

Produtividade Agregada e Heterogeneidade do Capital: Uma Análise Quantitativa

Dejanir Henrique Silva
FEA/USP

Mauro Rodrigues
FEA/USP

RESUMO

Este artigo busca analisar quantitativamente a importância relativa dos fatores que determinam o desempenho econômico dos países. Além da decomposição tradicional do produto por trabalhador na acumulação de capital físico, humano e nível de produtividade total dos fatores, incorporamos no nosso exercício empírico a possibilidade do capital ser heterogêneo. Partindo de resultados de um modelo teórico, obtemos estimativas da qualidade do capital para cada país e analisamos a importância de cada um dos componentes. Mesmo após o ajuste na qualidade do capital, o nível de produtividade continua a explicar grande parte da disparidade no nível de produção entre os países. Com base no referencial teórico desenvolvido, analisamos a experiência de crescimento do Brasil nas últimas três décadas e, ao contrário do encontrado para o exercício em *cross-section*, a acumulação de capital físico/humano explica em grande parte a variação do produto por trabalhador nesse período.

ABSTRACT

This article analyzes quantitatively the relative importance of the factors that determine the economic performance of the countries. Beyond the traditional decomposition of the product for worker in the accumulation of physical and human capital and level of total factor productivity, we incorporate in our empirical exercise the possibility of the capital to be heterogeneous. We get estimates of the quality of the capital for each country from results of a theoretical model and analyze the importance of each one of the components. Even after the adjustment in the quality of the capital, the productivity level continues to explain great part of the disparity in the level of production between the countries. On the basis of the developed theoretical referential, we analyze the Brazilian growth experience in the last three decades and, in contrast with the exercise in cross-section, the accumulation of physical/human capital mostly explains the variation of the product per worker in this period.

Palavras-chave: produtividade total dos fatores, capital heterogêneo, capital humano

Keywords: total factor productivity, heterogeneous capital, human capital

Classificação JEL: O47, O33.

ÁREA 5 – Crescimento, Desenvolvimento Econômico e Instituições

1. INTRODUÇÃO

Por que alguns países são mais ricos que outros? Poucas questões foram tão influentes e causaram tanta inquietação quanto esta. Esta dúvida, que permeia a ciência econômica desde a sua fundação, ainda hoje é objeto de esforços e intensa produção acadêmica.

Dois fatores, primordialmente, são apontados como as causas da prosperidade econômica: a acumulação de fatores de produção ou a (um tanto enigmática) variável chamada produtividade total dos fatores (PTF).

O primeiro componente refere-se, principalmente, ao processo de acumulação de capital físico e capital humano. Capital físico refere-se ao estoque de máquinas, equipamentos e estruturas de uma economia. Já o estoque de capital humano está relacionado com o nível de educação da força de trabalho de um país.

O segundo componente, a chamada PTF, é normalmente obtida como um resíduo. Corresponde à parcela do produto que não é explicada pela acumulação de capital físico ou humano. O adjetivo enigmático se aplica, pois incorporada a PTF está qualquer fator que não seja decorrente dos fatores de produção diretamente. Normalmente, a PTF é associada com o nível tecnológico de cada país, ou seja, com a capacidade de gerar mais produto, com a mesma quantidade de capital e trabalho. No entanto, se os insumos forem medidos incorretamente, ao se considerar apenas a quantidade do insumo, e não a sua qualidade, por exemplo, a PTF irá refletir o problema de mensuração, não necessariamente o nível tecnológico.

Uma questão que se coloca é: qual a importância relativa de cada componente na explicação do desempenho econômico dos países? A esta pergunta a resposta é menos direta. Existem na literatura sobre crescimento econômico evidências apontando tanto para a importância da acumulação de capital físico e humano (Mankiw, Romer and Weil (1992) e Young (1995), por exemplo), quanto para a maior relevância do nível de produtividade total dos fatores (ver Hall e Jones (1999) e Klenow e Rodriguez-Clare(1997)).

Iremos explorar esta questão ao longo de todo trabalho. Inicialmente, iremos incorporar ao exercício realizado por Hall e Jones (1999) a possibilidade do capital ser heterogêneo entre os países. Para isto, iremos desenvolver uma medida da qualidade do capital em cada país.

Na seção 2 deste trabalho, iremos desenvolver o modelo proposto por Jovanovic e Rob (1997), em que existe heterogeneidade do capital. Neste modelo, a qualidade média do capital é função de parâmetros do modelo e, principalmente, do preço relativo dos bens de capital. Partindo, então, dos resultados teóricos do modelo e de medidas do preço relativo dos bens de capital, construímos uma medida da qualidade média do capital.

Na seção seguinte, partiremos para o exercício empírico realizado por Hall e Jones (1999), utilizando os resultados sobre a qualidade do capital obtidos previamente. Mesmo levando em consideração o fato da qualidade do capital variar entre países, temos que o nível de produtividade agregada ainda é o principal fator explicando a disparidade de produto observada.

Em seguida, na seção 4, iremos estudar a experiência de crescimento brasileira, através do arcabouço desenvolvido anteriormente. Neste caso, será necessário adaptar a metodologia

utilizada para que esta incorpore os efeitos dinâmicos da alteração do preço relativo do bem de capital ao longo do tempo. Assim como avaliamos qual é o componente determinante na explicação do desempenho relativo dos países, iremos avaliar qual fator é mais relevante na explicação do desenvolvimento econômico brasileiro nas últimas três décadas. E, por fim, teremos a conclusão e as considerações finais.

É importante ressaltar que os resultados obtidos neste trabalho nos aproximam mais da posição daqueles que defendem a importância da PTF na explicação das disparidades de produto por trabalhador, do que daqueles que defendem o papel da acumulação de fatores, o que, segundo Klenow e Rodriguez-Clare, representariam um *Neoclassical Revival*. Apesar do fato desse ser diminuído quando o ajuste na qualidade do capital é realizado, a relevância do nível de produtividade dos fatores permanece como um resultado importante.

Um outro ponto a ser destacado sobre a abordagem adotada é que a discussão se concentra sobre as chamadas causas próximas da prosperidade econômica. Existe na literatura uma distinção entre as causas próximas (fatores de produção/produtividade) e as causas fundamentais da riqueza de um país (instituições, geografia, cultura, etc.). Ver, por exemplo, Acemoglu, Johnson e Robinson (2005), ou o próprio Hall e Jones (1999). Apesar de interessante e do fato de estar inserida em uma intensa discussão na literatura, não exploramos estes aspectos neste trabalho.

2. SOLOW VS SOLOW: JOVANOVIC & ROB (1997)

No trabalho que dá título a esta seção, Jovanovic e Rob confrontam as implicações empíricas de dois trabalhos de Robert Solow: o seminal Solow (1956) e Solow (1959). O primeiro, "*A Contribution to the Theory of Economic Growth*", apresenta o modelo que hoje é tradicionalmente ensinado nos manuais de macroeconomia (com capital homogêneo e taxa de poupança constante exógena). No segundo trabalho, "*Investment and Technical Progress*", Solow permite que haja heterogeneidade do capital, ou seja, é como se houvessem capitais de diferentes "safras" (*vintage capital model*).

A seguir, veremos uma extensão do *vintage capital model* de Solow, em que a escolha entre as diferentes safras de capital se torna endógena e dependente, dentre outras coisas, do preço relativo do bem de capital.

a. Modelo Teórico

Em contraposição ao modelo de 1956, em que o produtor pode variar apenas a quantidade de suas máquinas, neste modelo assumimos o contrário: o produtor pode variar apenas a qualidade de sua máquina, não a quantidade.

Nesta economia, cada produtor usa seu próprio trabalho e uma única máquina no processo de produção. As máquinas funcionam exatamente como quando novas até que, de forma aleatória, simplesmente param de funcionar. O tempo de vida das máquinas é distribuído exponencialmente, com taxa de falha δ .

Definiremos k como sendo a qualidade da máquina efetivamente utilizada no processo de produção e K como sendo a qualidade da máquina que incorpora a tecnologia de fronteira. Além disso, assumimos que a qualidade de fronteira das máquinas cresce exponencialmente com taxa g .

Neste modelo, ao contrário do modelo tradicional de Solow, onde o progresso tecnológico ocorre independente das decisões de investimento, o processo tecnológico, apesar de ser determinado exogenamente, vem incorporado nas máquinas, ou seja, se uma economia tivesse taxa de investimento zero, o progresso tecnológico cessaria.

O produtor deve definir a cada período se deve adquirir uma máquina nova ou se simplesmente mantêm a máquina antiga, ou seja, deve definir uma banda para o valor de k em que ele decide manter a máquina e, fora dela, ele adquire uma máquina nova – o que é conhecido na literatura como uma política (s,S).

Inicialmente, obteremos a distribuição da qualidade das máquinas para uma dada política (s,S), para em seguida definirmos a escolha da política ótima.

Distribuição da Qualidade das Máquinas

Defina T como sendo a idade em que a máquina será substituída, se ela ainda não quebrou, e assuma que esta será sempre substituída por uma de fronteira (nesta seção assumiremos que o valor de T é dado, mas essa hipótese será relaxada em seguida). Defina também $u = e^{-gT}$ como a qualidade da máquina prestes a ser substituída. Podemos, então, definir a política (s,S) como:

“mantenha a máquina enquanto $k \in (uK, K]$, e a substitua quando quebra ou quando K alcança o nível tal que $uK = k$. Então, compre uma máquina nova.”

Podemos redefinir a política acima em termos da variável $z = \frac{k}{K}$, a qualidade da máquina relativa à qualidade de fronteira, da seguinte forma :

“mantenha a máquina enquanto $z \in (u, 1]$, e a substitua quando quebra ou quando z alcança o nível $u = z$.”

Com base na definição acima e na hipótese de que o tempo de vida das máquinas segue uma distribuição exponencial, podemos encontrar a proporção de máquinas de idade τ ou menos na população ($H(\tau)$).

$$H(\tau) = \frac{1 - \exp(-\delta\tau)}{1 - \exp(-\delta T)}, \text{ para } \tau \in [0, T] \quad (1)$$

A partir da formula acima podemos definir a distribuição da qualidade relativa das máquinas. Defina $\theta = \frac{\delta}{g}$, e $F(z | u, \theta)$ como a função, condicionada em u e θ , de distribuição acumulada (fda) de z . Então, temos:

$$F(z | u, \theta) = 1 - H[\tau(z)] = 1 - \frac{1 - \exp(-\delta\tau)}{1 - \exp(-\delta T)} = \frac{e^{(-\delta\tau)} - e^{(-\delta T)}}{1 - e^{(-\delta T)}} = \frac{(z^\theta - u^\theta)}{1 - u^\theta}, z \in [u, 1]. \quad (2)$$

Portanto, a função densidade (fdp) de z é:

$$f(z|u, \theta) = \frac{dF(z|u, \theta)}{dz} = \theta \frac{z^{\theta-1}}{1-u^\theta} \quad (3)$$

É possível mostrar que quanto maior o valor de θ , mais a massa de probabilidade estará concentrada em valores elevados de z (quanto mais a máquina se deprecia, mais rápido deve-se trocar a máquina e, conseqüentemente, mais perto da fronteira suas máquinas estarão).

Com a função de densidade de z podemos obter a qualidade média do capital, que é definida como (omitindo o condicionante na variável θ):

$$e^{st} E[z|u], \text{ onde } E[z|u] = \int_u^1 z f(z|u) dz = \frac{\theta(1-u^{\theta+1})}{(1+\theta)(1-u^\theta)}. \quad (4)$$

Temos que, dado o valor de θ , a $E[z|u, \theta]$ aumenta à medida que elevamos o valor de u . Isto implica dizer que, quanto maior o valor u de uma economia, mais próximo da qualidade de fronteira estará a qualidade média de suas máquinas.

Substituição Ótima das Máquinas

Até o momento, consideramos a qualidade-limite de substituição (u) como um dado, uma variável exógena. No entanto, o momento em que o produtor decide substituir a sua máquina depende do ambiente econômico em que ele está inserido e das restrições a que ele está sujeito. Portanto, esta deve ser uma variável determinada dentro do modelo, endogenamente.

Desta forma, poderíamos formular o problema de maximização do agente e determinar a sua escolha ótima a partir das condições de otimização. No entanto, seguindo Jovanovic e Rob, adotaremos uma abordagem indireta, onde ao invés de encontrar uma solução fechada para o modelo, simplesmente serão obtidos alguns resultados de interesse, que serão de utilidade no prosseguimento do nosso trabalho. As demonstrações das proposições abaixo, como não são de particular interesse para a seqüência do trabalho, podem ser encontradas no trabalho original de Jovanovic & Rob (1997).

O primeiro resultado obtido é:

Proposição 1: Ao comprar uma máquina, é sempre ótimo para o produtor adquirir uma máquina de fronteira.

Este resultado faz sentido, dada a estrutura do modelo, uma vez que ao adquirir uma máquina, esta passa a sofrer uma espécie de “depreciação tecnológica”. Como a qualidade de fronteira cresce continuamente, a máquina vai ficando cada vez mais defasada tecnologicamente, e cada vez mais próxima do limite que levaria o produtor a substituir a máquina novamente. Por isso, é sempre ótimo para o produtor, ao adquirir uma máquina, adquirir aquela que está na fronteira da qualidade.

Uma implicação da proposição acima é que para países tecnologicamente defasados, seria ótimo importar todas as máquinas novas de países de fronteira. Uma forma de adaptar este resultado para situações em que seria ótimo adquirir máquinas mais antigas seria

introduzir custos de adaptação da tecnologia às condições locais de cada economia (ver Rodriguez-Clare (1996)).

Outro resultado que pode ser obtido, e que será importante para a parte empírica deste trabalho, é a seguinte relação (não-linear) entre u e p :

$$(r + \delta - g)p + u = 1 - \frac{g}{r + \delta} \left(1 - u^{(r+\delta)/g}\right) \quad (5)$$

A derivação completa deste resultado encontra-se no trabalho de Jovanovic e Rob (1997), mas parece intuitivo que a determinação de u dependa de alguma forma dos parâmetros do modelo e que, além disso, u dependa do preço relativo dos bens de capital.

A partir da aplicação do teorema da função implícita à equação acima, podemos chegar ao nosso próximo resultado:

Proposição 2: u declina monotonicamente de $u = 1$ (quando $p = 0$) para $u = 0$ (quando $p = \frac{1}{r + \delta}$). Para $p \in [0, \frac{1}{r + \delta}]$, temos

$$\frac{du}{dp} = \frac{-(r + \delta - g)}{1 - u^{(r+\delta-g)/g}} < 0 \quad (6)$$

Este segundo resultado estabelece uma relação entre o preço relativo dos bens de capital (p) ao tempo de espera para substituir a máquina (lembrando que, por definição, T e u estão intimamente ligados: $T = -\frac{\ln u}{g}$):

Com isso, estabelece-se um importante canal pelo qual o preço relativo dos bens de capital pode afetar o estoque de capital e, por fim, o nível do produto. Uma elevação do preço faz com que o produtor atrase a decisão de substituir a sua máquina por uma de qualidade de fronteira, portanto, uma elevação de p leva a um aumento de T , ou de forma equivalente, a uma queda de u . E, pelo que vimos anteriormente, uma queda de u leva a uma queda da qualidade média do capital (em relação à máquina de fronteira).

b. Calibragem do modelo

Nesta seção, buscaremos alguns resultados empíricos, com base no arcabouço teórico que acabamos de desenvolver. O objetivo principal é desenvolver uma medida de qualidade média do capital, com base nos resultados do modelo. Os valores dos parâmetros foram escolhidos de acordo com o que tradicionalmente utilizado na literatura de crescimento econômico. Além disso, utilizou-se dados do preço relativo dos bens de capital de cada país.

Usaremos como medida da qualidade média do capital a variável $q = e^{gt} E[z | u]$. Se expressarmos a qualidade média do capital como uma fração da qualidade da máquina de

fronteira, teremos $\frac{q}{e^{gt}} = E[z | u] = \frac{\theta(1 - u^{\theta+1})}{(1 + \theta)(1 - u^\theta)}$.

Portanto, para definir a qualidade média do capital, precisamos do valor do parâmetro $\theta = \frac{\delta}{g}$ e do valor de u , que é específico para cada país. Inicialmente, definiremos o valor dos parâmetros do modelo, que serão considerados comuns a todos os países (r , δ e g). Os valores utilizados estão descritos abaixo e estão em linha com o que normalmente se utiliza na literatura de crescimento (ver o próprio Jovanovic & Rob (1997) e Jones (1997), por exemplo). Uma análise da robustez dos resultados à escolha dos parâmetros é realizada na próxima seção.

Tabela 1: Valores dos parâmetros utilizados na calibragem do modelo

Depreciação (δ)	Tx. Progresso tecnológico (g)	Taxa de Juros (r)	$\theta = (\delta / g)$
5,0%	2,5%	4,0%	2,0

O próximo passo consiste em obter uma estimativa do valor de u para cada país da nossa amostra. Para isso, precisamos da relação entre o valor de p e u obtida na seção anterior, reproduzida abaixo por conveniência.

$$(r + \delta - g)p + u = 1 - \frac{g}{r + \delta} (1 - u^{(r+\delta)/g})$$

Como a relação entre p e u é uma relação não linear, mesmo após terem sido definidos os valores dos parâmetros e o valor de p (a ser obtido nas Penn World Tables, conforme descrito na próxima seção), ainda permanece o problema de se obter o valor de u da equação acima.

Para resolver este problema, utilizamos um método numérico, conhecido como Método de Newton-Raphson, que é empregado na resolução de equações não lineares. Obtido o valor de u e dado o valor dos parâmetros, é possível estimar a qualidade média do capital (relativa à qualidade de fronteira).

3. UMA ANÁLISE DO DESEMPENHO RELATIVO DAS NAÇÕES

Neste seção, iremos explorar alguns aspectos da literatura empírica de crescimento econômico. O objetivo é tentar determinar a importância relativa de cada componente para o desempenho econômico dos países: a acumulação de capital (físico e humano) e o nível de produtividade total dos fatores. Na primeira seção, descrevemos o exercício realizado por Hall & Jones (1999) e atualizamos os resultados para o ano de 2000 (originalmente realizado para o ano de 1988). Na segunda seção, buscamos avaliar quanto do resultado obtido por Hall & Jones se altera ao incluirmos uma medida da qualidade do capital, obtida com base nos resultados da seção anterior, e realizamos alguns testes de robustez do nosso resultado.

a. Hall & Jones (1999)

O trabalho de Hall & Jones busca responder a uma questão recorrente em economia: por que alguns países produzem muito mais produto por trabalhador do que outros. Por que os EUA produzem 38 vezes mais produto por trabalhador do que Níger, por exemplo? A

abordagem adotada por eles é a da utilização de uma função de produção agregada, como tradicionalmente na literatura (Mankiw, Romer e Weil (1992), Klenow e Rodriguez-Clare (1997)).

Assuma que o produto Y_i no país i é produzido usando a seguinte função de produção Cobb-Douglas:

$$Y_i = K_i^\alpha (A_i H_i)^{1-\alpha} \quad (7)$$

Em que K_i representa o estoque de capital físico, H_i representa o capital humano usado na produção e A_i representa uma medida de produtividade. Além disso, sob a hipótese de que os mercados de produto e fatores são perfeitamente competitivos, $\alpha \in (0,1)$ é a parcela da renda nacional dedicada ao capital.

Assumimos também que o trabalho L_i é homogêneo em cada país, e recebe E_i anos médios de educação da força de trabalho. O capital humano pode, então, ser expresso da seguinte forma:

$$H_i = e^{\phi(E_i)} L_i. \quad (8)$$

O objetivo ao adotar este tipo de especificação para o capital humano é o de se valer de evidências microeconômicas sobre retorno do investimento em educação. A derivada $\phi'(E)$ pode ser associada ao retorno da educação estimado em uma regressão minceriana (ver Mincer (1974)). Se tivermos $\phi(E) = 0, \forall E$, estamos de volta ao caso da função de produção com trabalho indiferenciado.

Podemos, então, expressar o produto por trabalhador ($y = Y/L$) como:

$$y_i = \frac{K_i^\alpha (e^{\phi(E_i)} L_i A_i)^{1-\alpha}}{L_i} = \frac{K_i^\alpha h_i A_i}{(e^{\phi(E_i)} L_i A_i)^\alpha} = \left(\frac{K_i}{Y_i} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} h_i A_i, \quad (9)$$

Em que $h = H/L$ é o capital humano por trabalhador.

Dessa forma, podemos decompor o nível do produto por trabalhador em três componentes distintos: o valor da relação capital/produto, o montante de capital humano por trabalhador e o nível de produtividade total dos fatores.

Os dados

Descreveremos a seguir a fonte dos dados para o exercício empírico realizado a seguir. A descrição refere-se, principalmente, ao que foi efetivamente utilizado neste trabalho, não necessariamente idêntico ao originalmente utilizado por Hall & Jones (1999).

A fonte principal dos dados são as Penn World Tables (utilizamos a versão 6.2, Hall e Jones utilizaram a versão 5.6), revisão de Heston, Summers e Aten (2006). A variável “produto por trabalhador” é obtida diretamente das PWT (variável RGDPW), enquanto as séries de

estoque de capital físico e capital humano precisaram ser estimadas (a primeira a partir dos dados de investimento, o segundo com base nos dados de escolaridade).

Para a construção da série de estoque de capital físico, é necessário determinar o valor do estoque de capital no início da série (que para o nosso exercício foi escolhido o ano de 1970). Adotamos como valor inicial o estoque de capital de estado estacionário em um modelo de Solow (a taxa de depreciação utilizada, seguindo Hall & Jones, foi de 6%). No entanto, a escolha do valor inicial do estoque de capital não deve ter grande influência sobre o resultado, uma vez que somente precisamos do valor do estoque de capital no ano 2000.

$$K_{1970} = \frac{inv_{1970}}{(n + g + \delta)}, \text{ onde } inv_{1970} \text{ indica o total de investimento em 1970.} \quad (10)$$

A partir do valor do estoque de capital para o ano de 1970, obtemos os valores para os anos seguintes a partir da seguinte relação: $K_{t+1} = K_t * (1 - \delta_t) + inv_t$.

Para construção da série de capital humano, utilizamos os dados da média de anos de escolaridade para cada país, conforme base de dados de Barro e Lee (2000). Os dados para o ano de 2000 são projeções realizadas pelos autores. A função $\phi(E_i)$ é definida como sendo linear em segmentos, e os valores de $\phi'(E_i)$ é definido de acordo com as evidências obtidas das regressões mincerianas dos salários. Utilizamos, a seguir, os mesmos valores adotados originalmente por Hall e Jones. De zero a quatro anos de educação, definimos a taxa de 13,4%, de acordo com evidências sobre o retorno de educação na África sub-saariana. De cinco a oito anos, assumimos uma taxa de 10,1%, correspondente ao retorno médio da educação no mundo todo. E, por último, para níveis de educação acima de oito anos, estabelecemos o valor de 6,8%, de acordo com a média para os países da OCDE.

Decomposição do produto

A partir de dados sobre produto por trabalhador, estoque de capital físico, retorno sobre educação e anos de escolaridade, podemos estimar (por resíduo) o valor de A_i . Seguindo a tradição na literatura de crescimento econômico (ver, por exemplo, Gollin (2002)), estabelecemos $\alpha = 1/3$.

Desta forma, já possuímos as estimativas dos três componentes em que decompomos o produto: o capital físico, humano e produtividade. Abaixo reproduzimos o exercício realizado por Hall e Jones para alguns países selecionados. O exercício foi atualizado para o ano 2000 e, para facilitar a comparação dos dados e seguindo o adotado originalmente, os termos da decomposição são apresentados como uma razão com o respectivo componente dos EUA.

Um dos principais resultados obtido por Hall e Jones é a primazia do nível de produtividade para a determinação do desempenho relativo dos países. Implica dizer que a acumulação de fatores de produção não é capaz de explicar a grande disparidade entre os níveis de produção por trabalhador encontrada nos dados.

Tabela 2: Decomposição do produto (dados em relação ao respectivo valor dos EUA)

Contribuições de:

País	Y/L	$(K/Y)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$	H/L	A
Estados Unidos	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Canadá	0,7426	1,1026	0,9462	0,7118
Itália	0,7581	1,1089	0,6774	1,0093
Alemanha	0,7605	1,1355	0,8437	0,7938
França	0,8242	1,0954	0,7685	0,9790
Reino Unido	0,7338	0,9447	0,8211	0,9460
Hong Kong	0,7497	1,1033	0,8277	0,8210
Cingapura	0,8758	1,3226	0,7551	0,8769
Japão	0,6643	1,3134	0,8422	0,6006
México	0,2925	1,0518	0,6589	0,4221
Argentina	0,4171	0,9912	0,7744	0,5434
Brasil	0,2306	1,0687	0,5292	0,4078
Índia	0,0899	0,6896	0,5408	0,2412
China	0,0997	0,9017	0,5962	0,1855
Quênia	0,0366	0,8823	0,4994	0,0832
Níger	0,0261	0,6977	0,3266	0,1144
Média (97 países)	0,3364	0,9191	0,6300	0,4875
Desvio-padrão	0,2929	0,2231	0,1736	0,3229
Correlação c/ Y/L (em logs)	1,0000	0,5335	0,8619	0,9276
Correlação c/ A (em logs)	0,9276	0,2090	0,6569	1,0000

* A amostra utilizada neste cálculo é menor do que a originalmente utilizada por Hall e Jones (1999) para permitir a comparação com os próximos exercícios, onde será necessária a disponibilidade do preço relativo dos bens de capital.

Klenow e Rodriguez-Clare (1997) adotam uma forma interessante de analisar a importância relativa de cada componente na explicação nas disparidades de renda.

Em primeiro lugar, agrupa-se a acumulação de fatores de produção no componente X :

$$y_i = \left(\frac{K_i}{Y_i}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} h_i A_i = X_i A_i \Rightarrow \ln y_i = \ln X_i + \ln A_i, \text{ onde } X_i = \left(\frac{K_i}{Y_i}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} h_i \quad (11)$$

Em seguida, pode-se realizar uma decomposição da variância de y_i nos componentes X_i e A_i :

$$\frac{\text{var} \ln(y_i)}{\text{var} \ln(y_i)} = \frac{\text{cov}(\ln(y_i), \ln(y_i))}{\text{var} \ln(y_i)} = \frac{\text{cov}(\ln(X_i), \ln(y_i)) + \text{cov}(\ln(A_i), \ln(y_i))}{\text{var} \ln(y_i)}, \text{ ou}$$

$$1 = \frac{\text{cov}(\ln(X_i), \ln(y_i))}{\text{var} \ln(y_i)} + \frac{\text{cov}(\ln(A_i), \ln(y_i))}{\text{var} \ln(y_i)} \quad (12)$$

Abaixo vemos uma tabela que decompõe a variância do produto por trabalhador em seus componentes.

Tabela 3: O papel de A e X na prosperidade em 1988 e 2000

	cov[ln(Y/L), ln Z] / var ln(Y/L)			
	$Z = \left(\frac{K_i}{Y_i}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$	$Z = h$	$Z = X$	$Z = A$
1988	18,98%	20,60%	39,58%	60,42%
2000	12,17%	21,19%	33,35%	66,65%

* Tamanho da amostra: 97 países.

Aqui os dados nos dão uma indicação clara sobre a resposta a uma das perguntas com que iniciamos este trabalho: a importância relativa da acumulação de fatores e da produtividade. Este resultado nos indica a preponderância da PTF na explicação das disparidades de desempenho entre os países: cerca de dois terços da variância do produto por trabalhador em 2000 (60% para 1988) pode ser explicado pela produtividade total dos fatores.

No entanto, este resultado é possivelmente sensível a mudanças na forma que os insumos são medidos. Como o nível de produtividade é obtido como um resíduo, qualquer fator que não tiver incorporado na medição agregada dos estoques de capital físico e humano, vão impactar a importância relativa de cada componente.

Uma possível falha nesse tipo de exercício empírico é o fato de não incorporar a possibilidade de heterogeneidade do capital, como a que vista no modelo de Jovanovic e Rob, analisada anteriormente. O fato do capital não ser homogêneo, e a sua qualidade poder diferir de país para país, pode estar causando um viés nos resultados obtidos até então.

Por este motivo, na próxima seção, faremos uma extensão do modelo utilizado por Hall e Jones, onde permitiremos a possibilidade do capital ser heterogêneo, partindo do referencial já desenvolvido.

b. Hall e Jones Revisitado: incorporando heterogeneidade do capital

Existe na literatura sobre crescimento econômico um debate sobre o que poderia explicar o desempenho econômico dos países: a acumulação de fatores de produção (seja capital físico ou humano) ou uma elevação na produtividade total de fatores.

Por exemplo, Mankiw, Romer e Weil (1992) – daqui em diante abreviado por MRW – estimam que o modelo de Solow, aumentado para incorporar capital humano, é capaz de explicar grande parte da variância do produto *per capita* entre os diferentes países. Young (1995) afirma que o milagre econômico ocorrido nos chamados “Tigres Asiáticos” foi devido

mais ao crescimento da força de trabalho e do estoque de capital, do que a ganhos de produtividade.

O trabalho de Klenow e Rodriguez-Clare (1997), que chama o movimento que acabamos de descrever de um “*Neoclassical Revival*”, chega a conclusões distintas. Eles partem do exercício realizado por MRW e, após reproduzir os resultados com dados mais recentes, buscam formas alternativas de medir a qualidade do capital humano e testam a robustez do resultado de MRW. A conclusão a que eles chegam é que o papel desempenhado pelo nível de produtividade aumenta consideravelmente quando o capital humano passa a ser corretamente medido.

Seguimos uma trajetória semelhante e, nesta seção, nosso objetivo é corrigir a nossa medida de estoque de capital pelas possíveis diferenças em termos de qualidade média do estoque de capital. Estratégia semelhante foi adotada em um trabalho mais recente, Manuelli e Seshadri (2007), em que eles se utilizam dos resultados de um modelo teórico para estimar a qualidade (não apenas a quantidade) de capital humano e seu impacto sobre os resultados relativos à importância relativa da PTF.

Decomposição do produto

Nesta nova estrutura, incorporamos na função de produção agregada um fator que permite não apenas que a quantidade de capital em cada país varie, mas também a sua qualidade.

$$Y_i = (q_i K_i)^\alpha (B_i H_i)^{1-\alpha} \quad (13)$$

Em que q_i representa a qualidade média do capital do país i e B_i representa o nível de produtividade (a mudança de A_i para B_i ocorreu para indicar que este parâmetro de produtividade é calculado com o capital ajustado pela qualidade).

Podemos identificar a série de qualidade média do capital já obtida como sendo a contraparte empírica do valor de q_i . Desta forma, o valor do estoque de capital físico para cada país, será ajustado por um fator de correção da qualidade, que é função do preço relativo dos bens de capital, conforme demonstrado anteriormente.

A cadeia de causas poderia ser descrita da seguinte forma: em dois países similares, exceto pelo preço relativo dos bens de capital, aquele em que as máquinas forem mais caras em termos de produto, verá seus produtores adiarem a decisão de investimento, ficarão com as máquinas tecnologicamente defasadas por mais tempo, o que levará a uma queda da qualidade média do capital. Portanto, ainda que os dois invistam o mesmo montante, aquele em que o preço relativo do capital for maior, terá menor nível de produto por trabalhador

O nosso próximo passo é investigar a relevância empírica desse canal e qual seu o impacto sobre o papel relativo da produtividade na explicação das disparidades do nível de produção por trabalhador.

Seguindo o que foi realizado originalmente por Hall e Jones, podemos decompor o produto em três componentes:

$$Y_i = (q_i K_i)^\alpha (B_i H_i)^{1-\alpha} \Rightarrow \frac{Y_i}{L} = \left(\frac{q_i K_i}{Y_i} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} h_i B_i \Rightarrow \ln\left(\frac{Y_i}{L}\right) = \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln\left(\frac{q_i K_i}{Y_i}\right) + \ln(h_i) + \ln(B_i) \quad (14)$$

Em seguida, podemos realizar a decomposição da variância proposta por Klenow e Rodriguez-Clare (1997), nos três componentes acima. Inicialmente, utilizaremos os dados originais do Hall e Jones para o ano de 1988, acrescido dos dados sobre preço relativo das PWT para esse ano.

A tabela abaixo mostra uma queda da importância da PTF e uma elevação do papel do estoque de capital após o ajuste da qualidade. Esse resultado é intuitivo, uma vez que existe uma correlação negativa entre o preço relativo dos bens de capital e a renda *per capita*, isto significa que países mais pobres terão menor qualidade do estoque de capital, o que aumenta a variabilidade do capital e reduz o papel do resíduo na explicação do produto. No entanto, esse efeito é quantitativamente pequeno, e o nível de produtividade total dos fatores continua sendo o principal fator explicativo da variabilidade nos níveis de produto por trabalhador.

Tabela 4: O papel de B e X na prosperidade em 1988

	cov[ln(Y/L), ln Z] / var ln(Y/L)			
	$Z = \left(\frac{q_i K_i}{Y_i} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$	$Z = h$	$Z = X$	$Z = B$
H&J (original)	18,98%	20,60%	39,58%	60,42%
H&J (aj. qualidade)	22,44%	20,60%	43,04%	56,96%

* Tamanho da amostra: 99 países. A amostra teve que ser ajustada em relação ao adotado originalmente por Hall e Jones, em virtude da indisponibilidade de dados sobre preço relativo para alguns países.

Abaixo replicamos o exercício para o último ano que temos a disponibilidade de todos os dados necessários (2000). O efeito do ajuste sobre a qualidade é ainda menos significativo para o ano de 2000. Ocorre apenas um aumento marginal na importância do estoque de capital, mas a importância da TFP, nos dois casos, é maior para o ano de 2000 do que para 1988.

Tabela 5: O papel de B e X na prosperidade em 2000

	cov[ln(Y/L), ln Z] / var ln(Y/L)			
	$Z = \left(\frac{q_i K_i}{Y_i} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$	$Z = h$	$Z = X$	$Z = B$
2000 (s/ aj. qualid.)	12,17%	21,19%	33,35%	66,65%

2000 (aj. qualidade)	13,48%	21,19%	34,66%	65,34%
-----------------------------	--------	--------	--------	--------

* Tamanho da amostra: 97 países.

O que vemos é que o resultado obtido a respeito da importância da TFP é robusto a alterações na forma de mensuração da qualidade do estoque de capital. Este resultado está em linha com evidências encontradas na literatura sobre a incapacidade do modelo neoclássico de explicar as diferenças internacionais de renda. Parente e Prescott (1999) chegam à conclusão semelhante utilizando um modelo de crescimento neoclássico (com TFP constante entre os países) a dois setores, ou seja, levando em consideração explicitamente o papel do preço relativo dos bens de capital, ainda assim o modelo falha em se ajustar adequadamente a experiência empírica.

O que vemos é que o resultado obtido a respeito da importância da TFP é robusto a alterações na forma de mensuração da qualidade do estoque de capital. Este resultado está em linha com evidências encontradas na literatura modelo falha em se ajustar adequadamente a experiência empírica.

c. Robustez dos resultados

Ao construirmos o nosso índice de qualidade média do capital, utilizamos diversas hipóteses referentes aos parâmetros do modelo. Apesar de termos escolhidos parâmetros em linha com o que é tradicionalmente utilizado na literatura empírica de crescimento econômico, é possível que a escolha esteja afetando os resultados obtidos até então.

O objetivo desta seção é analisar a robustez dos resultados obtidos, refazendo o exercício empírico para diversas configurações de parâmetros. Desta forma, é possível avaliar a sensibilidade dos resultados obtidos a variações nos parâmetros.

Na tabela abaixo, segue a configuração padrão (*benchmark*) utilizada previamente neste trabalho e, na tabela seguinte, diversas configurações alternativas testadas (todas com o valor de $\alpha = \frac{1}{3}$).

Tabela 6: Configuração padrão dos parâmetros (*benchmark*)

Depreciação (δ)	Tx. Progresso tecnológico (g)	Taxa de Juros (r)	Share do capital no produto (α)	$\theta = (\delta / g)$
5,0%	2,5%	4,0%	1/3	2,0

Tabela 7: Configurações alternativas dos parâmetros do modelo.

Configurações	Parâmetros
Configuração 1:	Parâmetros: benchmark. Sem ajuste na qualidade do capital.
Configuração 2:	Parâmetros: benchmark. Com ajuste na qualidade do capital.
Configuração 3:	$\delta = 6\%$; $g = 2,0\%$ ($\theta = 3$); $r = 4\%$.
Configuração 4:	$\delta = 3\%$; $g = 3,0\%$ ($\theta = 1$); $r = 4\%$.

Configuração 5:	$\delta = 5\%$; $g = 2,5\%$ ($\theta = 2$); $r = 2\%$.
Configuração 6:	$\delta = 5\%$; $g = 2,5\%$ ($\theta = 2$); $r = 6\%$.

Em seguida, refazemos o exercício empírico para cada um dos cenários propostos.

Tabela 8: O papel de B e X na prosperidade em 2000

	cov[ln(Y/L), ln Z] / var ln(Y/L)			
	$Z = \left(\frac{qK_i}{Y_i}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$	$Z = h$	$Z = X$	$Z = B$
Configuração 1	12,17%	21,19%	33,35%	66,65%
Configuração 2	13,48%	21,19%	34,66%	65,34%
Configuração 3	13,26%	21,19%	34,44%	65,56%
Configuração 4	13,67%	21,19%	34,85%	65,15%
Configuração 5	13,35%	21,19%	34,54%	65,46%
Configuração 6	13,62%	21,19%	34,80%	65,20%

A diferença entre os cenários 1 e 2 é a mesma já registrada anteriormente quando analisamos o impacto do ajuste na qualidade do capital. Ao analisarmos os cenários 3 (onde ocorre uma elevação da taxa de depreciação e uma queda de g), vemos uma elevação do papel da PTF em relação ao cenário 2 (*benchmark*), isto ocorre pois, com uma elevação da taxa de depreciação, ocorre um aumento na qualidade média do capital (pois aumenta a reposição por máquinas novas), aproximando os países da fronteira de qualidade, reduzindo a variação do estoque de capital entre eles. Vemos o movimento inverso, quando analisamos o cenário 4 (queda da taxa de depreciação e aumento de g) em relação ao cenário 2. Análise semelhante pode ser realizada para o efeito da variável r sobre os resultados do modelo.

No entanto, o efeito da mudança dos parâmetros é quantitativamente pouco significativo, não sendo suficiente para mudar o quadro que havíamos delineado anteriormente, ou seja, vemos que a PTF continua a explicar por volta de dois terços da variação do produto por trabalhador.

Um dos parâmetros de interesse é a fração da remuneração do capital na renda (α). A escolha padrão neste tipo de exercício é o valor $\alpha = 1/3$. Isto implica dizer que se a diferença na qualidade do capital entre dois países é de 4 vezes, isto somente é capaz de explicar uma diferença de duas vezes na renda entre dois países. Supondo que para os países i e j : $h_i = h_j$, $K_i = K_j$, $B_i = B_j$ e que $q_i = 4q_j$, temos:

$$\frac{y_i}{y_j} = \left[\left(\frac{q_i K_i}{Y_i} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \bigg/ \left(\frac{q_j K_j}{Y_j} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \right] \frac{h_i B_i}{h_j B_j} = \left(\frac{q_i}{q_j} \right)^{\frac{1/3}{1-1/3}} = (4)^{\frac{1}{2}} = 2. \quad (15)$$

Parente e Prescott (1999) analisam a possibilidade de que as medidas de investimento registradas na contabilidade nacional subestimem a verdadeira importância do capital no

produto. Inspirado por esta possibilidade, nós analisamos um caso extremo, em que a fração do capital no produto seria $\alpha = 2/3$. Neste tipo de situação, uma diferença de 4 vezes na qualidade do capital, leva a uma diferença de 16 vezes no nível de renda.

Tabela 9: Configurações alternativas dos parâmetros do modelo (com $\alpha = 2/3$).

Configurações	Parâmetros
Configuração 7:	Parâmetros: benchmark. Sem ajuste na qualidade do capital.
Configuração 8:	Parâmetros: benchmark. Com ajuste na qualidade do capital.

Em seguida, refazemos o exercício empírico para cada um dos cenários propostos.

Tabela 10: O papel de B e X na prosperidade em 2000 (com $\alpha = 2/3$).

	cov[ln(Y/L), ln Z] / var ln(Y/L)			
	$Z = \left(\frac{qK_i}{Y_i}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$	$Z = h$	$Z = X$	$Z = B$
Configuração 7	48,68%	21,19%	69,86%	30,14%
Configuração 8	53,91%	21,19%	75,09%	24,91%

* Tamanho da amostra: 97 países.

A mudança do valor de α aumenta o papel do estoque do capital e das diferenças de qualidade. Este último componente, mesmo neste cenário extremo, não é capaz de explicar parte significativa das disparidades no nível de produto. O objetivo deste exercício, mais do que sugerir a utilização de um valor diferente do α , era avaliar o comportamento dos resultados do modelo, e o papel da qualidade do capital em particular, sob condições distintas da normalmente adotada.

A conclusão final deste exercício de robustez do modelo é que os resultados não são muito sensíveis a modificações nos parâmetros do modelo e que diferenças no nível de produtividade total dos fatores permanece como a explicação mais plausível para as diferenças no desempenho econômico observada entre os países.

4. UMA ANÁLISE DO DESEMPENHO ECONÔMICO DO BRASIL

Até o momento, temos nos concentrado em uma análise do desempenho econômico dos países, e seus determinantes, em um determinado momento do tempo (*cross-section*). O nosso objetivo agora não é tentar encontrar respostas para as diversas questões da historiografia econômica contemporânea, mas, realizar uma breve análise da experiência de crescimento do Brasil, a partir do arcabouço desenvolvido anteriormente, em uma perspectiva de longo prazo.

a. Componentes do desempenho econômico do Brasil

Nesta seção, iremos analisar a experiência brasileira a partir da década de 1970. No entanto, não podemos simplesmente replicar o exercício anterior, uma vez que agora precisamos de uma análise dinâmica, que leve em conta o efeito da variação do preço relativo do capital sobre a evolução da distribuição da qualidade das máquinas. Para isso, ao invés de calibrar o modelo, vamos utilizar técnicas de simulação para obter a nossa medida de qualidade média do capital.

A distribuição estacionária da idade das máquinas é dada por uma exponencial truncada (ver (1) acima). Realizamos inicialmente uma extração aleatória de tamanho N dessa distribuição (onde N é o número de máquinas na economia). Obtida a estimativa da distribuição inicial da idade das máquinas, calculamos a qualidade relativa através da definição $z(t) = k / K = e^{-\delta t}$, para uma máquina de idade t. Para os períodos seguintes, basta aplicar a política (s,S) definida anteriormente, onde a idade-limite da máquina é determinada período a período pela relação (5). Calculando a média da qualidade das N máquinas em cada período, obtemos uma série de qualidade média do estoque de capital. Como o resultado depende da particular extração aleatória realizada, repetimos esse procedimento S vezes, e a média dessas simulações é a medida de qualidade do capital que, por fim, utilizaremos neste trabalho. Abaixo segue a configuração de parâmetros que utilizamos na simulação.

Tabela 11: Configuração dos parâmetros para a simulação

Número de máquinas (N)	Número de Simulações (S)	Taxa de Juros (r)	Depreciação (δ)	Tx. Progresso tecnológico (g)
1.000	500	8,0%	5%	2,5%

Para facilitar a comparação com outros estudos realizados para o Brasil, vamos adotar uma decomposição mais tradicional na literatura, um pouco distinta da utilizada por Hall e Jones (1999):

$$Y_i = (q_i K_i)^\alpha (H_i A_i^*)^{1-\alpha} \Rightarrow \frac{Y_i}{L_i} = \left(\frac{q_i K_i}{L_i} \right)^\alpha (h_i)^{1-\alpha} A_i, \text{ onde } h_i = \frac{H_i}{L_i} = e^{\phi(E)} \text{ e } A_i = (A_i^*)^{1-\alpha} \quad (16)$$

Neste exercício, vamos seguir a metodologia adotada por Hall e Jones (1999) para a construção do estoque de capital humano para o Brasil, ou seja, a partir de dados sobre a média de anos de escolaridade e evidências microeconômicas (regressões *mincerianas* de salário) a respeito de taxas de retorno da educação. Os dados sobre a média de anos de estudo foi obtida no IPEA e, devido à baixa variabilidade da série, os dados para os anos em que não houve divulgação foram interpolados. Devido à disponibilidade de dados, nossa análise se concentra no período de 1970 a 2003.

Uma conclusão interessante que podemos tirar desse exercício é que a experiência de crescimento do Brasil se concentrou, principalmente, na acumulação de fatores de produção, com destaque para o papel do capital humano. Apesar de ainda estar distante em relação aos países da OCDE, o fato de o capital humano ter esse papel no Brasil advém do fato do retorno da educação ser maior quando o nível educacional é baixo. Esse fato está em linha não só

com a experiência internacional, bem como em evidências para o Brasil [ver, por exemplo, Langoni (1973)].

Podemos, em seguida, realizar a decomposição da variância de $\ln Y/L$, como fizemos anteriormente para a *cross-section* de países.

Tabela 12: O papel de A e X na experiência brasileira

	cov[ln(Y/L), ln Z] / var ln(Y/L)			
	$Z = \left(\frac{q_i K_i}{L_i}\right)^\alpha$	$Z = (h)^{1-\alpha}$	$Z = X$	$Z = A$
Sem ajuste qual. K	45,39%	42,14%	87,53%	12,47%
Com ajuste qual. K	43,44%	42,14%	85,58%	14,42%

* Tamanho da amostra: 34 anos.

O que vemos na tabela acima é que, de forma distinta da estimada no exercício em *cross-section*, a acumulação de fatores de capital (tanto físico, quanto humano) explica em grande parte a variância do produto por trabalhador no Brasil, nas últimas três décadas.

Além disso, vemos que a inclusão do ajuste na qualidade do capital *diminui* a importância deste na explicação da variação do produto, ao contrário do que ocorreu no exercício em *cross-section*. Uma explicação para esse fato seria a ocorrência de uma elevação do estoque de capital justamente em um período em que ocorre uma elevação do preço relativo dos bens de capital, ou seja, a elevação na quantidade de capital acaba sendo, em certa medida, compensada pela queda na qualidade média, o que reduziria a variação no insumo capital ao longo do tempo, aumentando a importância relativa da PTF.

5. CONCLUSÃO

O que determina a prosperidade das nações? A literatura tem concentrado a sua atenção em dois fatores principais: a acumulação de capital (físico e humano) e ganhos de produtividade. Uma questão que imediatamente se coloca é a importância relativa de cada um desses fatores na explicação das disparidades de renda e produto. Neste trabalho, analisamos se a importância dada ao nível de produtividade total de fatores permanece após correções de possíveis erros na mensuração do estoque de capital. A partir de resultados de um modelo teórico, construímos um índice de qualidade média do capital, e chegamos à conclusão de que isso não é suficiente para aumentar de forma significativa a importância relativa da acumulação de capital físico. O fato do nível da PTF ter grande explicativo neste de exercício é de grande importância para a definição de agendas de pesquisa e direcionamento de esforços de desenvolvimento teórico.

Em seguida, realizamos uma breve análise da experiência de crescimento brasileira. Incluímos na análise o papel do preço relativo dos bens de capital e seu impacto sobre a qualidade média do capital. Replicamos, em uma perspectiva dinâmica, o exercício que fizemos para a *cross-section* de países. Os resultados, no entanto, destacaram a importância da acumulação de capital, físico e humano, na explicação da experiência brasileira.

Referências

- Acemoglu, Daron, Simon Johnson and James Robinson (2005) "Institutions as a Fundamental Cause of Long-Run Growth." in Philippe Aghion and Steven Durlauf (editors) Handbook of Economic Growth, North Holland, Amsterdam, pp. 384-473.
- Alan Heston, Robert Summers and Bettina Aten, Penn World Table Version 6.2, Center for International Comparisons of Production, Income and Prices at the University of Pennsylvania, September 2006
- Barro, Robert J. and Jong-Wha Lee (2000), "International Data on Educational Attainment: Updates and Implications" CID Working Paper No. 42
- Gollin, D. (2002). "Getting Income Shares Right." Journal of Political Economy 110: 458-474.
- Hall, R. E., and Jones, C. I. (1999). "Why Do Some Countries Produce So Much More Output Per Worker Than Others?," Quarterly Journal of Economics, February 1999, vol. 114(1), pages 83-116.
- Jones, Charles I. (1997). "Convergence Revisited" Journal of Economic Growth 2: 131-153.
- Jovanovic, B., Rob, R. (1997) "Solow vs. Solow: Machine Prices and Development" NBER Working Paper #5871.
- Klenow, P. and Rodríguez-Clare, A. (1997). "The Neoclassical Revival in Growth Economics: Has it Gone Too Far?" in Ben Bernanke and Julio Rotemberg, eds., Macroeconomics Annual 1997. Cambridge, MA: MIT Press, 1997, pp. 73-102.
- Langoni, Carlos G. (1973). "Distribuição da renda e desenvolvimento econômico do Brasil". Editora Expressão e Cultura, Rio de Janeiro.
- Lucas, Robert E. (1988) "On the Mechanics of Economic Development." Journal of Monetary Economics, 22, pp. 3-42
- Mankiw, N. Gregory, David Romer, and David N. Weil (1992) "A Contribution to the Empirics of Economic Growth." Quarterly Journal of Economics, 107, pp. 407-37.
- Manuelli, R. and A. Seshadri (2007), "Human Capital and the Wealth of Nations," manuscript.
- Parente, S.L. and E.C. Prescott. (2002). "Barriers to Riches", Cambridge, MA: MIT Press.
- Solow, Robert M. (1956) "A Contribution to the Theory of Economic Growth." Quarterly Journal of Economics, 70, pp. 65-94.
- Solow, Robert M. (1959) "Investment and Technical Progress", em Arrow, Karlin and Suppes (eds.), Mathematical Methods in the Social Sciences, Stanford University Press.
- Young, A. (1995). "The Tyranny of Numbers: Confronting the Statistical Realities of the East Asian Growth Experience." Quarterly Journal of Economics, 110(3): 641-80.