 4.2 reforça essa idéia. Ele ilustra a relação positiva, para 33 dessas 36 economias, de 1970 a 2000, entre a evolução da eficiência alocativa e o grau de liberalização dos movimentos financeiros, conforme a medida de abertura proposta por Santana (2004).

Gráfico 4.2 Liberalização financeira e eficiência alocativa



Fonte: Santana (2004) e dados próprios.

### 4.3 As fontes do crescimento econômico

Desde que Solow introduziu a contabilidade de crescimento, um exercício bastante comum nos trabalhos sobre desenvolvimento econômico tem sido o de se tentar identificar a importância relativa da acumulação de fatores e da variação na produtividade na composição da taxa de crescimento econômico das nações. A tabela 4.6, elaborada a partir dos dados da amostra reduzida (36 países) faz um balanço das fontes de crescimento no período 1970-2000.

Tabela 4.6 Fontes do crescimento econômico 1970-2000 – variações (%) médias anuais

País	Crescimento econômico	Acumulação de capital	Expansão do trabalho	Produtividade					Choques aleatórios
				Variação da PTF	Progresso técnico	Eficiência técnica	Ganhos de escala	Ganhos alocativos	
AUS	4,16	1,17	1,06	0,93	0,30	0,46	0,06	0,12	1,00
AUT	3,74	1,70	0,30	1,77	0,25	0,69	0,01	0,81	-0,03
BEL	3,29	1,60	0,31	1,40	0,23	0,52	0,03	0,61	-0,02
BOL	2,73	1,68	1,00	0,05	-0,55	0,57	0,00	0,02	0,00
BRA	5,59	4,51	1,13	0,39	0,01	0,55	0,41	-0,58	-0,44
CAN	4,14	1,87	1,10	0,98	0,26	0,06	0,12	0,54	0,19
CHE	2,03	1,31	0,52	1,51	0,40	0,59	-0,01	0,53	-1,30
CHL	4,98	3,88	0,87	-0,41	-0,30	0,13	0,11	-0,35	0,64
COL	4,93	3,73	1,05	-0,20	-0,30	0,31	0,20	-0,41	0,34
CRI	4,89	4,01	1,63	-0,32	-0,47	0,24	-0,12	0,03	-0,43
DNK	2,61	0,89	0,35	1,39	0,27	0,65	-0,01	0,47	-0,02
ESP	3,97	2,79	0,54	1,30	0,23	0,45	0,17	0,44	-0,66
FIN	3,65	1,76	0,37	1,45	0,18	0,55	-0,02	0,74	0,07
FRA	3,43	1,79	0,47	1,75	0,41	0,54	0,15	0,64	-0,57
GBR	2,73	0,99	0,27	1,33	0,32	0,35	0,10	0,55	0,13
GRC	3,67	4,37	0,30	-0,46	0,05	0,41	0,04	-0,95	-0,55
IRL	6,03	2,18	0,61	0,97	-0,05	0,49	-0,04	0,56	2,27
ISL	4,13	1,22	0,93	0,97	-0,09	0,82	-0,21	0,46	1,01
ITA	3,53	2,14	0,29	1,24	0,35	0,49	0,15	0,25	-0,14
JAM	1,80	2,06	0,86	0,41	-0,43	0,75	-0,08	0,18	-1,54
JOR	6,23	5,95	2,17	-0,83	-0,63	0,39	-0,14	-0,45	-1,06
JPN	5,26	3,54	0,58	2,42	0,56	0,92	0,34	0,57	-1,28
KEN	5,17	3,22	1,48	0,07	-0,79	0,95	0,16	-0,24	0,39
KOR	9,31	6,93	0,88	0,62	-0,03	0,71	0,40	-0,46	0,87
MEX	5,00	4,57	1,27	-0,18	-0,07	0,06	0,34	-0,51	-0,66
NLD	3,59	1,20	0,65	1,27	0,30	0,58	0,05	0,34	0,46
NOR	4,09	1,75	0,40	1,53	0,25	0,81	-0,03	0,50	0,41
NZL	2,39	0,47	0,77	0,76	0,15	0,68	-0,02	-0,05	0,39
PER	3,15	2,75	1,00	0,21	-0,20	0,49	0,10	-0,17	-0,81
PRT	4,71	3,09	0,39	1,20	-0,02	0,50	0,05	0,67	0,03
SWE	2,57	0,96	0,36	1,44	0,28	0,57	0,01	0,57	-0,20
THA	8,01	6,51	0,62	-0,73	-0,29	1,00	0,37	-1,79	1,60
TTO	3,62	2,65	0,83	-0,23	-0,41	0,15	-0,16	0,18	0,36
TUR	5,38	5,93	0,79	-1,33	-0,26	0,08	0,33	-1,48	-0,01
USA	3,97	1,70	0,84	1,49	0,52	0,09	0,28	0,59	-0,07
VEN	1,82	2,24	1,41	0,06	-0,10	0,05	0,08	0,04	-1,90

Fonte: PWT 6.1 e dados próprios.

Nota-se que, além das tradicionais colunas com as contribuições das taxas de variação do capital, do trabalho e da produtividade, também são expostas as contribuições individuais de cada um dos componentes da produtividade. Há ainda uma coluna que traz a contribuição em pontos percentuais dos choques aleatórios (média no período) que podem ser avaliados dada a estrutura do modelo estimado de fronteira de produção estocástica<sup>8</sup>.

É interessante notar que esse exercício simples revela padrões de desenvolvimento distintos para países em desenvolvimento e países desenvolvidos. Percebe-se a presença, entre os países que tiveram maior crescimento econômico, de várias nações em desenvolvimento e também da Coreia e do Japão. Esse grupo de países tem em comum uma acumulação de fatores relativamente forte e resultados mais modestos ou mesmo negativos em termos da contribuição da produtividade. Com efeito, à exceção do Japão, os países que apresentaram maiores contribuições da produtividade não figuram entre os que mais cresceram no período e parecem ser exatamente as nações mais desenvolvidas.

Um ponto a se destacar é o de que os choques aleatórios apresentam um papel bastante importante no desempenho econômico de vários países. Isso ocorre em especial para os que mais cresceram, Coreia, Tailândia, Irlanda, Turquia e Japão e também para os que tiveram pior desempenho, nomeadamente, Suíça, Venezuela e Jamaica.

A tabela 4.7 revela a participação na taxa de crescimento de cada uma das fontes de crescimento: capital, trabalho, produtividade (e seus componentes). Pode-se, assim, identificar os países que apresentaram o capital como a fonte mais importante de crescimento, aqueles em que o trabalho teve maior importância e aqueles em que a produtividade teve maior importância. Esses números foram produzidos excluindo os choques aleatórios mostrados na tabela anterior, isto é, a taxa de crescimento a ser explicada agora é aquela prevista pelo modelo, e não a efetivamente observada.

Em primeiro lugar, percebe-se que praticamente todas as nações apresentam uma contribuição do capital superior à do trabalho.<sup>9</sup> Nota-se, mais uma vez, que os países nos quais a acumulação de capital foi responsável por uma fração muito elevada do crescimento são, em geral, nações em desenvolvimento. Essas nações costumam apresentar contribuições muito pequenas ou negativas da produtividade, em geral oriundas de regresso técnico e/ou perdas alocativas.

---

<sup>8</sup> Para tanto basta computar a diferença entre os valores observados e os previstos pelo modelo para a produção.

<sup>9</sup> A única exceção é a Nova Zelândia. A Austrália apresenta uma contribuição do trabalho próxima, porém, inferior à do capital. Esse resultado pode revelar efeitos de migração para esses dois países.



Nos países mais desenvolvidos a produtividade tem um peso elevado no crescimento econômico. Com efeito, Áustria, Suíça, Dinamarca, Reino Unido, Holanda e Suécia têm na PTF a sua principal fonte de crescimento econômico, superior à contribuição do capital, ainda que esta última também tenha sido expressiva. Para esses países, todos os componentes da PTF são altos, com exceção da eficiência de escala.

Tabela 4.7 Contribuição para o crescimento econômico 1970-2000 – (%)

País	Acumulação de capital*	Expansão do trabalho	Produtividade				
			Variação da PTF	Progresso técnico	Eficiência técnica	Ganhos de escala	Ganhos alocativos
AUS	36,9	33,6	29,5	9,4	14,5	1,8	3,7
AUT	45,1	8,0	46,9	6,6	18,3	0,4	21,4
BEL	48,3	9,4	42,2	7,0	15,7	0,9	18,5
BOL	61,7	36,6	1,7	-20,1	20,9	0,2	0,9
BRA	74,8	18,8	6,4	0,1	9,2	6,9	-9,7
CAN	47,3	27,9	24,8	6,5	1,4	3,1	13,6
CHE	39,2	15,6	45,3	11,9	17,5	-0,3	15,8
CHL	89,5	20,0	-9,4	-7,0	3,1	2,6	-8,2
COL	81,4	22,9	-4,3	-6,5	6,8	4,4	-9,0
CRI	75,4	30,6	-6,1	-8,9	4,6	-2,2	0,5
DNK	33,8	13,1	53,1	10,5	24,9	-0,4	17,9
ESP	60,3	11,6	28,2	5,0	9,8	3,6	9,6
FIN	49,2	10,3	40,5	4,9	15,4	-0,6	20,7
FRA	44,6	11,6	43,7	10,3	13,5	3,8	15,9
GBR	38,2	10,5	51,2	12,4	13,5	3,9	21,2
GRC	103,7	7,2	-10,9	1,2	9,7	0,9	-22,6
IRL	57,8	16,3	25,9	-1,2	13,1	-1,0	15,0
ISL	39,1	29,8	31,1	-3,0	26,3	-6,9	14,7
ITA	58,3	7,9	33,8	9,5	13,3	4,0	6,9
JAM	61,7	25,8	12,4	-13,0	22,5	-2,3	5,3
JOR	81,7	29,7	-11,4	-8,6	5,4	-1,9	-6,2
JPN	54,1	8,9	36,9	8,5	14,1	5,2	8,8
KEN	67,5	31,0	1,5	-16,6	19,9	3,3	-5,0
KOR	82,2	10,4	7,4	-0,3	8,4	4,8	-5,5
MEX	80,7	22,4	-3,1	-1,2	1,1	6,1	-9,0
NLD	38,5	20,7	40,8	9,6	18,7	1,5	10,8
NOR	47,4	10,9	41,7	6,7	21,9	-0,8	13,7
NZL	23,6	38,6	37,8	7,4	33,9	-0,9	-2,6
PER	69,3	25,4	5,3	-5,1	12,3	2,6	-4,4
PRT	66,0	8,3	25,7	-0,5	10,6	1,2	14,3
SWE	34,7	13,1	52,2	10,1	20,8	0,3	20,7
THA	101,6	9,7	-11,4	-4,5	15,7	5,7	-27,9
TTO	81,5	25,5	-7,1	-12,5	4,6	-4,9	5,7
TUR	110,1	14,7	-24,8	-4,9	1,5	6,1	-27,4
USA	42,2	20,9	36,9	12,9	2,2	7,0	14,6
VEN	60,3	38,0	1,7	-2,7	1,4	2,0	1,1
Média	60,8	19,3	19,9	0,9	13,0	1,7	4,3

Fonte: PWT 6.1 e dados próprios.\* As contribuições do capital superiores a 100% são reflexo de uma taxa negativa de variação da produtividade não compensada pela taxa de variação do trabalho. Isso ocorre com a Grécia, a Tailândia e a Turquia.

Bélgica, França, Finlândia e Noruega também apresentam uma participação muito elevada da produtividade no crescimento do produto, quase tão importante quanto a influência das variações no capital. Todos esses países têm a eficiência técnica ou a alocativa como principal motor da produtividade, ainda que o progresso técnico seja de razoável magnitude. Um fato intuitivo é a constatação de que os EUA são o país em que o progresso técnico teve maior importância, seguido do Reino Unido, Suíça, e várias outras nações desenvolvidas. É interessante ressaltar que o progresso técnico nunca é o principal responsável por uma variação elevada da PTF. Isto é, mesmo que ele seja grande, sempre é menor que a eficiência técnica ou que a eficiência alocativa.

A Nova Zelândia apresenta a maior contribuição no que diz respeito à eficiência técnica, bem à frente dos demais países. Entre as nações que vêm a seguir, há tanto países em desenvolvimento quanto países desenvolvidos. A bem da verdade, caso fosse feito um ranking de países pela contribuição da eficiência técnica, dentre os dez primeiros colocados apenas três seriam nações em desenvolvimento (Jamaica, Bolívia e Quênia). Isso indica que o efeito de aproximação da fronteira não é exclusividade de nações pobres, pelo contrário, é uma característica marcante de várias nações desenvolvidas que parece estar relacionada à difusão de inovações.

O Japão e Itália representam casos interessantes, nos quais a acumulação de capital teve elevada importância, mas os ganhos de produtividade foram significativos e bem distribuídos entre todos os componentes, com leve prevalência dos ganhos de eficiência técnica (*catch-up*).

Cabe agora averiguar de maneira mais apurada as diferenças de padrão de crescimento econômico dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. A tabela 4.8 traz dados sobre o crescimento do PIB e as fontes desse crescimento para esses dois grupos de países<sup>10</sup>. Os dados aparecem em médias anuais (por quinquênio e para o período todo) e também variações acumuladas no período 1970-2000 como um todo. Para o crescimento econômico e cada uma de suas fontes calculou-se a diferença entre a taxa de variação dos países desenvolvidos e a dos países em desenvolvimento. O mesmo foi feito para os componentes da produtividade.

---

<sup>10</sup> O grupo dos países desenvolvidos é composto pelos países membros da OECD, excluídos México, Grécia e Turquia, que entram no grupo dos países em desenvolvimento. Este último grupo, tem como participantes, além dos três mencionados, todos os demais países que constam da nossa amostra. Na tabela 3 do anexo estatístico são nomeados os países que constam de cada um dos grupos. Dela constam também os dados de participação dos fatores na renda empregados.

Tabela 4.8 Fontes do crescimento econômico por grupos de países e períodos – variação (%)

Variável	Países**	Médias anuais nos subperíodos*							Média anual	Acumulado
		1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000		
Crescimento do PIB	Desenvolvidos	5,33	3,92	3,44	2,30	3,62	2,04	3,57	4,04	228,22
	Em desenvolvimento	5,29	5,14	5,64	1,93	3,38	4,12	2,90	4,74	301,10
	Diferença	0,03	-1,16	-2,08	0,37	0,23	-2,00	0,65	-0,67	-18,17
Acumulação de capital	Desenvolvidos	5,58	5,84	4,34	3,14	2,99	2,44	2,53	4,48	272,60
	Em desenvolvimento	6,54	6,72	6,59	5,04	3,85	4,13	3,59	6,09	489,67
	Diferença	-0,90	-0,83	-2,11	-1,81	-0,82	-1,63	-1,02	-1,52	-36,81
Expansão do trabalho	Desenvolvidos	0,97	1,19	0,89	0,77	0,59	0,85	0,65	0,98	34,14
	Em desenvolvimento	2,95	2,82	2,81	2,68	2,41	2,15	1,91	2,96	139,92
	Diferença	-1,93	-1,59	-1,87	-1,86	-1,78	-1,27	-1,24	-1,92	-44,09
Variação do PIB por trabalhador	Desenvolvidos	4,32	2,70	2,53	1,52	3,01	1,17	2,91	3,03	144,68
	Em desenvolvimento	2,27	2,25	2,76	-0,73	0,95	1,92	0,98	1,73	67,18
	Diferença	2,00	0,43	-0,22	2,27	2,04	-0,74	1,91	1,28	46,36
Variação do capital por trabalhador	Desenvolvidos	4,57	4,59	3,42	2,35	2,39	1,57	1,87	3,46	177,76
	Em desenvolvimento	3,49	3,79	3,68	2,30	1,40	1,94	1,65	3,04	145,78
	Diferença	1,05	0,77	-0,25	0,05	0,98	-0,36	0,22	0,41	13,02
Variação da PTF	Desenvolvidos	1,32	1,56	1,34	1,04	0,97	0,68	0,59	1,25	45,14
	Em desenvolvimento	0,07	-0,10	-0,23	-0,11	-0,16	-0,35	-0,37	-0,21	-6,11
	Diferença	1,25	1,66	1,58	1,15	1,14	1,03	0,97	1,46	54,58
Progresso técnico	Desenvolvidos	0,54	0,44	0,33	0,21	0,09	-0,04	-0,17	0,23	7,22
	Em desenvolvimento	0,04	-0,06	-0,16	-0,28	-0,41	-0,53	-0,66	-0,34	-9,76
	Diferença	0,50	0,50	0,49	0,49	0,50	0,49	0,49	0,58	18,82
Variação na eficiência técnica	Desenvolvidos	0,56	0,53	0,49	0,46	0,43	0,40	0,38	0,54	17,63
	Em desenvolvimento	0,43	0,40	0,37	0,35	0,33	0,31	0,29	0,41	13,13
	Diferença	0,13	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,13	3,98
Variação na eficiência de escala	Desenvolvidos	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	2,25
	Em desenvolvimento	0,01	0,07	0,10	0,10	0,13	0,14	0,14	0,12	3,53
	Diferença	0,04	0,00	-0,04	-0,04	-0,07	-0,07	-0,07	-0,04	-1,24
Variação na eficiência alocativa	Desenvolvidos	0,17	0,52	0,45	0,30	0,38	0,24	0,31	0,39	12,50
	Em desenvolvimento	-0,40	-0,50	-0,54	-0,28	-0,21	-0,26	-0,14	-0,39	-10,99
	Diferença	0,57	1,02	1,00	0,59	0,59	0,49	0,45	0,78	26,40

\* Os anos indicam o instante final de cada quinquênio, isto é 1970 refere-se ao quinquênio 1966-1970, 1975 refere-se ao refere-se ao quinquênio 1971-1975 e assim por diante. \*\* Os valores da tabela foram calculados tomando-se médias aritméticas simples das taxas de variação nos subperíodos, para os países componentes de cada grupo. O efeito acumulado é calculado "compondo" taxas e as diferenças "descontando" taxas (não linearmente).

Verifica-se que os países em desenvolvimento cresceram mais que os desenvolvidos (18,2%). Tanto a acumulação de capital quanto a expansão do trabalho foram maiores nos países em desenvolvimento. Contudo, a expansão do PIB por trabalhador foi mais elevada nos países desenvolvidos. Isso se deveu fundamentalmente a dois motivos: (i) a diferença entre as taxas de crescimento do capital e do trabalho foi maior para os países desenvolvidos, resultando em uma expansão maior do capital por trabalhador; (ii) a variação da PTF nos desenvolvidos foi bem

maior que nos países em desenvolvimento (a bem da verdade, nestes últimos ela contribuiu negativamente para a taxa de crescimento do PIB). Nota-se que as diferenças entre os dois grupos no crescimento do capital por trabalhador são bem inferiores às diferenças de crescimento da PTF. Isso sugere um papel de grande relevância para a produtividade no desenvolvimento das nações.

Quando se olha para a importância relativa dos componentes da produtividade, Nota-se que os países desenvolvidos têm vantagens, ainda que pequenas no que diz respeito à eficiência técnica. Por outro lado, nota-se também que essa diferença é, em parte, compensada pelas vantagens de escala dos países em desenvolvimento. Pela magnitude das diferenças entre grupos de países no que respeita ao ritmo de progresso técnico e à evolução da eficiência alocativa, pode-se dizer explicam a maior parte das diferenças de produtividade existentes entre esses grupos.

Enquanto as nações desenvolvidas apresentaram um progresso técnico da ordem de 7,2% nos trinta anos em questão, os países em desenvolvimento tiveram de fato regresso técnico de 9,8%, o que leva a uma diferença total de 18,8%. Nota-se, também, que os países mais ricos acumularam ganhos de eficiência alocativa respeitáveis, de 12,5%, enquanto que o impacto nas nações mais pobres foi negativo e da ordem de 11%. Trata-se de uma diferença acumulada de 26,4% neste componente, o que lhe garante um lugar de destaque na explicação das diferenças de produtividade entre os países e, por consequência, nas diferenças de taxas de crescimento do produto.

A tabela 4.9 é similar à tabela 4.8, porém, procura mostrar a contribuição de cada “fonte” de crescimento na explicação das variações do produto por trabalhador, que é tido como a variável mais relevante sob o ponto de vista do bem-estar das nações. Além disso, deixa explícita também a contribuição dos choques aleatórios. Antes de analisar os resultados, cabe explicar melhor como a tabela foi construída.

A taxa de crescimento do PIB por trabalhador pode ser escrita como:

$$g_{Y/L} = g_Y - g_L = s_K g_K + s_L g_L - g_L + g_{PTF} \quad (5)$$

Como  $s_K = 1 - s_L$ , pode-se reescrever a equação acima como:

$$g_{Y/L} = s_K (g_K - g_L) + g_{PTF} .$$

As participações ou contribuições no crescimento podem então ser obtidas por:

$$1 = s_K \frac{(g_K - g_L)}{g_{Y/L}} + \frac{g_{PTF}}{g_{Y/L}} . \quad (6)$$

Ou seja, pode-se dividir o crescimento do produto por trabalhador em contribuições do acúmulo de capital por trabalhador (primeiro termo do lado direito) e da PTF (segundo termo).

Em primeiro lugar deve-se ressaltar que as taxas de crescimento do produto por trabalhador dos países em desenvolvimento são em geral mais baixas que as dos países desenvolvidos, o que leva a uma divergência ao longo do tempo entre os níveis de padrão de vida desses grupos de nações. Em segundo lugar, nota-se que a contribuição do capital por trabalhador (devidamente ajustada pela participação desse fator na renda) serve ao propósito de reduzir as diferenças na taxa de crescimento do produto por trabalhador entre os dois grupos. Contudo, a produtividade tem um efeito contrário e de maior magnitude. Com efeito, pode-se dizer que as variações na PTF são as principais responsáveis pela divergência entre os níveis de produto por trabalhador das nações ricas e das pobres.

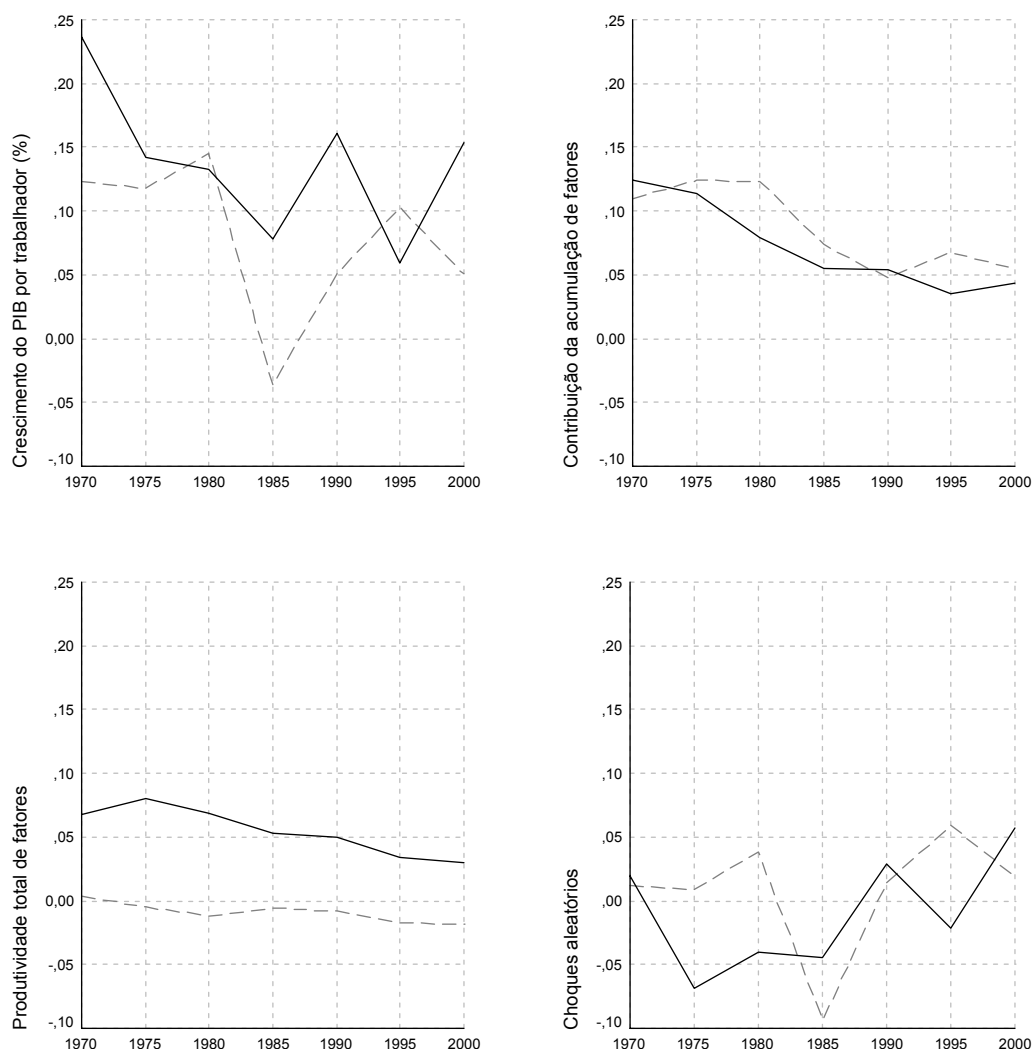
Tabela 4.9 Fontes do crescimento econômico por grupos de países e períodos – variação (%)

Variável	Países**	Médias anuais nos subperíodos*							Média anual
		1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	
Variação do PIB por trabalhador	Desenvolvidos	4,32	2,70	2,53	1,52	3,01	1,17	2,91	3,03
	Em desenvolvimento	2,27	2,25	2,76	-0,73	0,95	1,92	0,98	1,73
	Diferença	2,00	0,43	-0,22	2,27	2,04	-0,74	1,91	1,28
Contribuição do capital	Desenvolvidos	2,06	1,87	1,40	1,01	1,02	0,69	0,81	1,48
	Em desenvolvimento	2,08	2,32	2,28	1,42	0,87	1,21	1,02	1,87
	Diferença	-0,02	-0,45	-0,88	-0,41	0,15	-0,53	-0,20	-0,39
Contribuição da PTF	Desenvolvidos	1,32	1,56	1,34	1,04	0,97	0,68	0,59	1,25
	Em desenvolvimento	0,07	-0,10	-0,23	-0,11	-0,16	-0,35	-0,37	-0,21
	Diferença	1,25	1,66	1,58	1,15	1,14	1,03	0,97	1,46
Choques aleatórios	Desenvolvidos	0,94	-0,73	-0,21	-0,53	1,03	-0,19	1,51	0,30
	Em desenvolvimento	0,11	0,03	0,71	-2,04	0,24	1,06	0,34	0,06
	Diferença	0,82	-0,76	-0,91	1,54	0,78	-1,24	1,17	0,23
Participação do capital na renda ( $s_K$ )	Desenvolvidos	45,1	40,7	40,8	43,0	42,5	43,6	43,3	42,7
	Em desenvolvimento	59,8	61,2	61,8	61,8	62,3	62,4	61,6	61,6
	Diferença	-14,7	-20,4	-21,0	-18,8	-19,8	-18,8	-18,3	-18,8

\* Os anos indicam o instante final de cada quinquênio, isto é 1970 refere-se ao quinquênio 1966-1970, 1975 refere-se ao refere-se ao quinquênio 1971-1975 e assim por diante. \*\* Os valores da tabela foram calculados tomando-se médias aritméticas simples das taxas de variação nos subperíodos, para os países componentes de cada grupo. As diferenças são calculadas "descontando" taxas (não linearmente), com exceção do caso de  $s_K$ , no qual ela é computada por subtração simples.

O conjunto de gráficos 4.3, mostra a dinâmica por trás dos números da tabela 4.9 e permite que se trace um paralelo entre os desempenhos distintos dos grupos de países e a trajetória histórica vivida por eles.

Gráfico - 4.3 Evolução das fontes do crescimento por grupo de países



Em primeiro lugar nota-se que o choque do petróleo (seu efeito é visível no gráfico abaixo à direita, para os choques aleatórios) teve impactos distintos para os dois grupos de países: os países mais desenvolvidos escolheram uma trajetória de ajuste macroeconômico, desacelerando suas economias e como consequência apresentaram um crescimento do PIB por trabalhador mais lento. Por outro lado, os países em desenvolvimento, na sua maioria, escolheram um ajuste sem desaceleração de suas economias: continuaram acumulando capital no mesmo ritmo e tiveram um aumento na taxa de crescimento do PIB por trabalhador. As variações na produtividade passam a

contribuir negativamente para os países em desenvolvimento, enquanto apresentam um impacto positivo e crescente para os desenvolvidos (mas que não se sustenta na segunda metade da década de 70).

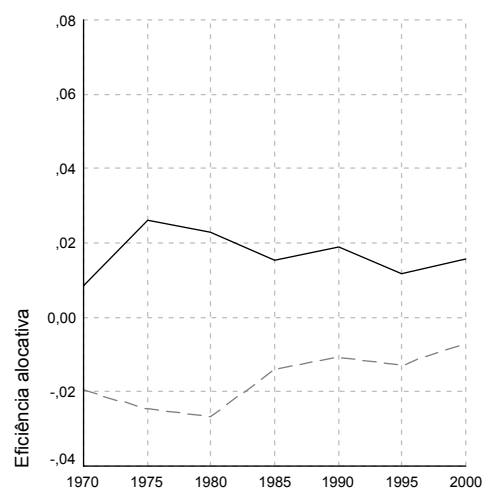
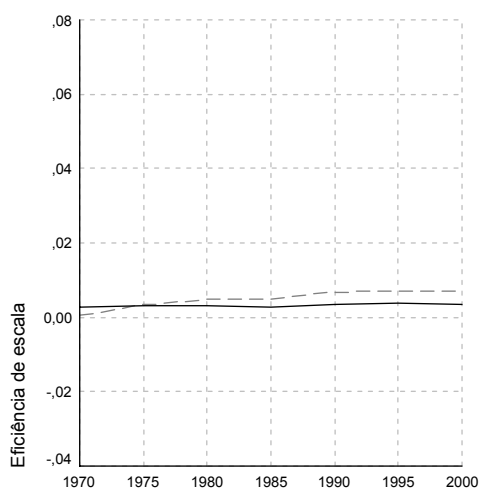
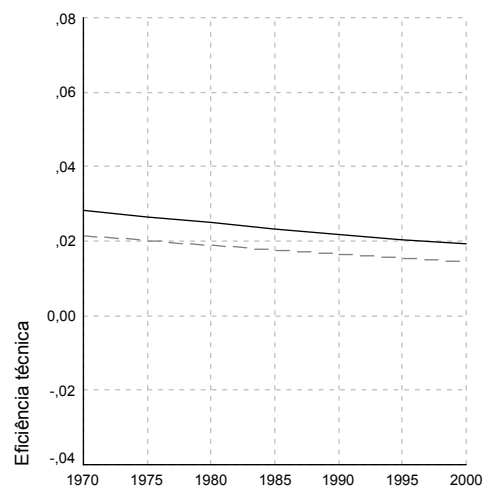
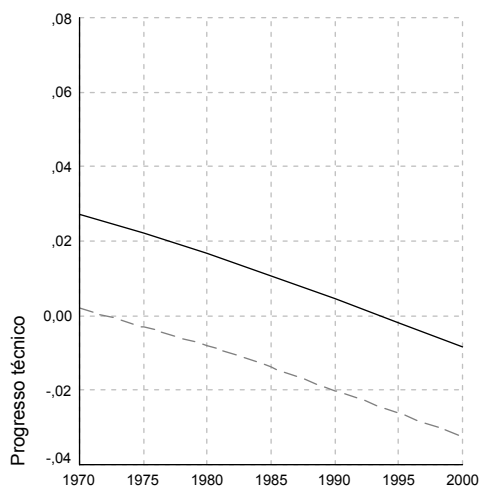
Durante a crise da dívida dos anos 80, os países em desenvolvimento experimentam uma forte reversão no fluxo de capitais para suas economias e a contribuição do capital para o crescimento cai bastante. Nos países desenvolvidos, o aumento dos juros também tem efeitos negativos sobre o desempenho econômico. Como consequência, há uma desaceleração do crescimento do PIB por trabalhador nesse período para os dois grupos de países, porém, mais acentuado para as nações em desenvolvimento – nas quais chega a ficar negativo, com queda do PIB por trabalhador.

O conjunto de gráficos 4.4 finaliza a presente análise ilustrando a evolução da contribuição de cada componente da PTF por grupo de países. Toma-se o cuidado de manter comparável a escala entre os diversos diagramas.

Nota-se claramente que o progresso técnico e a eficiência técnica, em seu conjunto, são importantes para explicar a diferença entre as evoluções de produtividade dos países desenvolvidos e dos países em desenvolvimento. O progresso técnico apresenta uma diminuição no seu ritmo de variação tanto para os países desenvolvidos quanto para aqueles em desenvolvimento, porém, para o segundo grupo a sua contribuição é negativa em quase todo o período. A diferença entre os dois grupos de países no que concerne a este componente é persistente. As taxas decrescentes de variação da eficiência técnica para os dois grupos também ficam evidentes no gráfico, como mostra a inclinação das curvas – a eficiência aumenta, i.é., as variações são positivas, porém, a taxas decrescentes. As diferenças na eficiência de escala são pequenas e estáveis.

Para a eficiência alocativa, as diferenças são bem maiores. Não há uma tendência clara para cada grupo no período como um todo. Mas, a partir de 1985, os movimentos para países desenvolvidos e em desenvolvimento parecem estar sincronizados. Vale ressaltar, por fim, que a diferença, entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, das evoluções da eficiência alocativa corresponde a pouco mais de 60% tanto da diferença do crescimento da renda por trabalhador como da diferença de evolução da PTF desses grupos de países. Assim, a eficiência alocativa é, dentre os componentes da PTF, o principal fator que contribui para as diferenças de renda e de PTF entre grupos de países, seguido pelo padrão de progresso técnico (responsável por aproximadamente 40% das diferenças).

Gráfico 4.4 Evolução das variações  
nos componentes da PTF por grupo de países





# Conclusão

Esta tese buscou classificar os tipos de medida de produtividade, avaliou a literatura sobre a evolução da produtividade agregada de nações, propôs uma estimação da fronteira mundial de produção e mediu, com base em técnicas recentes, a evolução da produtividade, decomposta em fatores com interpretação econômica clara e implicações de política. Resta discutir em que medida esse esforço pode contribuir, em alguma medida, para a discussão atual sobre os determinantes do crescimento econômico.

Para se ter uma idéia do estado das artes no estudo dos diferenciais de produtividade entre nações, vale iniciar essa discussão com duas passagens de artigos contemporâneos de Robert Solow, que são uma prova de que muito ainda resta para ser esclarecido sobre os determinantes do crescimento econômico e sua importância relativa.

“...Bits of experience and conversation have suggested to me that it may be a mistake to think of R&D as the only ultimate source of growth in total factor productivity. I don't doubt that it is the largest ultimate source.”

Solow (2001a)

“...the nontechnological sources of differences in TFP may be more important than the technological ones. Indeed they may control the technological ones, especially in developing countries.”

Solow (2001b)

De pronto, os resultados apresentados no capítulo anterior fornecem informação para esclarecer essa aparente contradição enunciada pelo mais eminente dos economistas dedicados ao estudo do crescimento econômico. Ainda que restritos a uma amostra relativamente pequena de países, os resultados apresentados na tabela 4.8 revelam que, de fato, quando se tem em mente os países desenvolvidos, o progresso técnico e o aumento da eficiência técnica são os responsáveis pela maior parte da variação acumulada da PTF em 30 anos: de 45,1 pontos percentuais de aumento na PTF, 26,1 pontos percentuais devem-se ao efeito conjunto desses dois fatores, ou seja, cerca de 58% do total da variação.

Mas, para os países em desenvolvimento, em que se observa uma variação acumulada negativa da PTF em igual período, de -6,1 pontos percentuais, o componente que mais contribui para esse resultado é a evolução da eficiência alocativa, que reduziu a produtividade em quase 11 pontos percentuais. Em conjunto, progresso técnico e variação da eficiência alocativa contribuíram com um pequeno crescimento acumulado de 2,1 pontos percentuais. Esse desempenho tecnológico é ruim, em boa medida, porque são relativamente pequenos os investimentos em Pesquisa & Desenvolvimento nas nações mais pobres.

As estatísticas das tabelas 4.8 e 4.9 também revelam que, de fato, a segunda proposição de Solow parece corroborada pelas evidências empíricas aqui descritas. Como argumentado no final do capítulo 4, a eficiência alocativa é, dentre os componentes da PTF, o fator que mais contribui para as diferenças entre grupos de países de evolução da renda por trabalhador e da PTF, cerca de 60% dessas diferenças, seguido pelo padrão de progresso técnico (responsável pelos outros 40% das diferenças). Esses fatos indicam que as políticas econômicas, que afetam diretamente a alocação de fatores, são extremamente relevantes para explicar as diferenças de performance de crescimento entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento.

No que diz respeito às variações de produtividade associadas à difusão tecnológica e redução de desperdícios, os resultados da tese permitiram identificar a importância do aumento de eficiência técnica estimada pelo modelo de fronteira estocástica, que contribui tanto para o crescimento dos países desenvolvidos quanto para o das nações em desenvolvimento. Em parte, essa parece ser a mesma percepção de Robert Solow, que aparece na sequência da primeira citação desse autor:

“Bits of experience and conversation have suggested to me that it may be a mistake to think of R&D as the only ultimate source of growth in total factor productivity. I don’t doubt that it is the largest ultimate source. But there seems to be a lot of productivity improvement that originates in people and processes that are not usually connected with R&D. Some of it comes from the shop floor, from the ideas of experienced and observant production workers. This should probably be connected with Arrow’s “learning by doing” or with the Japanese slogan about “continuous improvement.” There is another part that seems to originate in management practices – in design, in the choice of product mixes, even in marketing. Notice that this is not just straightforward enhancement of productive efficiency. All this talk about value creation may be more than a buzzword; it may even be important. We need to understand much more about how these kinds of values get reflected in measured real output, and whether they can be usefully analyzed by our methods.” Solow (2001a, p.177).

Os exemplos listados por Solow são típicos do que é chamado na literatura de fronteiras de produção de aumento de eficiência, tanto técnica como alocativa. Como não trabalha com a possibilidade explícita de que haja ineficiência, Solow parece encarar tais fenômenos como alguma forma de inovação, porém, não relacionada a P&D (design, marketing, etc). Fica claro, contudo, a sua percepção de que o progresso técnico, alavancado por gastos de P&D, não é o único motor da produtividade.

Recentemente, Easterly & Levine (2001) acentuaram a controvérsia, já existente entre os estudiosos das chamadas “fontes do crescimento econômico”, sobre a importância relativa da acumulação de fatores e da produtividade. O objetivo último desses autores é o de demonstrar a proposição de que, ao contrário do que apregoa o chamado “*Neoclassical Revival*”, o foco da investigação sobre crescimento econômico deve ser a produtividade e seus determinantes<sup>1</sup>. Os autores listam cinco fatos estilizados sobre o crescimento econômico para sustentar sua idéia. Parte desses achados encontra respaldo nos resultados desta tese, mas outra parte, não.

O primeiro fato estilizado apresentado por esses autores estabelece que a PTF é a principal responsável pela explicação das diferenças de renda per capita e de taxas de crescimento da renda per capita entre países. Embora a acumulação de fatores possa ser importante para despertar o crescimento e seja responsável por uma parcela considerável dele em vários países, ela não é capaz de explicar as diferenças de nível de renda ou tampouco de taxas de variação da renda entre nações.

Em primeiro lugar, deve-se ressaltar que a elevada importância do acúmulo de capital nas taxas de crescimento dos países aparece também nos resultados para a amostra reduzida de 36 países empregada nesta tese. Com efeito, tem-se que 80% do crescimento seria devido à acumulação de capital e trabalho e apenas os 20% restantes seriam oriundos de ganhos de produtividade (ver tabela 4.7). Os resultados variam quando se calcula separadamente a média para o grupo de 24 países desenvolvidos (a acumulação de fatores responde por cerca de 63% do crescimento) e para os 12 países em desenvolvimento (a contribuição da produtividade é negativa e, portanto, a acumulação de fatores responde pela totalidade do crescimento econômico).

---

<sup>1</sup> Klenow & Rodriguez-Clare (1997) usam essa terminologia que, segundo eles, foi cunhada por Alwyn Young para qualificar um corpo de trabalhos que procura contrapor-se à Nova Teoria do Crescimento e que está associada à hipótese de que as diferenças nos níveis e nas taxas de variação da renda per capita entre nações seriam motivadas por diferenças na acumulação de capital físico e humano. Alguns exemplos desses trabalhos são: Mankiw, Romer & Weil (1992), Young (1994, 1995) e Barro & Sala-i-Martin (1995).

Quando se toma por referência o produto por trabalhador, a importância da acumulação de capital continua elevada. Com alguns cálculos adicionais a partir dos números da tabela 4.9 chega-se a conclusão de que, em média, 62,1 % do crescimento do PIB por trabalhador se deve ao acúmulo de capital. Klenow & Rodriguez-Clare (1997) chegam a um resultado algo semelhante para uma amostra de 98 países: em média 70% do crescimento econômico seria resultante do acúmulo de capital físico e capital humano. A comparação, obviamente é limitada, tanto por não se considerar o capital humano nesta tese, como também pelo fato das amostras serem distintas. Contudo, a amostra reduzida usada nesta tese contém 24 dos 30 membros da OECD, enquanto a de KR contém todos eles. Dessa forma, conclui-se que quase todas as nações que diferenciam as duas amostras são representantes dos países em desenvolvimento, que em geral, apresentam participações do capital na renda mais elevadas. Assim sendo, a inclusão delas tenderia a elevar a participação dos fatores no crescimento do PIB por trabalhador (acima dos 62,1%), tornando os resultados para as duas amostras mais próximos.

No que diz respeito à renda per capita, a divergência entre países ricos e pobres é o segundo fato estilizado apontado por Easterly & Levine (2001). Segundo eles, esse fenômeno é pouco consistente com um aparato analítico que enfatiza a acumulação de fatores com rendimentos decrescentes e ausência de economias de escala. O mais apropriado seria, assim, enfatizar o crescimento da produtividade com base em rendimentos crescentes da tecnologia. Klenow (2001) argumenta, contudo, que diferenças institucionais ou de política (estrutura tributária, protecionismo, desrespeito ao direito de propriedade) podem reduzir a acumulação de capital físico e humano. Em consonância com a proposição de Easterly & Levine (2001), os resultados desta tese rejeitam uma interpretação com base na acumulação de fatores para a divergência.

A divergência entre países desenvolvidos e em desenvolvimento foi um dos resultados encontrados a partir do modelo empírico utilizado neste trabalho (ver tabela 4.9). Adicionalmente, ficou claro que as diferenças nas taxas de variação da produtividade respondem pela totalidade das diferenças de taxas de crescimento do PIB por trabalhador, uma vez que a acumulação de fatores agiu no sentido de reduzir tais diferenças. Note que esse resultado foi obtido dentro dos moldes tradicionais de uma função de produção agregada e com rendimentos decrescentes dos fatores. Não foi preciso incorporar à análise um novo setor produtor de conhecimento apresentando rendimentos crescentes.

O terceiro fato estilizado da lista de Easterly & Levine (2001) aponta que a acumulação de fatores é persistente, enquanto o crescimento econômico não. Como as variações nas taxas de crescimento dependem tanto das variações na acumulação de fatores como das variações de produtividade, tem-se que a validade desse fato estilizado implica que a PTF não pode ser persistente. Como consequência, as medidas de produtividade teriam necessariamente um comportamento volátil. Isso poderia ser evitado caso os dados de produção a serem explicados refletissem o produto potencial e não o efetivo.

Robert Solow (Solow, 2001a) afirma que a teoria do crescimento deve ser encarada como uma teoria da evolução do produto potencial. A justificativa passa pelo fato das trajetórias de crescimento das nações não se parecerem em nada com o conceito de estado estacionário. Em economias nas quais a produção agrícola tem um peso respeitável, oscilações climáticas bruscas ou o aparecimento de pragas podem viesar a medida tradicional de PTF. Dessa forma, ou se trabalha com o produto potencial como variável dependente ou se acrescenta variáveis explicativas que controlem os efeitos climáticos, de pragas, etc. Oscilações da demanda são outra fonte de desvios do produto com relação à sua trajetória de crescimento balanceado.

Quando se volta ao Gráfico 4.3 e se examina a evolução da medida de variação da produtividade produzida neste trabalho, percebe-se que ela revela um comportamento absolutamente “sereno”. Aqui provavelmente está a maior contribuição da abordagem de fronteiras estocásticas de produção associada à decomposição de Bauer-Kumbhakar: ela permite separar os efeitos dos choques aleatórios dos demais componentes da PTF. Os componentes da PTF têm todos uma tendência clara, sem grandes oscilações, à exceção, talvez, da eficiência alocativa, a qual responde a políticas.

A especificação do modelo de fronteira estocástica com dois componentes de erro, cada qual com um tipo de distribuição de probabilidade suposto *a priori*, permite que se estime o componente de ineficiência técnica e também que se avalie a magnitude do componente aleatório, por resíduo. A bem da verdade, é possível inclusive avaliar se as suposições de uma distribuição normal truncada para o componente de eficiência técnica e de uma distribuição normal com média zero para o componente aleatório descrevem bem o comportamento dos dados observados. A análise dos resíduos revela que o pressuposto de distribuição normal com média zero parece ter sido adequado.

O quarto fato estilizado ressalta que os fatores de produção fluem na mesma direção e, por conseguinte, a atividade econômica é bastante concentrada. Isso vale não apenas entre países, mas também dentro deles (regiões, estados e cidades). Caso não houvesse diferenças de produtividade, a tendência seria exatamente a inversa, isto é, de uma disseminação equânime dos fatores pelos diversos países, em razão da presença de rendimentos decrescentes. Diferenças de políticas poderiam explicar a acumulação de fatores (regulação, estrutura tributária, sistemas legais, educação pública, etc). Contudo, essas políticas costumam ter caráter nacional e não serviriam para explicar a concentração dentro das nações. Easterly & Levine (2001) não oferecem uma explicação única para esse fenômeno e argumentam que tal fato estilizado é consistente com explicações em termos de armadilhas de pobreza, externalidades intragrupos ou geográficas, assim como também é mais consistente com explicações calcadas nas diferenças de produtividade motivadas por diferenças tecnológicas.

Os resultados desta tese mostraram que os países em desenvolvimento acumulam fatores de produção num ritmo mais acelerado que o das economias desenvolvidas e, por isso, crescem mais que elas. O modelo utilizado nesta tese apresenta uma medida de ganhos de escala com uma distribuição entre países que é intuitiva, mas que não é totalmente consistente com a idéia de concentração da atividade econômica, visto que há várias economias em desenvolvimento que apresentam retornos crescentes com a escala (Índia, Indonésia, Brasil e México, por exemplo). Contudo, a magnitude dos efeitos de escala parece longe de dar conta do escopo do problema antecipado por Easterly & Levine (2001).

O quinto e último fato estilizado estipula que as políticas levadas adiante pelas nações têm um impacto relevante sobre as taxas de crescimento de longo prazo dessas nações. Os autores procuram mostrar que variáveis relacionadas às decisões de política no âmbito nacional, tais como o nível de escolaridade, o grau de abertura comercial e financeira e o tamanho do governo, entre outras, estão relacionadas com as taxas de crescimento dos países e com a evolução da PTF. As mudanças nas políticas de governo têm fundamentalmente um impacto sobre a eficiência alocativa das economias. Como se viu, os resultados apresentados neste trabalho mostram uma importância muito grande das variações da eficiência alocativa na produtividade e por consequência nas variações das taxas de crescimento dos países. Um exemplo da relação entre políticas (liberalização financeira) e eficiência alocativa foi apresentado no Gráfico 4.2.

## Anexo Estatístico

### Produto Interno Bruto: In de US\$ de 1996, ajustados à paridade do poder de compra

	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
ARG	25,430	25,589	25,747	25,935	26,126	26,278	26,422	26,292	26,182	26,601	26,734
AUS	25,072	25,266	25,448	25,693	25,970	26,104	26,251	26,395	26,560	26,722	26,917
AUT	24,100	24,380	24,672	24,881	25,145	25,333	25,501	25,565	25,753	25,854	25,981
BEL	24,685	24,852	24,984	25,248	25,484	25,647	25,802	25,841	26,012	26,080	26,220
BOL	22,728	22,783	22,789	23,036	23,077	23,356	23,518	23,431	23,501	23,688	23,845
BRA	25,196	25,524	25,874	26,203	26,574	27,049	27,378	27,447	27,547	27,706	27,834
CAN	25,552	25,777	25,949	26,224	26,429	26,677	26,866	27,005	27,152	27,236	27,441
CHE	24,615	24,866	25,109	25,365	25,584	25,596	25,683	25,746	25,890	25,875	25,969
CHL	,	23,896	24,101	24,283	24,542	24,487	24,823	24,819	25,112	25,516	25,740
COL	24,037	24,307	24,476	24,708	24,990	25,270	25,533	25,648	25,874	26,077	26,151
CRI	21,414	21,852	22,127	22,398	22,706	22,976	23,239	23,230	23,415	23,601	23,831
CYP	20,861	21,156	21,256	21,565	21,900	21,736	22,280	22,548	22,897	23,189	,
DNK	24,306	24,378	24,642	24,908	25,093	25,154	25,264	25,361	25,442	25,540	25,679
DOM	,	22,032	22,424	22,599	22,912	23,289	23,534	23,704	23,835	24,094	24,510
ECU	,	22,686	22,909	23,106	23,339	23,909	24,243	24,300	24,380	24,519	24,504
EGY	24,063	24,138	24,369	24,668	24,899	24,840	25,319	25,581	25,860	26,069	26,313
ESP	25,093	25,454	25,676	26,136	26,452	26,709	26,790	26,838	27,056	27,184	27,303
FIN	23,727	24,034	24,225	24,462	24,685	24,907	25,032	25,169	25,339	25,287	25,537
FRA	26,170	26,368	26,627	26,919	27,188	27,351	27,521	27,608	27,781	27,808	27,932
GAB	,	,	21,109	21,713	21,963	22,249	22,557	22,473	22,886	23,004	23,059
GBR	26,663	26,818	26,951	27,106	27,234	27,330	27,416	27,520	27,684	27,770	27,913
GER	,	,	,	,	27,596	27,686	27,851	27,923	28,071	28,172	28,261
GHA	,	22,335	22,493	22,586	23,125	23,180	23,283	23,379	23,589	23,802	23,984
GRC	,	23,970	24,270	24,682	25,030	25,268	25,462	25,461	25,524	25,594	25,762
GTM	22,577	22,685	22,952	23,180	23,476	23,753	24,044	24,044	24,173	24,351	24,520
HKG	,	,	22,971	23,650	23,968	24,293	24,872	25,138	25,501	25,786	25,924
HND	21,624	21,616	21,893	22,113	22,297	22,513	22,820	22,973	23,108	23,175	23,300
IDN	,	,	25,200	25,263	25,574	25,959	26,362	26,640	26,954	27,284	27,365
IND	26,284	26,455	26,632	26,836	27,099	27,232	27,403	27,678	27,984	28,240	28,555
IRL	23,263	23,359	23,401	23,571	23,787	24,017	24,246	24,376	24,628	24,853	25,327
IRN	,	24,280	24,775	25,162	25,724	25,840	25,783	26,065	26,076	26,412	26,668
ISL	20,604	20,937	21,093	21,451	21,525	21,857	22,146	22,250	22,403	22,424	22,665
ISR	22,357	22,796	23,184	23,655	23,992	24,361	24,514	24,651	24,874	25,218	25,384
ITA	25,966	26,279	26,569	26,818	27,133	27,266	27,480	27,556	27,722	27,782	27,860
JAM	,	21,834	22,221	22,464	22,701	22,800	22,720	22,753	23,011	22,985	22,998
JOR	,	20,665	21,380	21,856	21,935	22,174	22,902	23,189	23,118	23,480	23,669
JPN	25,944	26,366	26,775	27,234	27,805	28,015	28,232	28,393	28,641	28,703	28,773
KEN	22,229	22,315	22,615	22,834	22,968	23,473	23,748	23,853	24,172	24,253	24,346
KOR	,	24,177	24,354	24,673	25,196	25,583	25,931	26,314	26,779	27,138	27,344
LKA	22,986	23,160	23,302	23,462	23,693	23,832	23,996	24,302	24,478	24,740	24,880
LSO	,	,	20,225	20,540	20,661	20,947	21,327	21,418	21,581	21,678	21,899
MAR	23,191	23,300	23,445	23,990	24,267	24,503	24,784	24,942	25,170	25,229	25,393
MEX	25,066	25,369	25,673	26,008	26,315	26,634	26,950	27,064	27,119	27,204	27,471
MWI	,	20,976	21,113	21,370	21,444	21,862	22,120	22,265	22,387	22,605	22,813
MYS	,	23,348	23,571	23,890	24,167	24,508	24,930	25,171	25,500	25,913	26,165
NGA	23,902	24,134	24,465	24,624	24,805	24,902	25,183	25,172	25,380	25,358	25,220
NIC	21,654	22,084	22,213	22,656	22,857	23,104	22,907	23,043	22,876	22,809	22,916
NLD	24,973	25,199	25,388	25,625	25,880	26,031	26,159	26,219	26,397	26,500	26,682
NOR	23,798	23,982	24,108	24,321	24,493	24,744	24,953	25,107	25,186	25,369	25,523
NPL	,	,	22,699	22,791	22,947	23,150	23,246	23,527	23,739	23,998	24,239
NZL	23,636	23,783	24,033	24,293	24,375	24,571	24,525	24,691	24,719	24,877	25,001
PAK	23,892	24,085	24,092	24,393	24,769	25,006	25,280	25,643	25,963	26,174	26,348
PAN	21,233	21,433	21,685	22,089	22,474	22,706	23,067	23,262	23,205	23,418	23,575
PER	23,685	24,005	24,191	24,562	24,848	25,117	25,165	25,168	25,071	25,370	25,492
PHL	24,064	24,447	24,740	24,983	25,223	25,515	25,792	25,740	25,962	26,084	26,280
PRT	23,611	23,873	24,110	24,414	24,729	24,938	25,204	25,248	25,526	25,584	25,794
PRY	,	22,083	22,220	22,400	22,633	22,895	23,360	23,476	23,765	23,977	23,971
RWA	,	,	21,668	21,573	21,919	22,046	22,457	22,595	22,727	22,279	22,754
SEN	,	,	22,480	22,546	22,635	22,748	22,815	22,975	23,124	23,219	23,461
SGP	,	,	21,992	22,485	23,117	23,604	24,044	24,334	24,724	25,103	,
SLV	22,429	22,685	22,867	23,187	23,424	23,634	23,671	23,571	23,614	23,889	24,050
SWE	,	24,881	25,055	25,309	25,505	25,627	25,684	25,775	25,905	25,931	26,069
SYR	,	,	22,579	23,095	23,055	23,668	23,982	24,186	24,354	24,738	24,917
TCD	,	,	22,036	22,114	22,184	22,187	22,713	22,386	22,380	22,515	22,668
THA	23,785	23,668	24,084	24,444	24,900	25,176	25,572	25,843	26,317	26,719	26,755
TTO	21,150	21,545	22,027	22,334	22,578	22,728	23,063	23,183	23,089	23,175	23,400
TUN	,	,	,	23,032	23,301	23,735	24,050	24,724	24,419	24,623	24,895
TUR	24,359	24,778	25,035	25,276	25,582	25,881	25,969	26,228	26,500	26,655	26,847
UGA	21,708	21,926	22,026	22,266	22,509	22,659	22,459	22,938	23,140	23,462	23,763
URY	23,170	23,430	23,425	23,428	23,569	23,635	23,876	23,649	23,839	24,066	24,192
USA	28,122	28,321	28,428	28,680	28,841	28,991	29,212	29,360	29,520	29,642	29,847
VEN	24,140	24,545	24,808	25,227	25,449	25,377	25,513	25,482	25,633	25,766	25,768
ZAF	24,759	24,969	25,181	25,486	25,747	25,954	26,113	26,226	26,337	26,367	26,500
ZMB	,	21,664	22,056	22,388	22,445	22,603	22,685	22,713	22,796	22,713	22,920
ZWE	,	21,925	22,270	22,584	23,151	23,450	23,639	23,848	24,070	24,097	24,170

**Estoque de capital: In de US\$ de 1996**

	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
ARG	26,780	26,783	26,807	26,890	27,002	27,156	27,364	27,455	27,458	27,485	27,581
AUS	27,381	27,337	27,317	27,350	27,448	27,562	27,651	27,756	27,895	27,984	28,119
AUT	25,794	25,922	26,096	26,350	26,597	26,883	27,082	27,222	27,338	27,467	27,586
BEL	25,939	26,101	26,270	26,503	26,757	27,010	27,195	27,303	27,397	27,516	27,619
BOL	22,559	22,820	23,049	23,202	23,404	23,601	23,835	23,839	23,810	23,828	23,941
BRA	25,202	25,604	25,979	26,380	26,734	27,213	27,659	27,913	28,172	28,339	28,516
CAN	26,057	26,450	26,788	27,018	27,290	27,545	27,797	27,963	28,142	28,242	28,369
CHE	26,177	26,373	26,625	26,998	27,260	27,539	27,620	27,722	27,830	27,902	27,935
CHL	,	23,686	23,927	24,219	24,522	24,753	24,931	25,058	25,301	25,639	26,004
COL	23,874	24,101	24,386	24,656	24,926	25,242	25,500	25,768	26,000	26,216	26,394
CRI	21,053	21,483	21,873	22,213	22,573	23,017	23,395	23,661	23,893	24,140	24,267
CYP	21,115	21,476	21,963	22,188	22,472	22,839	23,146	23,468	23,712	23,943	,
DNK	26,412	26,405	26,432	26,564	26,720	26,888	26,999	27,042	27,138	27,181	27,270
DOM	,	21,905	22,192	22,377	22,580	23,028	23,474	23,781	24,055	24,277	24,495
ECU	,	22,054	22,418	22,699	22,998	23,430	23,986	24,285	24,489	24,662	24,792
EGY	22,988	23,228	23,459	23,839	24,123	24,378	24,962	25,394	25,743	25,896	26,104
ESP	25,301	25,842	26,357	26,830	27,291	27,674	27,936	28,081	28,228	28,372	28,505
FIN	24,801	25,129	25,435	25,739	25,987	26,306	26,497	26,675	26,855	26,915	26,964
FRA	27,213	27,490	27,775	28,089	28,410	28,712	28,912	29,059	29,189	29,298	29,373
GAB	,	,	21,789	22,245	22,553	23,026	23,680	23,808	23,924	23,956	24,069
GBR	27,791	27,861	27,960	28,105	28,275	28,441	28,566	28,638	28,776	28,857	28,957
GER	,	,	,	,	29,180	29,343	29,446	29,540	29,631	29,765	29,865
GHA	,	22,121	22,378	22,668	22,739	22,862	22,872	22,789	22,904	23,222	23,557
GRC	,	24,380	24,676	25,154	25,625	26,178	26,490	26,654	26,771	26,856	26,933
GTM	22,116	22,206	22,458	22,621	22,884	23,219	23,659	23,841	23,950	24,144	24,324
HKG	,	,	23,568	24,161	24,542	24,952	25,452	25,954	26,302	26,673	27,001
HND	21,570	21,626	21,672	21,753	21,953	22,201	22,512	22,686	22,849	23,186	23,470
IDN	,	,	24,010	24,272	24,447	25,003	25,573	26,077	26,494	26,922	27,198
IND	25,009	25,228	25,548	25,842	26,095	26,354	26,646	26,909	27,206	27,479	27,780
IRL	24,500	24,571	24,593	24,685	24,842	25,074	25,344	25,549	25,631	25,757	26,056
IRN	,	23,397	24,043	24,501	25,137	25,628	26,060	26,237	26,387	26,663	26,834
ISL	23,104	23,038	23,073	23,145	23,287	23,466	23,638	23,785	23,866	23,931	24,047
ISR	22,657	23,196	23,637	24,101	24,549	25,159	25,511	25,731	25,876	26,156	26,387
ITA	26,868	27,207	27,540	27,893	28,135	28,419	28,644	28,830	28,968	29,064	29,143
JAM	,	21,727	22,445	22,834	23,220	23,525	23,563	23,609	23,697	23,892	24,019
JOR	,	20,284	20,753	21,302	21,723	22,011	22,635	23,235	23,435	23,749	23,944
JPN	27,093	27,591	28,043	28,591	29,106	29,598	29,885	30,110	30,322	30,533	30,669
KEN	22,073	22,263	22,449	22,500	22,681	23,034	23,295	23,499	23,706	23,843	23,955
KOR	,	24,406	24,662	24,943	25,515	26,047	26,606	27,021	27,463	27,952	28,260
LKA	21,855	22,105	22,322	22,545	22,775	23,010	23,293	23,766	24,012	24,274	24,520
LSO	,	,	17,989	18,550	19,182	19,801	20,559	21,150	21,635	22,190	22,525
MAR	23,107	23,309	23,302	23,405	23,612	24,001	24,570	24,903	25,144	25,357	25,515
MEX	24,700	25,021	25,389	25,747	26,145	26,545	26,947	27,287	27,464	27,649	27,825
MWI	,	20,035	20,290	20,464	20,907	21,501	22,087	22,254	22,364	22,526	22,586
MYS	,	23,154	23,325	23,707	24,060	24,527	24,957	25,499	25,761	26,239	26,628
NGA	23,758	24,108	24,527	24,899	25,185	25,680	26,122	26,263	26,371	26,570	26,724
NIC	20,050	20,858	21,317	21,662	22,097	22,458	22,607	22,736	22,811	22,829	23,010
NLD	26,978	26,997	27,092	27,225	27,390	27,555	27,659	27,727	27,838	27,952	28,074
NOR	25,613	25,772	25,937	26,100	26,265	26,470	26,693	26,826	26,985	27,056	27,195
NPL	,	,	21,339	21,396	21,375	21,463	21,875	22,223	22,570	22,892	23,226
NZL	26,273	26,166	26,088	26,064	26,084	26,154	26,203	26,255	26,293	26,302	26,371
PAK	22,244	22,389	22,625	23,269	23,717	24,011	24,371	24,746	25,096	25,432	25,671
PAN	21,252	21,392	21,626	22,002	22,450	23,001	23,324	23,576	23,611	23,825	24,156
PER	23,558	24,085	24,468	25,009	25,345	25,493	25,674	25,909	26,006	26,038	26,178
PHL	23,182	23,584	24,008	24,444	24,836	25,210	25,709	25,999	26,069	26,227	26,378
PRT	23,929	24,267	24,555	24,944	25,300	25,723	26,028	26,304	26,493	26,656	26,833
PRY	,	22,360	22,365	22,387	22,483	22,650	23,071	23,464	23,716	23,925	24,137
RWA	,	,	20,195	20,365	20,540	20,788	21,226	21,659	21,965	22,091	22,184
SEN	,	,	21,296	21,364	21,616	22,080	22,340	22,501	22,645	22,839	23,110
SGP	,	,	21,238	22,331	23,306	24,374	24,990	25,594	25,918	26,257	26,558
SLV	21,723	21,989	22,259	22,596	22,904	23,254	23,657	23,688	23,715	23,861	24,028
SWE	,	26,371	26,549	26,775	26,993	27,170	27,293	27,370	27,486	27,539	27,580
SYR	,	,	21,843	22,787	23,273	23,759	24,515	24,993	25,188	25,508	25,801
TCD	,	,	21,095	21,338	21,501	21,581	21,837	21,819	21,803	21,829	21,994
THA	24,944	24,829	24,748	24,782	24,988	25,274	25,612	25,972	26,339	26,897	27,181
TTO	21,087	21,469	21,913	22,357	22,617	22,961	23,282	23,588	23,641	23,664	23,796
TUN	,	,	,	22,835	23,199	23,523	23,970	24,370	24,567	24,839	25,040
TUR	22,976	23,735	24,305	24,715	25,121	25,536	25,915	26,157	26,537	26,773	27,019
UGA	20,183	20,711	21,057	21,304	21,605	21,666	21,613	21,778	22,063	22,518	22,971
URY	23,704	23,973	24,080	24,190	24,229	24,316	24,471	24,532	24,518	24,557	24,657
USA	28,621	28,982	29,246	29,463	29,711	29,929	30,143	30,321	30,489	30,610	30,781
VEN	24,116	24,680	25,091	25,316	25,625	25,914	26,214	26,252	26,290	26,310	26,361
ZAF	25,225	25,331	25,434	25,573	25,855	26,154	26,355	26,592	26,651	26,677	26,768
ZMB	,	21,586	22,033	22,263	22,636	22,976	23,139	23,162	23,153	23,145	23,190
ZWE	,	21,129	21,834	21,977	22,257	22,783	22,994	23,241	23,443	23,709	23,859



**Força de trabalho: In do número de trabalhadores**

	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
ARG	16,519	16,600	16,678	16,757	16,829	16,912	16,981	17,059	17,125	17,208	17,276
AUS	15,799	15,913	15,999	16,106	16,203	16,301	16,366	16,448	16,534	16,596	16,659
AUT	15,661	15,652	15,658	15,677	15,688	15,719	15,721	15,740	15,762	15,809	15,822
BEL	15,852	15,875	15,897	15,928	15,947	15,979	15,994	16,007	16,018	16,069	16,084
BOL	14,570	14,630	14,771	14,886	15,004	15,121	15,247	15,342	15,538	15,613	15,724
BRA	17,549	17,704	17,867	18,008	18,137	18,260	18,400	18,522	18,627	18,694	18,773
CAN	16,268	16,405	16,521	16,623	16,718	16,822	16,897	16,954	16,977	17,089	17,153
CHE	15,251	15,297	15,362	15,452	15,518	15,560	15,566	15,601	15,627	15,677	15,701
CHL		15,505	15,616	15,743	15,854	15,959	16,052	16,144	16,239	16,314	16,387
COL	16,089	16,226	16,375	16,532	16,675	16,814	16,945	17,065	17,172	17,193	17,293
CRI	13,345	13,510	13,704	13,916	14,112	14,262	14,427	14,588	14,713	14,786	14,923
CYP	12,946	12,956	13,087	13,092	13,153	13,187	13,187	13,244	13,289	13,262	
DNK	15,123	15,183	15,196	15,236	15,279	15,318	15,338	15,347	15,362	15,376	15,398
DOM		14,578	14,736	14,910	15,031	15,170	15,307	15,443	15,566	15,684	15,767
ECU		14,892	15,038	15,188	15,338	15,484	15,634	15,787	15,918	16,050	16,167
EGY	16,609	16,720	16,831	16,959	17,085	17,175	17,301	17,429	17,556	17,682	17,796
ESP	17,015	17,050	17,099	17,134	17,183	17,235	17,299	17,337	17,355	17,393	17,424
FIN	15,051	15,096	15,132	15,180	15,203	15,235	15,269	15,303	15,318	15,347	15,366
FRA	17,466	17,493	17,525	17,587	17,627	17,675	17,708	17,741	17,768	17,791	17,812
GAB			12,902	12,932	12,950	13,079	13,260	13,409	13,571	13,651	13,754
GBR	17,634	17,638	17,651	17,682	17,701	17,727	17,738	17,750	17,768	17,785	17,805
GER									18,009	18,043	18,054
GHA		15,224	15,436	15,596	15,703	15,835	15,924	16,084	16,246	16,385	16,520
GRC		15,765	15,791	15,805	15,837	15,875	15,953	15,995	16,022	16,051	16,069
GTM	14,648	14,787	14,935	15,072	15,212	15,348	15,474	15,602	15,728	15,828	16,068
HKG			14,692	14,891	14,988	15,124	15,291	15,388	15,436	15,530	15,650
HND	13,859	14,016	14,198	14,357	14,493	14,648	14,810	14,982	15,144	15,291	15,431
IDN			18,161	18,244	18,353	18,475	18,582	18,698	18,802	18,903	18,995
IND	19,496	19,574	19,657	19,781	19,898	20,016	20,137	20,252	20,372	20,443	20,539
IRL	14,759	14,737	14,702	14,706	14,730	14,810	14,875	14,918	14,913	14,965	15,029
IRN		16,569	16,605	16,745	16,897	17,057	17,222	17,426	17,581	17,690	17,797
ISL	11,698	11,770	11,874	11,972	12,043	12,113	12,179	12,244	12,313	12,364	12,419
ISR	13,820	14,151	14,333	14,532	14,714	14,861	14,991	15,087	15,194	15,369	15,493
ITA	17,534	17,554	17,588	17,632	17,661	17,703	17,727	17,748	17,761	17,785	17,800
JAM		14,004	14,048	14,116	14,152	14,257	14,352	14,455	14,509	14,557	14,608
JOR		13,251	13,403	13,680	13,975	14,143	14,312	14,521	14,698	15,040	15,200
JPN	18,123	18,181	18,215	18,270	18,322	18,402	18,451	18,496	18,530	18,564	18,584
KEN	15,371	15,474	15,631	15,800	15,941	16,135	16,319	16,497	16,669	16,814	16,931
KOR		16,706	16,859	16,979	17,075	17,186	17,278	17,359	17,412	17,492	17,553
LKA	15,600	15,731	15,875	16,003	16,109	16,185	16,261	16,336	16,408	16,472	16,553
LSO			13,479	13,577	13,663	13,783	13,888	14,015	14,125	14,231	14,295
MAR	15,719	15,866	16,026	16,143	16,266	16,400	16,530	16,658	16,781	16,915	17,014
MEX	16,822	16,959	17,122	17,273	17,431	17,598	17,747	17,883	18,003	18,131	18,210
MWI		14,660	14,825	14,933	15,038	15,189	15,363	15,524	15,690	15,795	15,854
MYS		15,548	15,671	15,826	15,953	16,095	16,224	16,362	16,523	16,650	16,784
NGA	17,021	17,136	17,269	17,393	17,520	17,651	17,801	17,963	18,105	18,167	18,313
NIC	13,782	13,901	13,993	14,140	14,299	14,466	14,626	14,766	14,889	15,043	15,192
NLD	15,974	16,041	16,096	16,165	16,226	16,294	16,343	16,383	16,426	16,459	16,486
NOR	14,864	14,906	14,953	14,994	15,036	15,071	15,103	15,131	15,163	15,186	15,212
NPL			15,848	15,929	16,022	16,129	16,248	16,374	16,496	16,602	16,681
NZL	14,295	14,400	14,501	14,600	14,681	14,787	14,822	14,870	14,910	14,969	15,018
PAK	17,194	17,289	17,404	17,512	17,659	17,827	17,986	18,123	18,256	18,450	18,576
PAN	13,436	13,562	13,695	13,834	13,965	14,110	14,252	14,388	14,501	14,601	14,696
PER	15,598	15,700	15,833	15,986	16,151	16,289	16,426	16,563	16,670	16,775	16,876
PHL	16,620	16,753	16,868	17,019	17,185	17,330	17,453	17,594	17,736	17,831	17,915
PRT	15,761	15,786	15,814	15,835	15,827	15,891	15,954	15,992	15,982	16,013	16,033
PRY		14,066	14,170	14,291	14,418	14,545	14,702	14,864	15,027	15,154	15,293
RWA			14,576	14,723	14,865	15,024	15,190	15,341	15,482	15,600	15,690
SEN			14,742	14,864	14,992	15,134	15,280	15,419	15,555	15,636	15,775
SGP			14,124	14,244	14,337	14,462	14,551	14,690	14,810	14,955	
SLV	14,246	14,372	14,506	14,655	14,835	14,972	15,083	15,125	15,203	15,299	15,409
SWE		15,679	15,706	15,740	15,786	15,810	15,831	15,842	15,875	15,897	15,904
SYR			15,071	15,214	15,371	15,544	15,700	15,870	16,031	16,215	16,375
TCO			14,683	14,767	14,858	14,953	15,074	15,214	15,322	15,446	15,581
THA	16,640	16,760	16,858	16,996	17,145	17,311	17,447	17,556	17,657	17,746	17,782
TTO	13,130	13,257	13,383	13,458	13,548	13,607	13,691	13,792	13,837	13,889	13,947
TUN				15,075	15,180	15,288	15,431	15,580	15,707	15,816	15,905
TUR	16,661	16,786	16,912	17,038	17,159	17,273	17,408	17,540	17,655	17,762	17,857
UGA	15,166	15,286	15,429	15,631	15,827	15,963	16,091	16,190	16,328	16,499	16,645
URY	14,435	14,509	14,591	14,662	14,702	14,710	14,729	14,773	14,809	14,849	14,887
USA	18,689	18,784	18,855	18,931	18,995	19,063	19,124	19,174	19,224	19,274	19,322
VEN	15,178	15,355	15,567	15,750	15,911	16,101	16,292	16,436	16,577	16,699	16,815
ZAF	16,218	16,319	16,439	16,565	16,665	16,778	16,894	17,029	17,147	17,292	17,394
ZMB		14,524	14,671	14,825	14,946	15,096	15,296	15,454	15,620	15,753	15,870
ZWE		14,584	14,836	15,027	15,179	15,306	15,490	15,660	15,816	15,956	16,101

	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
ARG	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AUS	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
AUT	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHL	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CRI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CYP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DNK	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DOM	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECU	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EGY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GAB	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GBR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GER	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
GHA	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GRC	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GTM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HKG	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IDN	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IRL	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IRN	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISL	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ISR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ITA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JAM	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JOR	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JPN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KOR	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LKA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LSO	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MEX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MWI	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MYS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NGA	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
NIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NLD	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
NOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NPL	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NZL	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
PAK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PHL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRY	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RWA	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SEN	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SGP	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SLV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SWE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SYR	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
TCD	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
THA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TUN	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
TUR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
URY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ZAF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ZMB	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
ZWE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Elasticidade do produto em relação ao capital**

	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
ARG	0,493	0,501	0,510	0,521	0,532	0,544	0,559	0,570	0,578	0,587	0,598
AUS	0,531	0,537	0,545	0,553	0,563	0,574	0,585	0,596	0,608	0,619	0,632
AUT	0,492	0,506	0,521	0,538	0,555	0,573	0,589	0,603	0,616	0,629	0,642
BEL	0,490	0,504	0,519	0,535	0,552	0,569	0,584	0,597	0,610	0,622	0,635
BOL	0,436	0,452	0,464	0,476	0,488	0,501	0,514	0,522	0,526	0,535	0,545
BRA	0,418	0,435	0,451	0,469	0,485	0,505	0,524	0,538	0,552	0,566	0,579
CAN	0,481	0,498	0,514	0,528	0,543	0,558	0,573	0,587	0,602	0,612	0,624
CHE	0,515	0,529	0,545	0,563	0,579	0,596	0,609	0,621	0,634	0,645	0,656
CHL	,	0,449	0,463	0,478	0,493	0,507	0,520	0,531	0,546	0,563	0,582
COL	0,426	0,439	0,453	0,466	0,480	0,495	0,509	0,523	0,537	0,553	0,565
CRI	0,431	0,449	0,464	0,478	0,493	0,511	0,527	0,540	0,553	0,568	0,578
CYP	0,445	0,465	0,486	0,502	0,519	0,538	0,558	0,575	0,591	0,609	,
DNK	0,525	0,534	0,545	0,558	0,571	0,585	0,598	0,610	0,623	0,634	0,647
DOM	,	0,428	0,442	0,452	0,465	0,484	0,502	0,517	0,532	0,545	0,559
ECU	,	0,423	0,439	0,453	0,467	0,485	0,507	0,521	0,533	0,545	0,555
EGY	0,386	0,400	0,413	0,431	0,445	0,460	0,483	0,502	0,518	0,529	0,542
ESP	0,437	0,462	0,485	0,507	0,529	0,549	0,565	0,578	0,592	0,606	0,619
FIN	0,483	0,501	0,519	0,537	0,553	0,572	0,587	0,601	0,616	0,628	0,639
FRA	0,476	0,493	0,511	0,528	0,547	0,564	0,579	0,593	0,606	0,619	0,631
GAB	,	,	0,486	0,509	0,527	0,547	0,570	0,580	0,589	0,598	0,608
GBR	0,487	0,499	0,512	0,526	0,541	0,555	0,569	0,581	0,595	0,607	0,620
GER	,	,	,	,	,	,	,	,	0,611	0,625	0,638
GHA	,	0,415	0,426	0,440	0,449	0,459	0,467	0,471	0,480	0,495	0,511
GRC	,	0,460	0,478	0,502	0,524	0,549	0,566	0,580	0,593	0,605	0,617
GTM	0,421	0,430	0,443	0,454	0,468	0,484	0,502	0,514	0,524	0,534	0,545
HKG	,	,	0,481	0,502	0,520	0,538	0,557	0,579	0,598	0,616	0,632
HND	0,430	0,437	0,444	0,452	0,464	0,477	0,491	0,501	0,511	0,527	0,541
IDN	,	,	0,388	0,404	0,416	0,438	0,461	0,482	0,501	0,520	0,536
IND	0,354	0,368	0,385	0,400	0,414	0,429	0,444	0,458	0,473	0,489	0,505
IRL	0,483	0,497	0,509	0,522	0,536	0,551	0,567	0,582	0,595	0,607	0,624
IRN	,	0,409	0,436	0,455	0,479	0,498	0,516	0,525	0,535	0,550	0,562
ISL	0,538	0,544	0,553	0,562	0,575	0,588	0,602	0,614	0,625	0,636	0,648
ISR	0,461	0,477	0,494	0,511	0,529	0,552	0,568	0,582	0,593	0,606	0,619
ITA	0,464	0,484	0,503	0,522	0,538	0,555	0,571	0,586	0,600	0,613	0,625
JAM	,	0,441	0,470	0,489	0,509	0,525	0,534	0,543	0,554	0,569	0,581
JOR	,	0,424	0,443	0,460	0,473	0,487	0,510	0,530	0,541	0,550	0,561
JPN	0,453	0,475	0,498	0,522	0,545	0,567	0,584	0,599	0,614	0,630	0,644
KEN	0,398	0,411	0,422	0,429	0,440	0,455	0,467	0,478	0,489	0,499	0,509
KOR	,	0,433	0,446	0,460	0,484	0,506	0,529	0,549	0,570	0,591	0,609
LKA	0,385	0,399	0,411	0,424	0,438	0,452	0,469	0,490	0,505	0,521	0,536
LSO	,	,	0,364	0,387	0,413	0,437	0,465	0,488	0,509	0,532	0,550
MAR	0,416	0,428	0,433	0,443	0,456	0,473	0,496	0,512	0,525	0,537	0,549
MEX	0,426	0,442	0,458	0,474	0,490	0,507	0,524	0,540	0,552	0,564	0,577
MWI	,	0,374	0,387	0,399	0,419	0,441	0,463	0,473	0,482	0,494	0,504
MYS	,	0,433	0,445	0,461	0,478	0,497	0,515	0,537	0,550	0,570	0,587
NGA	0,395	0,411	0,429	0,447	0,461	0,482	0,500	0,509	0,519	0,533	0,543
NIC	0,391	0,420	0,440	0,456	0,474	0,489	0,499	0,509	0,518	0,525	0,536
NLD	0,515	0,524	0,535	0,548	0,561	0,574	0,586	0,597	0,610	0,623	0,636
NOR	0,511	0,525	0,538	0,552	0,566	0,581	0,597	0,611	0,625	0,637	0,650
NPL	,	,	0,385	0,395	0,402	0,412	0,430	0,446	0,463	0,479	0,497
NZL	0,546	0,551	0,556	0,563	0,572	0,581	0,592	0,603	0,613	0,622	0,633
PAK	0,348	0,359	0,373	0,398	0,417	0,430	0,446	0,463	0,479	0,493	0,507
PAN	0,434	0,445	0,458	0,475	0,494	0,515	0,530	0,544	0,552	0,565	0,582
PER	0,432	0,454	0,471	0,492	0,507	0,518	0,529	0,542	0,552	0,560	0,572
PHL	0,391	0,408	0,427	0,445	0,462	0,478	0,499	0,513	0,522	0,534	0,546
PRT	0,437	0,457	0,474	0,495	0,516	0,536	0,553	0,570	0,586	0,601	0,615
PRY	,	0,456	0,464	0,471	0,481	0,492	0,510	0,526	0,539	0,551	0,564
RWA	,	,	0,392	0,403	0,414	0,427	0,444	0,462	0,477	0,494	0,498
SEN	,	,	0,417	0,426	0,440	0,459	0,472	0,483	0,493	0,507	0,521
SGP	,	,	0,434	0,471	0,506	0,542	0,567	0,590	0,606	0,622	,
SLV	0,423	0,437	0,451	0,466	0,480	0,496	0,514	0,524	0,533	0,545	0,557
SWE	,	0,518	0,532	0,548	0,563	0,578	0,592	0,604	0,617	0,628	0,640
SYR	,	,	0,422	0,454	0,474	0,492	0,519	0,538	0,549	0,563	0,577
TCD	,	,	0,413	0,428	0,440	0,450	0,464	0,470	0,477	0,485	0,496
THA	0,439	0,443	0,448	0,455	0,467	0,481	0,496	0,514	0,531	0,555	0,572
TTO	0,439	0,456	0,475	0,496	0,511	0,529	0,546	0,562	0,573	0,582	0,595
TUN	,	,	,	0,460	0,477	0,494	0,512	0,529	0,542	0,556	0,570
TUR	0,384	0,412	0,434	0,452	0,470	0,489	0,506	0,519	0,537	0,551	0,565
UGA	0,352	0,374	0,390	0,401	0,414	0,422	0,428	0,440	0,454	0,472	0,491
URY	0,471	0,487	0,498	0,510	0,520	0,533	0,547	0,558	0,567	0,578	0,590
USA	0,478	0,495	0,511	0,526	0,541	0,556	0,570	0,584	0,598	0,611	0,624
VEN	0,460	0,481	0,496	0,508	0,522	0,535	0,548	0,555	0,563	0,570	0,579
ZAF	0,459	0,470	0,479	0,490	0,506	0,521	0,534	0,547	0,555	0,562	0,572
ZMB	,	0,421	0,439	0,452	0,469	0,485	0,494	0,500	0,505	0,512	0,520
ZWE	,	0,407	0,429	0,438	0,452	0,473	0,484	0,496	0,507	0,521	0,532

**Elasticidade do produto em relação ao trabalho**

	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
ARG	0,505	0,504	0,501	0,497	0,491	0,485	0,477	0,472	0,469	0,467	0,462
AUS	0,446	0,448	0,447	0,446	0,442	0,438	0,433	0,428	0,422	0,417	0,410
AUT	0,486	0,475	0,464	0,451	0,438	0,425	0,413	0,404	0,395	0,388	0,378
BEL	0,493	0,483	0,473	0,461	0,448	0,436	0,425	0,416	0,408	0,401	0,392
BOL	0,522	0,511	0,506	0,501	0,496	0,490	0,484	0,483	0,489	0,486	0,483
BRA	0,612	0,603	0,594	0,584	0,574	0,561	0,549	0,542	0,534	0,526	0,519
CAN	0,513	0,503	0,493	0,485	0,476	0,468	0,459	0,451	0,440	0,437	0,431
CHE	0,451	0,442	0,431	0,419	0,409	0,396	0,388	0,381	0,372	0,367	0,361
CHL	,	0,535	0,528	0,520	0,511	0,503	0,497	0,492	0,484	0,472	0,459
COL	0,569	0,563	0,557	0,552	0,545	0,538	0,531	0,523	0,516	0,505	0,499
CRI	0,497	0,487	0,480	0,476	0,470	0,459	0,451	0,445	0,439	0,430	0,427
CYP	0,472	0,456	0,442	0,429	0,418	0,403	0,387	0,374	0,363	0,348	,
DNK	0,437	0,434	0,428	0,420	0,411	0,402	0,394	0,387	0,378	0,371	0,364
DOM	,	0,536	0,530	0,528	0,522	0,510	0,498	0,491	0,483	0,477	0,469
ECU	,	0,549	0,540	0,534	0,527	0,516	0,502	0,495	0,490	0,486	0,483
EGY	0,625	0,618	0,611	0,601	0,593	0,584	0,568	0,556	0,546	0,542	0,536
ESP	0,579	0,558	0,539	0,520	0,503	0,488	0,477	0,469	0,459	0,451	0,442
FIN	0,481	0,468	0,454	0,441	0,429	0,415	0,405	0,395	0,384	0,378	0,371
FRA	0,547	0,533	0,520	0,508	0,494	0,482	0,471	0,462	0,454	0,446	0,438
GAB	,	,	0,437	0,419	0,404	0,391	0,375	0,374	0,373	0,370	0,367
GBR	0,539	0,530	0,522	0,513	0,503	0,493	0,484	0,476	0,466	0,459	0,450
GER	,	,	,	,	,	,	,	,	0,454	0,446	0,437
GHA	,	0,566	0,564	0,558	0,556	0,553	0,552	0,557	0,557	0,549	0,540
GRC	,	0,529	0,515	0,495	0,476	0,455	0,444	0,435	0,427	0,420	0,412
GTM	0,539	0,538	0,533	0,530	0,523	0,515	0,502	0,498	0,496	0,495	0,491
HKG	,	,	0,486	0,473	0,460	0,450	0,438	0,422	0,408	0,396	0,386
HND	0,511	0,512	0,515	0,515	0,510	0,506	0,499	0,497	0,496	0,487	0,481
IDN	,	,	0,671	0,661	0,656	0,640	0,622	0,607	0,595	0,581	0,572
IND	0,729	0,721	0,710	0,702	0,694	0,687	0,679	0,671	0,663	0,652	0,642
IRL	0,474	0,464	0,455	0,446	0,437	0,428	0,417	0,407	0,398	0,391	0,379
IRN	,	0,604	0,581	0,569	0,552	0,540	0,530	0,530	0,528	0,520	0,514
ISL	0,341	0,341	0,339	0,336	0,330	0,322	0,315	0,308	0,303	0,297	0,291
ISR	0,476	0,472	0,463	0,454	0,445	0,428	0,419	0,411	0,407	0,402	0,396
ITA	0,561	0,545	0,531	0,517	0,505	0,492	0,481	0,470	0,460	0,452	0,445
JAM	,	0,508	0,483	0,469	0,453	0,443	0,441	0,439	0,434	0,424	0,417
JOR	,	0,509	0,497	0,490	0,488	0,482	0,467	0,454	0,452	0,456	0,453
JPN	0,588	0,570	0,552	0,532	0,513	0,497	0,484	0,474	0,463	0,452	0,443
KEN	0,582	0,576	0,573	0,575	0,571	0,565	0,562	0,560	0,557	0,555	0,552
KOR	,	0,582	0,576	0,569	0,550	0,534	0,516	0,502	0,486	0,469	0,457
LKA	0,602	0,596	0,591	0,585	0,578	0,569	0,559	0,542	0,533	0,522	0,513
LSO	,	,	0,585	0,567	0,547	0,529	0,505	0,489	0,474	0,457	0,444
MAR	0,571	0,567	0,570	0,567	0,562	0,551	0,535	0,526	0,520	0,515	0,509
MEX	0,586	0,578	0,569	0,561	0,552	0,543	0,533	0,524	0,519	0,515	0,508
MWI	,	0,597	0,592	0,587	0,573	0,558	0,544	0,542	0,541	0,536	0,532
MYS	,	0,553	0,549	0,540	0,530	0,518	0,506	0,491	0,486	0,473	0,462
NGA	0,626	0,615	0,604	0,594	0,586	0,572	0,561	0,560	0,558	0,550	0,547
NIC	0,552	0,529	0,514	0,505	0,495	0,487	0,486	0,484	0,482	0,484	0,481
NLD	0,468	0,465	0,459	0,453	0,445	0,438	0,431	0,425	0,418	0,410	0,402
NOR	0,446	0,437	0,429	0,420	0,411	0,401	0,389	0,381	0,371	0,364	0,355
NPL	,	,	0,619	0,616	0,615	0,613	0,601	0,591	0,581	0,571	0,560
NZL	0,394	0,396	0,398	0,398	0,396	0,394	0,388	0,383	0,378	0,375	0,369
PAK	0,681	0,676	0,669	0,650	0,638	0,633	0,625	0,615	0,606	0,600	0,594
PAN	0,496	0,493	0,487	0,478	0,465	0,451	0,443	0,437	0,436	0,429	0,418
PER	0,550	0,534	0,524	0,510	0,503	0,500	0,496	0,490	0,487	0,486	0,481
PHL	0,620	0,609	0,597	0,586	0,577	0,568	0,554	0,547	0,546	0,541	0,535
PRT	0,548	0,533	0,520	0,503	0,486	0,470	0,458	0,446	0,433	0,424	0,413
PRY	,	0,493	0,492	0,492	0,490	0,486	0,476	0,467	0,463	0,457	0,453
RWA	,	,	0,581	0,578	0,574	0,570	0,560	0,549	0,542	0,527	0,534
SEN	,	,	0,557	0,556	0,549	0,537	0,531	0,528	0,525	0,518	0,511
SGP	,	,	0,524	0,491	0,461	0,429	0,409	0,393	0,384	0,375	,
SLV	0,528	0,521	0,514	0,507	0,501	0,492	0,480	0,475	0,473	0,467	0,462
SWE	,	0,463	0,453	0,442	0,432	0,422	0,413	0,405	0,397	0,390	0,383
SYR	,	,	0,559	0,533	0,521	0,510	0,489	0,478	0,475	0,470	0,464
TCD	,	,	0,560	0,551	0,545	0,542	0,535	0,537	0,537	0,537	0,534
THA	0,568	0,572	0,574	0,574	0,570	0,565	0,556	0,545	0,534	0,516	0,503
TTO	0,484	0,473	0,461	0,445	0,436	0,423	0,412	0,402	0,397	0,393	0,386
TUN	,	,	,	0,523	0,512	0,502	0,491	0,481	0,476	0,467	0,460
TUR	0,629	0,607	0,590	0,579	0,567	0,555	0,545	0,539	0,528	0,520	0,512
UGA	0,628	0,612	0,604	0,601	0,597	0,597	0,600	0,594	0,587	0,577	0,565
URY	0,479	0,469	0,464	0,459	0,454	0,445	0,435	0,430	0,426	0,421	0,414
USA	0,574	0,562	0,552	0,543	0,533	0,524	0,515	0,506	0,498	0,491	0,482
VEN	0,509	0,496	0,490	0,487	0,480	0,476	0,472	0,473	0,473	0,474	0,472
ZAF	0,535	0,532	0,529	0,526	0,517	0,508	0,502	0,496	0,495	0,496	0,493
ZMB	,	0,542	0,531	0,526	0,516	0,508	0,508	0,510	0,514	0,515	0,514
ZWE	,	0,559	0,546	0,547	0,540	0,526	0,523	0,519	0,516	0,510	0,507

**Eficiência técnica**

	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
ARG			0,656	0,674	0,691	0,707	0,722	0,737	0,752	0,765	0,778
AUS				0,687	0,703	0,719	0,734	0,748	0,762	0,775	0,788
AUT			0,549	0,570	0,590	0,610	0,629	0,648	0,666	0,683	0,700
BEL	0,598	0,617	0,636	0,655	0,672	0,689	0,706	0,721	0,736	0,751	0,764
BOL	0,568	0,588	0,608	0,627	0,646	0,664	0,682	0,698	0,714	0,729	0,744
BRA	0,576	0,597	0,617	0,636	0,654	0,672	0,689	0,705	0,721	0,736	0,750
CAN	0,946	0,949	0,952	0,955	0,958	0,960	0,963	0,965	0,967	0,969	0,971
CHE	0,559	0,579	0,600	0,619	0,638	0,657	0,674	0,691	0,707	0,723	0,738
CHL		0,882	0,888	0,895	0,901	0,907	0,913	0,918	0,923	0,928	0,932
COL	0,731	0,746	0,760	0,773	0,786	0,798	0,809	0,820	0,830	0,840	0,849
CRI	0,786	0,798	0,809	0,820	0,830	0,840	0,849	0,858	0,866	0,874	0,881
CYP	0,509	0,532	0,553	0,574	0,595	0,614	0,633	0,652	0,670		
DNK			0,565	0,586	0,606	0,626	0,644	0,662	0,680	0,697	0,713
DOM		0,622	0,641	0,659	0,677	0,694	0,710	0,725	0,740	0,754	0,768
ECU		0,771	0,783	0,795	0,807	0,818	0,828	0,838	0,848	0,856	0,865
EGY	0,703	0,718	0,733	0,748	0,762	0,775	0,787	0,799	0,811	0,821	0,832
ESP	0,636	0,654	0,672	0,689	0,705	0,721	0,736	0,750	0,764	0,777	0,790
FIN	0,580	0,600	0,620	0,638	0,657	0,674	0,691	0,708	0,723	0,738	0,752
FRA	0,584	0,604	0,624	0,642	0,661	0,678	0,695	0,711	0,726	0,741	0,755
GAB			0,576	0,596	0,616	0,635	0,653	0,671	0,688	0,705	0,720
GBR	0,704	0,720	0,735	0,749	0,763	0,776	0,788	0,800	0,812	0,822	0,833
GER									0,641	0,659	0,677
GHA		0,444	0,467	0,490	0,513	0,535	0,556	0,577	0,598	0,617	0,636
GRC			0,700	0,715	0,731	0,745	0,759	0,772	0,785	0,797	0,809
GTM	0,866	0,874	0,881	0,888	0,895	0,901	0,907	0,913	0,918	0,923	0,928
HKG			0,822	0,832	0,842	0,851	0,859	0,868	0,875	0,883	0,890
HND	0,569	0,590	0,610	0,629	0,648	0,666	0,683	0,700	0,715	0,731	0,745
IDN			0,619	0,638	0,657	0,674	0,691	0,707	0,723	0,738	0,752
IND	0,426	0,449	0,472	0,495	0,518	0,540	0,561	0,582	0,602	0,622	0,640
IRL			0,650	0,668	0,685	0,702	0,718	0,733	0,747	0,761	0,774
IRN		0,877	0,884	0,891	0,898	0,904	0,909	0,915	0,920	0,925	0,929
ISL				0,512	0,534	0,556	0,577	0,597	0,617	0,636	0,654
ISR	0,778	0,791	0,802	0,814	0,824	0,834	0,844	0,853	0,861	0,870	0,877
ITA	0,615	0,634	0,652	0,670	0,687	0,703	0,719	0,734	0,749	0,762	0,776
JAM		0,498	0,521	0,542	0,564	0,584	0,604	0,624	0,643	0,661	0,678
JOR		0,694	0,710	0,726	0,741	0,755	0,768	0,781	0,793	0,805	0,816
JPN	0,401	0,424	0,448	0,471	0,494	0,516	0,538	0,560	0,581	0,601	0,621
KEN	0,389	0,413	0,436	0,460	0,483	0,505	0,528	0,549	0,570	0,591	0,611
KOR		0,516	0,538	0,559	0,580	0,600	0,620	0,639	0,657	0,675	0,692
LKA	0,746	0,760	0,773	0,786	0,798	0,809	0,820	0,830	0,840	0,849	0,858
LSO			0,559	0,580	0,600	0,620	0,639	0,657	0,675	0,692	0,708
MAR	0,610	0,629	0,647	0,665	0,683	0,699	0,715	0,730	0,745	0,759	0,772
MEX	0,939	0,943	0,946	0,950	0,953	0,956	0,958	0,961	0,963	0,966	0,968
MWI		0,290	0,313	0,337	0,361	0,385	0,409	0,433	0,456	0,479	0,502
MYS		0,749	0,763	0,776	0,788	0,800	0,811	0,822	0,832	0,842	0,851
NGA	0,298	0,322	0,346	0,369	0,393	0,417	0,441				
NIC	0,952	0,955	0,958	0,960	0,963	0,965	0,967	0,969	0,971	0,973	0,975
NLD				0,620	0,639	0,657	0,675	0,692	0,708	0,723	0,738
NOR	0,449	0,472	0,495	0,518	0,540	0,561	0,582	0,602	0,622	0,641	0,659
NPL			0,687	0,704	0,720	0,735	0,749	0,763	0,776	0,788	0,800
NZL				0,574	0,594	0,614	0,633	0,652	0,669	0,687	0,703
PAK	0,553	0,574	0,594	0,614	0,633	0,652	0,669	0,687	0,703	0,719	0,734
PAN	0,646	0,664	0,681	0,698	0,714	0,729	0,744	0,758	0,771	0,784	0,796
PER	0,615	0,634	0,653	0,670	0,687	0,704	0,720	0,735	0,749	0,763	0,776
PHL	0,677	0,694	0,710	0,726	0,740	0,754	0,768	0,781	0,793	0,805	0,816
PRT	0,611	0,630	0,649	0,667	0,684	0,701	0,716	0,732	0,746	0,760	0,773
PRY		0,744	0,758	0,772	0,784	0,796	0,808	0,819	0,829	0,839	0,848
RWA			0,599	0,619	0,638	0,656	0,674	0,691	0,707	0,722	0,737
SEN			0,730	0,745	0,759	0,772	0,784	0,797	0,808	0,819	0,829
SGP			0,761	0,774	0,787	0,798	0,810	0,821	0,831	0,841	
SLV	0,944	0,948	0,951	0,954	0,957	0,959	0,962	0,964	0,966	0,968	0,970
SWE		0,586	0,606	0,625	0,644	0,662	0,680	0,696	0,712	0,728	0,742
SYR					0,508	0,530	0,552	0,573	0,593	0,613	0,632
TCD			0,578	0,599	0,618	0,637	0,656	0,673	0,690	0,706	0,722
THA	0,370	0,394	0,417	0,441	0,464	0,487	0,510	0,532	0,554	0,575	0,595
TTO	0,860	0,869	0,876	0,884	0,890	0,897	0,903	0,909	0,914	0,919	0,924
TUN				0,823	0,833	0,843	0,852	0,860	0,868	0,876	0,883
TUR	0,922	0,926	0,931	0,935	0,939	0,943	0,946	0,949	0,952	0,955	0,958
UGA	0,419	0,442	0,466	0,489	0,511	0,533	0,555	0,576	0,596	0,616	0,635
URY	0,702	0,718	0,733	0,747	0,761	0,774	0,787	0,799	0,810	0,821	0,831
USA	0,915	0,920	0,925	0,929	0,934	0,938	0,942	0,945	0,948	0,952	0,955
VEN	0,951	0,954	0,957	0,959	0,962	0,964	0,966	0,968	0,970	0,972	0,974
ZAF	0,887	0,894	0,900	0,906	0,912	0,917	0,922	0,927	0,931	0,935	0,939
ZMB		0,382	0,406	0,430	0,453	0,477	0,499	0,522			
ZWE		0,775	0,787	0,799	0,810	0,821	0,831	0,841	0,850	0,859	0,867

## Progresso técnico

	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
ARG	5,41%	4,62%	3,85%	3,14%	2,47%	1,83%	1,26%	0,56%	-0,22%	-0,99%	-1,68%
AUS	6,51%	5,64%	4,82%	4,04%	3,34%	2,65%	1,96%	1,27%	0,62%	-0,08%	-0,72%
AUT	4,90%	4,30%	3,73%	3,24%	2,75%	2,29%	1,75%	1,14%	0,51%	-0,13%	-0,76%
BEL	4,94%	4,35%	3,77%	3,25%	2,76%	2,26%	1,70%	1,06%	0,41%	-0,24%	-0,89%
BOL	2,14%	1,64%	1,05%	0,39%	-0,22%	-0,83%	-1,40%	-2,21%	-3,11%	-3,88%	-4,58%
BRA	3,09%	2,67%	2,22%	1,81%	1,36%	1,05%	0,69%	0,13%	-0,40%	-1,01%	-1,62%
CAN	4,80%	4,39%	3,93%	3,36%	2,84%	2,30%	1,78%	1,17%	0,60%	-0,11%	-0,76%
CHE	5,57%	5,00%	4,48%	4,07%	3,57%	3,09%	2,42%	1,76%	1,12%	0,41%	-0,31%
CHL	,	2,01%	1,45%	0,93%	0,44%	-0,13%	-0,74%	-1,41%	-1,96%	-2,40%	-2,80%
COL	2,59%	2,00%	1,46%	0,90%	0,36%	-0,14%	-0,70%	-1,23%	-1,80%	-2,33%	-2,95%
CRI	1,31%	0,92%	0,46%	-0,05%	-0,54%	-0,91%	-1,36%	-1,92%	-2,50%	-3,03%	-3,73%
CYP	1,63%	1,26%	0,95%	0,44%	-0,05%	-0,43%	-0,85%	-1,29%	-1,80%	-2,29%	,
DNK	5,90%	5,11%	4,38%	3,75%	3,14%	2,55%	1,91%	1,20%	0,54%	-0,17%	-0,83%
DOM	,	0,70%	0,16%	-0,50%	-1,11%	-1,47%	-1,83%	-2,33%	-2,86%	-3,45%	-4,02%
ECU	,	0,66%	0,21%	-0,33%	-0,86%	-1,24%	-1,49%	-2,01%	-2,62%	-3,27%	-3,95%
EGY	1,32%	0,76%	0,19%	-0,23%	-0,76%	-1,29%	-1,49%	-1,86%	-2,32%	-2,98%	-3,58%
ESP	3,53%	3,34%	3,11%	2,84%	2,55%	2,18%	1,67%	1,06%	0,45%	-0,16%	-0,79%
FIN	4,23%	3,80%	3,36%	2,91%	2,41%	1,98%	1,42%	0,84%	0,27%	-0,43%	-1,14%
FRA	5,28%	4,81%	4,35%	3,90%	3,47%	3,01%	2,46%	1,84%	1,22%	0,57%	-0,11%
GAB	,	,	0,88%	0,60%	0,17%	-0,16%	-0,32%	-1,03%	-1,75%	-2,51%	-3,21%
GBR	5,79%	5,12%	4,47%	3,85%	3,28%	2,69%	2,07%	1,39%	0,78%	0,11%	-0,55%
GER	,	,	,	,	,	,	,	,	1,54%	0,91%	0,27%
GHA	,	0,52%	-0,09%	-0,62%	-1,36%	-2,06%	-2,85%	-3,79%	-4,52%	-5,01%	-5,49%
GRC	,	2,59%	2,14%	1,89%	1,63%	1,44%	0,98%	0,38%	-0,26%	-0,93%	-1,61%
GTM	1,62%	0,89%	0,31%	-0,35%	-0,90%	-1,38%	-1,73%	-2,37%	-3,08%	-3,74%	-4,39%
HKG	,	,	1,65%	1,41%	1,01%	0,61%	0,29%	0,02%	-0,39%	-0,80%	-1,28%
HND	1,54%	0,75%	-0,06%	-0,82%	-1,44%	-2,02%	-2,54%	-3,21%	-3,88%	-4,36%	-4,90%
IDN	,	,	-0,06%	-0,58%	-1,21%	-1,44%	-1,65%	-1,93%	-2,30%	-2,65%	-3,16%
IND	1,66%	1,10%	0,64%	0,13%	-0,42%	-0,97%	-1,48%	-2,02%	-2,53%	-3,03%	-3,51%
IRL	4,09%	3,43%	2,73%	2,08%	1,49%	0,94%	0,44%	-0,12%	-0,78%	-1,42%	-1,89%
IRN	,	1,04%	0,95%	0,61%	0,44%	0,12%	-0,27%	-0,96%	-1,65%	-2,17%	-2,80%
ISL	4,53%	3,66%	2,89%	2,16%	1,52%	0,92%	0,31%	-0,32%	-1,02%	-1,73%	-2,39%
ISR	2,72%	2,34%	1,95%	1,57%	1,18%	0,99%	0,54%	-0,03%	-0,69%	-1,25%	-1,83%
ITA	4,87%	4,47%	4,06%	3,66%	3,15%	2,68%	2,16%	1,60%	0,99%	0,33%	-0,34%
JAM	,	0,87%	0,86%	0,48%	0,12%	-0,37%	-1,13%	-1,89%	-2,58%	-3,15%	-3,80%
JOR	,	-0,20%	-0,54%	-0,88%	-1,36%	-1,91%	-2,09%	-2,33%	-2,98%	-3,61%	-4,25%
JPN	4,74%	4,49%	4,20%	4,00%	3,77%	3,50%	3,03%	2,49%	1,95%	1,40%	0,79%
KEN	1,13%	0,52%	-0,13%	-0,93%	-1,57%	-2,07%	-2,65%	-3,29%	-3,93%	-4,62%	-5,32%
KOR	,	2,02%	1,45%	0,93%	0,73%	0,48%	0,27%	-0,09%	-0,39%	-0,67%	-1,13%
LKA	0,75%	0,19%	-0,42%	-1,01%	-1,58%	-2,12%	-2,62%	-2,91%	-3,44%	-3,95%	-4,48%
LSO	,	,	-3,53%	-3,74%	-3,87%	-4,03%	-4,04%	-4,24%	-4,54%	-4,76%	-5,19%
MAR	2,01%	1,38%	0,53%	-0,18%	-0,79%	-1,20%	-1,43%	-1,90%	-2,47%	-3,07%	-3,71%
MEX	3,01%	2,52%	2,06%	1,60%	1,18%	0,75%	0,34%	-0,13%	-0,76%	-1,40%	-2,00%
MWI	,	-1,35%	-1,92%	-2,55%	-2,90%	-3,10%	-3,34%	-4,01%	-4,74%	-5,38%	-6,10%
MYS	,	1,42%	0,78%	0,34%	-0,11%	-0,45%	-0,82%	-1,08%	-1,65%	-1,97%	-2,38%
NGA	1,88%	1,44%	1,05%	0,62%	0,10%	-0,20%	-0,57%	-1,27%	-1,99%	-2,57%	-3,24%
NIC	-0,03%	0,01%	-0,31%	-0,78%	-1,17%	-1,63%	-2,32%	-3,02%	-3,76%	-4,59%	-5,24%
NLD	5,97%	5,20%	4,52%	3,87%	3,26%	2,65%	1,98%	1,28%	0,62%	-0,02%	-0,66%
NOR	5,21%	4,61%	4,01%	3,41%	2,81%	2,26%	1,73%	1,10%	0,51%	-0,18%	-0,79%
NPL	,	,	-1,45%	-2,19%	-3,01%	-3,73%	-4,12%	-4,57%	-5,03%	-5,50%	-5,94%
NZL	6,27%	5,34%	4,45%	3,62%	2,84%	2,10%	1,38%	0,66%	-0,07%	-0,84%	-1,55%
PAK	0,16%	-0,49%	-1,06%	-1,19%	-1,55%	-2,09%	-2,55%	-2,99%	-3,44%	-3,95%	-4,53%
PAN	1,46%	0,79%	0,21%	-0,23%	-0,58%	-0,83%	-1,32%	-1,89%	-2,67%	-3,25%	-3,70%
PER	2,56%	2,31%	1,89%	1,62%	1,13%	0,45%	-0,19%	-0,77%	-1,48%	-2,26%	-2,92%
PHL	1,52%	1,12%	0,75%	0,37%	-0,06%	-0,50%	-0,79%	-1,32%	-2,08%	-2,72%	-3,36%
PRT	2,86%	2,45%	1,99%	1,65%	1,29%	0,95%	0,49%	0,01%	-0,53%	-1,12%	-1,69%
PRY	,	1,50%	0,69%	-0,11%	-0,83%	-1,48%	-1,88%	-2,31%	-2,89%	-3,49%	-4,10%
RWA	,	,	-1,87%	-2,53%	-3,18%	-3,76%	-4,15%	-4,53%	-5,04%	-5,60%	-6,43%
SEN	,	,	-0,80%	-1,55%	-2,11%	-2,45%	-3,02%	-3,68%	-4,36%	-4,95%	-5,50%
SGP	,	,	-0,48%	-0,13%	0,10%	0,41%	0,26%	0,07%	-0,41%	-0,88%	,
SLV	1,46%	0,91%	0,37%	-0,11%	-0,64%	-1,10%	-1,49%	-2,23%	-3,00%	-3,65%	-4,29%
SWE	,	4,76%	4,19%	3,66%	3,11%	2,54%	1,91%	1,24%	0,59%	-0,11%	-0,82%
SYR	,	,	-0,43%	-0,26%	-0,59%	-0,92%	-0,96%	-1,31%	-1,95%	-2,47%	-3,01%
TCO	,	,	-0,98%	-1,52%	-2,15%	-2,87%	-3,42%	-4,28%	-5,11%	-5,90%	-6,56%
THA	3,38%	2,44%	1,54%	0,75%	0,13%	-0,42%	-0,89%	-1,33%	-1,74%	-1,95%	-2,42%
TTO	1,48%	1,06%	0,71%	0,39%	-0,14%	-0,56%	-1,02%	-1,50%	-2,22%	-2,98%	-3,62%
TUN	,	,	,	-0,12%	-0,55%	-1,01%	-1,38%	-1,79%	-2,41%	-2,93%	-3,52%
TUR	1,28%	1,26%	1,04%	0,65%	0,26%	-0,12%	-0,55%	-1,12%	-1,53%	-2,10%	-2,64%
UGA	-0,76%	-1,02%	-1,49%	-2,10%	-2,65%	-3,42%	-4,30%	-4,93%	-5,46%	-5,83%	-6,19%
URY	3,45%	2,94%	2,26%	1,58%	0,85%	0,19%	-0,40%	-1,11%	-1,90%	-2,63%	-3,29%
USA	6,01%	5,59%	5,08%	4,52%	3,99%	3,44%	2,88%	2,29%	1,69%	1,04%	0,44%
VEN	3,42%	3,16%	2,72%	2,10%	1,58%	1,02%	0,47%	-0,33%	-1,12%	-1,92%	-2,69%
ZAF	3,95%	3,25%	2,54%	1,86%	1,35%	0,85%	0,25%	-0,33%	-1,09%	-1,90%	-2,62%
ZMB	,	0,39%	0,03%	-0,57%	-1,00%	-1,48%	-2,18%	-3,00%	-3,86%	-4,70%	-5,47%
ZWE	,	-0,13%	-0,29%	-1,00%	-1,55%	-1,81%	-2,45%	-3,04%	-3,67%	-4,22%	-4,90%

**Participação do capital na renda**

	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
ARG	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
AUS	,	,	,	,	0,445	0,389	0,428	0,440	0,456	0,457	0,452
AUT	,	,	,	,	0,434	0,356	0,358	0,379	0,392	0,382	0,407
BEL	,	,	,	,	0,441	0,372	0,371	0,407	0,422	0,414	0,417
BOL	,	,	,	,	0,660	0,665	0,662	0,659	0,675	0,642	0,631
BRA	,	,	,	,	0,593	0,634	0,591	0,548	0,472	0,568	0,575
CAN	,	,	,	,	0,367	0,376	0,397	0,405	0,370	0,395	0,416
CHE	,	,	,	,	0,449	0,389	0,379	0,369	0,349	0,342	0,331
CHL	,	,	,	,	0,500	0,619	0,619	0,644	0,662	0,646	0,599
COL	,	,	,	,	0,609	0,617	0,607	0,574	0,621	0,600	0,585
CRI	,	,	,	,	0,531	0,536	0,524	0,564	0,520	0,522	0,556
CYP	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
DNK	,	,	,	,	0,374	0,357	0,336	0,366	0,356	0,386	0,376
DOM	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
ECU	,	,	,	,	0,693	0,710	0,705	0,747	0,818	0,867	0,828
EGY	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
ESP	,	,	,	,	0,486	0,431	0,436	0,472	0,451	0,453	0,441
FIN	,	,	,	,	0,443	0,381	0,400	0,380	0,364	0,440	0,456
FRA	,	,	,	,	0,427	0,372	0,354	0,361	0,395	0,394	0,395
GAB	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
GBR	,	,	,	,	0,321	0,288	0,321	0,367	0,354	0,382	0,353
GER	,	,	,	,	0,468	0,440	0,426	0,427	0,447	0,462	0,459
GHA	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
GRC	,	,	,	,	0,718	0,715	0,664	0,628	0,611	0,639	0,612
GTM	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
HKG	,	,	,	,	,	,	0,538	0,511	0,513	0,526	0,517
HND	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
IDN	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
IND	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
IRL	,	,	,	,	0,418	0,393	0,372	0,427	0,480	0,490	0,543
IRN	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
ISL	,	,	,	,	0,424	0,401	0,367	0,406	0,403	0,393	0,300
ISR	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
ITA	,	,	,	,	0,488	0,446	0,473	0,492	0,493	0,522	0,528
JAM	,	,	,	,	0,497	0,466	0,467	0,509	0,580	0,472	0,428
JOR	,	,	,	,	0,587	0,589	0,615	0,604	0,618	0,620	0,610
JPN	,	,	,	,	0,552	0,431	0,436	0,432	0,437	0,409	0,408
KEN	,	,	,	,	0,586	0,609	0,657	0,633	0,637	0,638	0,646
KOR	,	,	,	,	0,624	0,641	0,548	0,541	0,482	0,462	0,492
LKA	,	,	,	,	,	,	,	0,555	0,549	0,552	0,551
LSO	,	,	,	,	,	0,757	0,689	0,591	,	,	,
MAR	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
MEX	,	,	,	,	0,586	0,556	0,567	0,644	0,676	0,658	0,653
MWI	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
MYS	,	,	,	,	0,648	0,675	0,684	0,665	,	,	,
NGA	,	,	,	,	,	,	,	0,760	0,814	0,888	,
NIC	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
NLD	,	,	,	,	0,409	0,362	0,367	0,437	0,437	0,434	0,424
NOR	,	,	,	,	0,445	0,409	0,459	0,472	0,449	0,456	0,506
NPL	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
NZL	,	,	,	,	0,462	0,409	0,390	0,457	0,472	0,509	0,521
PAK	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
PAN	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
PER	,	,	,	,	0,643	0,618	0,670	0,694	0,715	0,717	0,726
PHL	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
PRT	,	,	,	,	0,505	0,348	0,457	0,483	0,489	0,455	0,429
PRY	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
RWA	,	,	,	,	,	0,829	0,839	0,785	0,736	,	,
SEN	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
SGP	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
SLV	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
SWE	,	,	,	,	0,349	0,336	0,312	0,357	0,315	0,398	0,345
SYR	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
TCD	,	,	,	,	,	0,869	,	,	,	,	,
THA	,	,	,	,	0,812	0,802	0,776	0,741	0,756	0,734	0,717
TTO	,	,	,	,	0,485	0,530	0,576	0,446	0,431	0,500	0,548
TUN	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
TUR	,	,	,	,	0,688	0,707	0,738	0,790	0,702	0,754	0,663
UGA	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
URY	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
USA	,	,	,	,	0,338	0,354	0,351	0,374	0,370	0,380	0,380
VEN	,	,	,	,	0,594	0,613	0,582	0,606	0,651	0,671	0,687
ZAF	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
ZMB	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
ZWE	,	,	,	,	0,482	0,498	0,442	0,476	0,496	,	,

# Bibliografia

- Abramovitz, M. (1989): *Thinking about growth and other essays on economic growth and welfare*. Cambridge University Press.
- Afriat, S. N. (1972): Efficiency Estimation of Production Functions, *International Economic Review*, 13, 568-598.
- Aigner, D. J. & Chu, S. F. (1968): On Estimating the Industry Production Function, *American Economic Review*, 58, no.4, 826-839.
- Aigner, D. J., Lovell, C. A. K. & Schmidt, P. (1977): Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models, *Journal of Econometrics*, 6, 21-37.
- Álvarez P., A. (2001): *La Medición de la Eficiencia y la Productividad*, Ediciones Pirámide, Madrid, Espanha.
- Arrow, KJ, 1962, The Economic Implications of Learning by Doing, *Review of Economic Studies*, 29: 155-173.
- Atkinson, S.E. e Cornwell, C. (1994): Parametric Estimation of Technical and Allocative Inefficiency With Panel Data, *International Economic Review*, 35 (1), 231-243.
- Bandeira, A C. & Garcia, F. (2002): Reformas y crecimiento em America Latina. *Revista de la Cepal* n.77. Santiago de Chile, Chile.
- Bandeira, A. C. (2002): *Reformas econômicas, mudanças institucionais e crescimento na América Latina*. BNDES, Rio de Janeiro, Brasil.
- Barro, R. & Lee, J. (1996): International Measures of Schooling Years and Schooling Quality. *American Economic Review*, 86, 218-223.
- Barro, R., Lee, J. (2000): International data on educational attainment updates and implications. *NBER Working Paper, No. 7911*.
- Barro, R., Sala-i-Martin, X. (1995): *Economic Growth*. McGraw-Hill.
- Battese, G. E. & Coelli, T. J. (1995): A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data, *Empirical Economics*, 20, 325-332.
- Battese, G. E. & Coelli, T.J. (1988): Prediction of Firm Level Technical Efficiencies With a Generalized Frontier Production Function and Panel Data, *Journal of Econometrics*, 38, 387-399.
- Battese, G. E. & Coelli, T.J. (1992): Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farms in India, *Journal of Productivity Analysis*, 3, 153-169.
- Battese, G. E. & Coelli, T.J. (1993): A Stochastic Frontier Production Function Incorporating a Model for technical Inefficiency Effects, *Working Papers in Econometrics and Applied Statistics*, no. 69, Department of Econometrics, University of New England, Armidale, Australia.



- Battese, G. E. & Corra, G. S. (1977): Estimation of a Production Frontier Model: With Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia, *Australian Journal of Agricultural Economics*, 21, 169-179
- Battese, G. E. e Coelli, T.J. (1988): Prediction of Firm Level Technical Efficiencies With a Generalized Frontier Production Function and Panel Data, *Journal of Econometrics*, 38, 387-399.
- Battese, G. E. e Coelli, T.J. (1992): Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farms in India, *Journal of Productivity Analysis*, 3, 153-169.
- Battese, G. E. e Coelli, T.J. (1995): A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data, *Empirical Economics*, 20, 325-332.
- Bauer, P. W. (1990): Decomposing TFP in the Presence of Cost Inefficiency, Nonconstant Returns to Scale, and Technological Progress, *Journal of Productivity Analysis*, 1, 287-299.
- Bogetoft, P. (2000): DEA and Activity Planning under Asymmetric Information, *Journal of Productivity Analysis*, 13, 7-48.
- Bogetoft, P. & Hougaard, J.L. (2003): Rational Inefficiencies, *Journal of Productivity Analysis*, 20, 3, 243-271.
- Bogetoft, P. (1994): Incentive Efficient Production Frontiers: An Agency Perspective on DEA, *Management Science*, 40, pp.959-968.
- Caves, D. W., Christensen, L. R., Diewert, E. E. (1982a): Multilateral Comparisons of Output, Input and Productivity Using Superlative Index Numbers, *The Economic Journal* 82, 73-86.
- Caves, D. W., Christensen, L. R., Diewert, E. E. (1982b): The Economic Theory of Index Numbers and The Measurement of Input, Output and Productivity, *Econometrica* 50, 1393-1414.
- Cazals, C. J., Floren, P. & Simar (2002): Nonparametric Frontier estimation: a Robust Approach, *Journal of Econometrics* 106, 1-25.
- Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes (1978): Measuring the Efficiency of Decision-Making Units, *European Journal of Operational Research* 2:6, 429-44.
- Christensen, L. & Jorgenson, D. W. (1969): The measurement of U.S. Real Capital Input, 1929-1967, *Review of Income and Wealth*, Dec., 15, 4, 293-320.
- Christensen, L. Jorgenson, D.W. & Lau, L. (1973): Transcendental Logarithmic Production Frontiers, *Review of Economics and Statistics* 55, no. 1, 28-45.
- Christensen, L., Cummings, D. & Jorgenson, D.W. (1980): Economic Growth 1947-1973: An International Comparison in Jorgenson, D.W., *Productivity* vol. 2, International Comparisons of Economic Growth, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Christensen, L., Cummings, D. & Jorgenson, D.W. (1981): Relative Productivity Levels, 1947-1973. *European Economic Review* 16, no.1 (May): 61-94.
- Coelli, T. J. & Battese, G. E. (1996): Identification of Factors Which Influence The Technical Inefficiency of Indian Farmers, *Australian Journal of Agricultural Economics*, 40, 103-128.
- Coelli, T. J. (1995): Estimators and Hypothesis Tests for a Stochastic Production Function: A Monte Carlo Analysis, *Journal of Productivity Analysis*, 6, 247-268.
- Coelli, T. J. (1996): A Guide to Frontier 4.1: *A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation*, CEPA Working Paper, Center for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England, Armidale, Australia.

- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., & Battese, G. E. (1998): *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers, London, UK.
- Coelli, T.J. (2000), On the Econometric Estimation of the Distance Function Representation of a Production Technology, *CORE Discussion Paper* 2000/42, Universite Catholique de Louvain.
- Coelli, T.J. and Perelman, S. (1999): A Comparison of Parametric and Nonparametric Distance Functions: With Application to European Railways, *European Journal of Operations Research*, 117, 326-339.
- Coelli, T.J. and Perelman, S. (2000): Technical Efficiency of European Railways: A Distance Function Approach, *Applied Economics*, 32, 1967-1976.
- Cooper, W. W. & Olesen, O. B. (1998): Chance Constraints Programming Formulations for Stochastic Characterizations of Efficiency and Dominance in DEA, *Journal of Productivity Analysis* 9, 2, 53-79.
- Cooper, W. W., Huang, Z., Lelas, V., Li, S. X. (1996): Satisficing DEA Models under Chance Constraints, *Annals of Operations Research*, 66, 279-295.
- Cornwell, C. M. & Wächter, J. (1999): Productivity Convergence and Economic Growth: A Frontier Production Function Approach, *Center for European Integration Studies*, Universität Bonn. Disponível em <http://www.zei.de>.
- Cuesta, R. A. (2001): A production Model With Firm-Specific Temporal Variation in Technical Inefficiency: with Application to Spanish Dairy Farms, *Journal of Productivity Analysis*, 13, 139-158.
- Debreu, G. (1951): The Coefficient of Resource Utilization, *Econometrica*, vol. 19, 3, 273-292.
- Deliktas, E. & Balcilar, M. (2002): A Comparative Analysis of Productivity Growth, Catch-Up and Convergence in Transition Economies, paper presented at the 6th *METU Conference on Economics*, Ankara, September, 2002. Disponível em <http://www.sinica.edu.tw/~teps/ACEP2002.html>.
- Denison, E. F. (1962): *Sources of Economic Growth in the United States and the Alternatives Before Us*, New York, Committee for Economic Development.
- Denison, E. F. (1967): *Why Growth Rates Differ – Postwar experience in Nine Western Countries*, The Brookings Institution, Washington, D.C.
- Denison, E. F. (1969): Some Major Issues in productivity Analysis: An Examination of Estimates by Jorgenson and Griliches, *Survey of Current Business*, May, Part II, 49, 5, 1-28.
- Denison, E. F. (1972): *Trends in American Economic Growth, 1929-1982*, The Brookings Institution, Washington, D.C., USA.
- Diewert, W. E. (1976): Exact and Superlative index Numbers, *Journal of Econometrics*, 4, 115-145.
- Diewert, W. E. (1981): The Theory of Total Factor Productivity Measurement in Regulated Industries in Cowing, T & Stevenson, R. (eds): *Productivity Measurement in Regulated Industries*, NY, USA.
- Dougherty, C. and Jorgenson, D.W. (1996): International Comparisons of the Sources of Economic Growth, *American Economic Review*, 86(2), pp.25-29.
- Dougherty, C. and Jorgenson, D.W. (1997): There Is No Silver Bullet: Investment and Growth in the G7, *National Institute Economic Review* 162, October, 57-74.

- Easterly, W. and R. Levine (2001): "It's not factor accumulation: Stylized facts and growth models". *The World Bank Economic Review*, 15:2, pp.177-219.
- Elias, V. J. (1992): *Sources of growth*. San Francisco: ICS Press.
- Ericson, R. & Pakes, A. (1995): Markov-perfect industry dynamics: A framework for empirical work, *Review of Economic Studies*, 62, 53 {82}.
- Färe R., Grosskopf, S. e Lovell, C. K. (1991): *Production Frontiers*, Cambridge University Press, USA.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M. & Zhang, Z. (1994): Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries, *American Economic Review* 84, 1, 66-83.
- Farrel, M. J. (1957): The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*, Vol. 120, 3.
- Fecher, F. & Perelman, S. (1992): Productivity Growth and Technical Efficiency in OECD Industrial Activities in Caves, R., *Industrial Efficiency in Six Nations*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Førsund, F. R. (2000): *On the Origins of Data Envelopment Analysis*, Department of Economics, University of Oslo, Memorandum no. 24/2000.
- Førsund, F. R., Lovell, C.A.K. & Schmidt, P. (1980): A Survey of Frontier Production Functions and of their Relationship to Efficiency Measurement, *Journal of Econometrics*, 13, 5-25.
- Fried, H. O., Lovell, C. A. K., Schmidt, S. S. (1993): *The Measurement of Productive Efficiency*, Oxford University Press Inc., New York, USA.
- Fu, Tsu-Tan, Huang, C.J. & Lovell, C.A.K. (1999): *Economic Efficiency and Productivity Growth in the Asia-Pacific Region*, Edward Elgar, UK.
- Greene, W. H. (1980a): Maximum Likelihood Estimation of Econometric Frontier Functions, *Journal of Econometrics*, 13, 27-56.
- Greene, W. H. (1980b): On the Estimation of a Flexible Frontier Production Model, *Journal of Econometrics*, 13, 101-115.
- Greene, W. H. (1990): A Gamma-Distributed Stochastic Frontier Production Model, *Journal of Econometrics*, 46, 141-163.
- Greene, W. H. (2001): New Developments in the Estimation of Stochastic Frontier Models with Panel Data, paper presented at the *7th European Workshop on Efficiency and Productivity Analysis*, University of Oviedo, Spain, September.
- Grossman, G.M. and E. Helpman (1991): *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Hall, R. & Jones, C. (1996): The Productivity of Nations. *NBER Working Paper*, No. 5812.
- Hall, R. & Jones, C. (1997): What have we learned from recent empirical growth research? Levels of economic activity across countries. *American Economic Association Papers and Proceedings*, Vol. 87 (2): 173-177.
- Hall, R. & Jones, C. (1999): Why do some countries produce so much more output per worker than others? *Quarterly Journal of Economics*, 114 (1), 83-116.
- Horowitz, J. L. (1998), *Semiparametric Methods in Econometrics*, Springer, NY, USA.

- Huang, C. & Liu, J. (1994): Estimation of a Non-Neutral Stochastic Frontier Production Function". *Journal of Productivity Analysis*, 5, 171-180.
- Hulten (2000): Total factor productivity: a short biography. *NBER Working Paper*, 7471. Cambridge, MA.
- Islam, N. (1995): Growth Empirics: A Panel Data Approach. *Quarterly Journal of Economics*, Vol. CX, 1127-1170. Islam (2001)
- Iwata, S., Khan, M. S. & Murao (2002): Sources of Economic Growth in East Asia: A Nonparametric Assessment, International Monetary Fund - *IMF Working Paper WP/02/13*.
- Jondrow, J., Lovell, C.A.K., Materov, I. S. e Schmidt, P. (1982): On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model, *Journal of Econometrics*, 19, 233-238.
- Jorgenson, D. W. & Griliches, Z. (1967): The Explanation of Productivity Change, *Review of Economic Studies*, 34 (3), no. 99, 249-280.
- Jorgenson, D. W. (1988): Productivity and Postwar U. S. Economic Growth, *Journal of Economic Perspectives*, 2, no. 4 (Fall), 23-42.
- Jorgenson, D. W. e Griliches, Z. (1967): The Explanation of Productivity Change, *Review of Economic Studies*, 34 (3), no. 99, 249-280.
- Kim, S. & Han, G. (2001): A Decomposition of Total Factor Productivity Growth in Korean Manufacturing Industries: A Stochastic Frontier Approach, *Journal of Productivity Analysis*, 16, 269-281.
- Kim, S. e Han, G. (2001): A Decomposition of Total Factor Productivity Growth in Korean Manufacturing Industries: A Stochastic Frontier Approach, *Journal of Productivity Analysis*, 16, 269-281.
- Klenow, P. & Rodríguez-Clare, A. (1997): The Neoclassical Revival in Growth Economics: Has It Gone Too Far? In Ben Bernanke e Julio Rotemberg (Eds.): *NBER Macroeconomics Annual 1997*. MIT Press, 73-114.
- Koopmans (1951): Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities, in Koopmans, 1951. *Activity Analysis of Production and Allocation*, Cowles Comission.
- Kravis Heston e Summers (1978) Kravis, I. B., Heston, A., and Summers, R. (1978): *International Comparisons of Real Product and Purchasing Power*. Baltimore: Johns Hopkins Press.
- Kumbhakar, S. C. & Lovell, C. A. K. (2000): *Stochastic Frontier Analysis*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Kumbhakar, S. C. & Tsionas, E. G. (2002): *Non-parametric Stochastic Frontier Models*. Disponível em <http://www.sinica.edu.tw/~teps/ACEP2002.html>.
- Kumbhakar, S. C. & Tsionas, E. G. (2002): *Non-parametric Stochastic Frontier Models*, mimeo.
- Kumbhakar, S. C. (1990): Production Frontiers, Panel Data, and Time Varying Technical Inefficiency, *Journal of Econometrics*, 46, 201-211
- Kumbhakar, S. C. (2000): Estimation and Decomposition of Productivity Change When Production is Not Efficient, *Econometric Reviews*, 19, 425-460.
- Lee, Lung-Fei and Tyler, W. G. (1978): The Stochastic Frontier Production Function and Average Efficiency, *Journal of Econometrics* 7, p. 385-389.

- Lee, Y. H. & Schmidt, P. (1993): A Production Frontier Model with Flexible Temporal Variation in Technical Efficiency in Fried, H., Lovell, C. A. K. & Schmidt, S. (eds) *The Measurement of Productive Efficiency*, Oxford University Press, New York, USA.
- Leibenstein, H. (1966): Allocative Efficiency vs. X-efficiency, *American Economic Review*, 56, 392-415.
- Leibenstein, H. (1978): *General X-Efficiency Theory and Economic Development*. Oxford.
- Lovell, C. A. K. (2001): *Mirando Hacia Delante: oportunidades de investigación future en el Analysis de Eficiencia y Productividad* in Álvarez, A. op. cit.
- Mahadevan, R. (2003): 'To Measure or Not To Measure TFP Growth?', *Oxford Development Studies*, 2003, vol.31, no.3: 365-378
- Mankiw, N., Romer, D. e Weil, D.: A contribution to the empirics of economic growth, *The Quarterly Journal of Economics*, May. 1992.
- Marinho, E. e Carvalho, R. M. (2002): Comparações Inter-regionais da Produtividade Total, Variação da Eficiência Técnica e Variação Tecnológica da Agricultura Brasileira – 1970 a 1996, *Anais do XXX Encontro Nacional de Economia*, ANPEC.
- Marinho, E., Ataliba, F. & Lima, F. (2002): Produtividade, Variação Tecnológica e Variação de Eficiência Técnica das regiões e Estados Brasileiros, *Estudos Econômicos*, 32, 3, 367-407.
- Marinho, E., Ataliba, F. (2000): Avaliação do Crescimento da Produtividade e Progresso Tecnológico dos Estados do Nordeste com o Uso da Fronteira de Produção Estocástica, *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 30, 3, 427-452.
- Meeusen, W. & van den Broeck (1977): Efficiency Estimation From Cobb-Douglas Production Functions With Composed Error, *International Economic Review*, 18, 435-444.
- Nadiri, M. I. (1970): Some Approaches to the Theory and Measurement of Total Factor Productivity: A Survey, *Journal of Economic Literature*, 8, 4, 1137-1177.
- Nehru, V. & Dhareshwar, A. (1993): A new data base on physical capital stock: sources, methodology and results. *Revista de Análisis Económico*, Vol. 8, No. 1, 37-59.
- Nerlove, M. (1965): *Estimation and Identification of Cobb-Douglas Production Functions*, North-Holland, Amsterdam.
- Nishimizu, M. e Page, J.M. (1982): Total Factor Productivity Growth, Technical Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia, 1965-1978, *The Economic Journal*, 92, 929-936.
- Olesen, O. & Petersen (1995): Chance Constrained Efficiency Evaluation, *Management Science*, 41, 3, 442-457.
- Olesen, O. & Petersen (1999): Probabilistic Bounds on the Virtual Multipliers in Data Envelopment analysis: Polyhedral Cone Constraints, *Journal of Productivity Analysis*, 12, 2, 103-133.
- Olley, G. S. and Pakes, A., (1996) 'The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry'. *Econometrica*, 64, 6, 1263-1297.
- Pagan, A. & Ullah, A. (1999): *Nonparametric Econometrics*, Cambridge University Press, NY, USA.
- Park, B. U., Sickles, R. C. & Simar, L. (1998): Stochastic Panel Frontiers: A Semiparametric Approach, *Journal of Econometrics*, 84, 273-301.
- Perelman, S. (1995) R & D, Technological Progress and Efficiency Change in Industrial Activities, *Review of Income and Wealth*, Series 41, no. 3, September 1995.

- Pessoa, S. (2003), *A Experiência de Crescimento das Economias de Mercado nos Últimos 40 Anos*. Mimeo.
- Pessoa, S., Gomes, V. e Veloso, F. (2003): Evolução da Produtividade Total dos Fatores na Economia Brasileira: Uma Análise Comparativa. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, vol. 33, no. 3, 2003.
- Pitt, M. M. e Lee, L. F. (1981): The Measurement and Sources of Technical Inefficiency in the Indonesian Weaving Industry, *Journal of Development Economics*, 9, 43-64.
- Psacharopoulos, G. (1994): "Returns to Investment in Education: A Global Update." *World Development*. 22(9):1325-1343.
- Rao & Coelli (1998): A Cross-country Analysis of GDP Growth Catch-up and Convergence in Productivity and Inequality, *Centre for Efficiency and Productivity Analysis (CEPA), Working Paper No. 5/98*.
- Richmond, J. (1974): Estimating the Efficiency of Production, *International Economic Review*, 15 (2): 515-521.
- Romer, P.M. (1990): Endogenous Technological Change. *The Journal of Political Economy*, Vol. 98, No. 5, pp. S71-S102.
- Rossi Jr., J. L. e Ferreira, P. C. (1999): Evolução da Produtividade Industrial Brasileira e Abertura Comercial. *Textos para Discussão IPEA*, número 651. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Ministério do Planejamento, Brasil.
- Santana, J. R. (2004): *Três Ensaio Sobre Liberalização Financeira, Movimento de Capitais e Crescimento Econômico*. Tese de Doutorado – Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas.
- Schmidt, P. & Sickles, R. (1984): Production Frontiers and Panel Data, *Journal of Business and Economic Statistics*, vol. 2, no. 4, 367-374.
- Schmidt, P. (1976): On the Statistical Estimation of Parametric Frontier Production Functions, *Review of Economics and Statistics*, 58, 238-239.
- Schmidt, P. (1978): On the Statistical Estimation of Parametric Frontier Production Functions: Rejoinder, *Review of Economics and Statistics*, 60, 481-482.
- Schmidt, P. e Lovell, C.A.K. (1979): Estimating Technical and Allocative Inefficiency Relative to Stochastic Production and Cost Frontiers, *Journal of Econometrics*, 9, no.3, 343-366.
- Schmidt, P. e Lovell, C.A.K. (1980): Estimating Stochastic Production and Cost Frontiers When Technical and Allocative Inefficiency Are Correlated, *Journal of Econometrics*, 13, 83-100.
- Schmidt, P. e Sickles, R. (1984): Production Frontiers and Panel Data, *Journal of Business and Economic Statistics*, vol. 2, no. 4, 367-374.
- Seiford, L. M. (1996): Data Envelopment Analysis: The Evolution and State of The Art (1978-1995). *Journal of Productivity Analysis* 7, 99-137.
- Shephard, R.W. (1953): *Cost and Production Functions*, Princeton University Press, Princeton.
- Silva, A. B. & Marinho (2003): Produtividade e Crescimento Econômico da América Latina: A Abordagem da Fronteira Estocástica de Produção, *XXXI Encontro Nacional de Economia, Dezembro de 2003 – Porto Seguro, Brasil*.
- Simar, L. & Wilson, P. (2000): Statistical Inference in Nonparametric Frontier Models: The State of the Art, *Journal of Productivity Analysis*, 13, 1, 49-78.

- Solow, Robert M. (1956): a Contribution to the Theory of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics* 70, 65-94.
- Solow, Robert M. (1957): Technical Change and the Aggregate Production Function, *Review of Economics and Statistics* 39, no. 3, 312-320.
- Stevenson, R. (1980): Likelihood Functions for Generalized Stochastic Frontier Estimation, *Journal of Econometrics*, 13, 57-66.
- Stigler, G., (1976): The Xistence of X-Efficiency, *American Economic Review* vol. 66 no. 1, 213-216.
- Timmer, C.P. (1971): Using a Probabilistic Frontier Production Function to Measure Technical Efficiency, *Journal of Political Economy*, 79, 776-794.
- Tinbergen, J. (1942): *On the Theory of Trend Movements* in Klaasen, L. H., Koyck, L. M., & Witteveen, H. J. (eds): Jan Tinbergen, Selected Papers, North
- Tsu-Tan Fu, Cliff J. Huang, C.A. Knox Lovell (1999): *Economic Efficiency and Productivity Growth in the Asia-Pacific Region*. Edward Elgar, London, UK.
- Wolff, E. (1991): Capital formation and productivity convergence over the long term. *American Economic Review*, 81: 565-579.
- Young, A. The tyranny of numbers: confronting the statistical realities of the East Asian growth experience. *The Quarterly Journal of Economics*, ago. 1995.
- Zellner, A. S. e Revankhar, N. S. (1969): Generalised Production Functions, *Review of Economic Studies*, 36, 241-250.
- Zellner, A. S., Kmenta. J. e Drèze, J. (1966): Specification and Estimation of Cobb-Douglas Production Functions, *Econometrica*, 34, October, 784-795.