

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO**  
**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**

**MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO**

**A PRODUTIVIDADE MARGINAL DO CAPITAL E O DESENVOLVIMENTO  
ECONÔMICO DOS TIGRES ASIÁTICOS**

Bruno Valladares Guimarães Taboada

Número da matrícula: 1013019

Orientador: Hamilton Kai

**Julho 2015**

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO**  
**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**

**MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO**

**A PRODUTIVIDADE MARGINAL DO CAPITAL E O DESENVOLVIMENTO  
ECONÔMICO DOS TIGRES ASIÁTICOS**

Bruno Valladares Guimarães Taboada

Número da matrícula: 1013019

Orientador: Hamilton Kai

**Julho 2015**

Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri para realizá-lo, a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor.

**As opiniões expressas nesse trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor.**

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	5
2. O cálculo do produto marginal do capital.....	9
2.1 O modelo de Solow.....	9
2.2 Os ajustes de Mankiw, Romer e Weil (1992) e Lucas (1988) .....	12
2.3 Outros métodos de cálculo.....	12
3. Penn World Table.....	16
4. As Variáveis PTF, trabalho, capital e capital humano.....	17
4.1 PTF.....	17
4.2 Trabalho.....	20
4.3 Capital.....	23
4.4 Capital Humano.....	24
5. Gráficos.....	27
6. Conclusão.....	32
7. Referências bibliográficas.....	34

## 1. Introdução

Esta monografia tem como propósito estudar o produto marginal do capital durante o desenvolvimento econômico do grupo denominado Tigres Asiáticos, especificamente, Hong Kong, Coréia do Sul, Cingapura e Taiwan.

Até o início da década de 1960 esses países tinham economias fracas e populações pobres. Entretanto, menos de 30 anos depois passaram a figurar no grupo dos países desenvolvidos no mundo. Como podemos ver na tabela 1, os Tigres Asiáticos, considerados “Milagres econômicos”, começaram a divulgar taxas de crescimento que beiravam os 6% ao ano durante um período relativamente longo. Para termos um parâmetro, o PIB per capita de Hong Kong em 1990 chegou a ser o maior dentre todos os países desenvolvidos, exceto os Estados Unidos. Muitas teorias surgiram com o objetivo de explicar esse crescimento explosivo, questionando se tal avanço poderia ser mantido no longo prazo. Uma resposta positiva indicaria que os Tigres Asiáticos seriam os países mais ricos do mundo em questão de poucas décadas. Na prática, vimos que isso não ocorreu.

Nessa monografia vamos pesquisar como se comportou o produto marginal do capital nesse período e como ele se comporta em outras economias, estejam elas mais próximas do cenário em que se encontravam os Tigres Asiáticos na década de 1960-70, ou em cenários mais parecidos em que se encontram hoje em dia. Nosso objetivo inicial será entender os modelos mais influentes de crescimento assim como as variações do cálculo do produto marginal do capital. Em seguida, analisaremos a trajetória deste último ao longo do tempo à medida que o capital é acumulado e outras variáveis incluídas. Observaremos os resultados para diferentes economias, comparando as curvas de produtividade marginal em cada caso. Passada a análise inicial, esperamos poder identificar a impossibilidade de obter crescimento econômico sustentável no longo prazo com simples acumulação de capital, sendo impossível, portanto, atribuir somente a esse fator o desenvolvimento do nosso grupo foco da pesquisa.

Tabela 1

	PIB per capita, 1990 (em US\$)	PIB por trabalhador, 1990 (em US\$)	Taxa de participação da mão-de-obra (%)	Taxa média anual de crescimento, 1960-90 (%)	Anos necessários para duplicar o PIB
<b>Países "ricos"</b>					
EUA	18.073	36.810	0,49	1,4	51
Alemanha Ocidental	14.331	29.488	0,49	2,5	28
Japão	14.317	22.602	0,63	5	14
França	13.896	30.340	0,46	2,7	26
Reino Unido	13.223	26.767	0,49	2	35
<b>"Milagres Econômicos"</b>					
Hong Kong	14.854	22.835	0,65	5,7	12
Cingapura	11.698	24.344	0,48	5,3	13
Taiwan	8.067	18.418	0,44	5,7	12
Coréia do Sul	6.665	16.003	0,42	6	12

\*\*Fonte: Penn World Tables 5.6, uma atualização de Summers e Heston (1991) e cálculos de I.JONES, Charles\*

Notas: os dados relativos a PIB estão em dólares de 1985. A taxa de crescimento é a variação anual média do log do PIB por trabalhador.

Gráfico 1

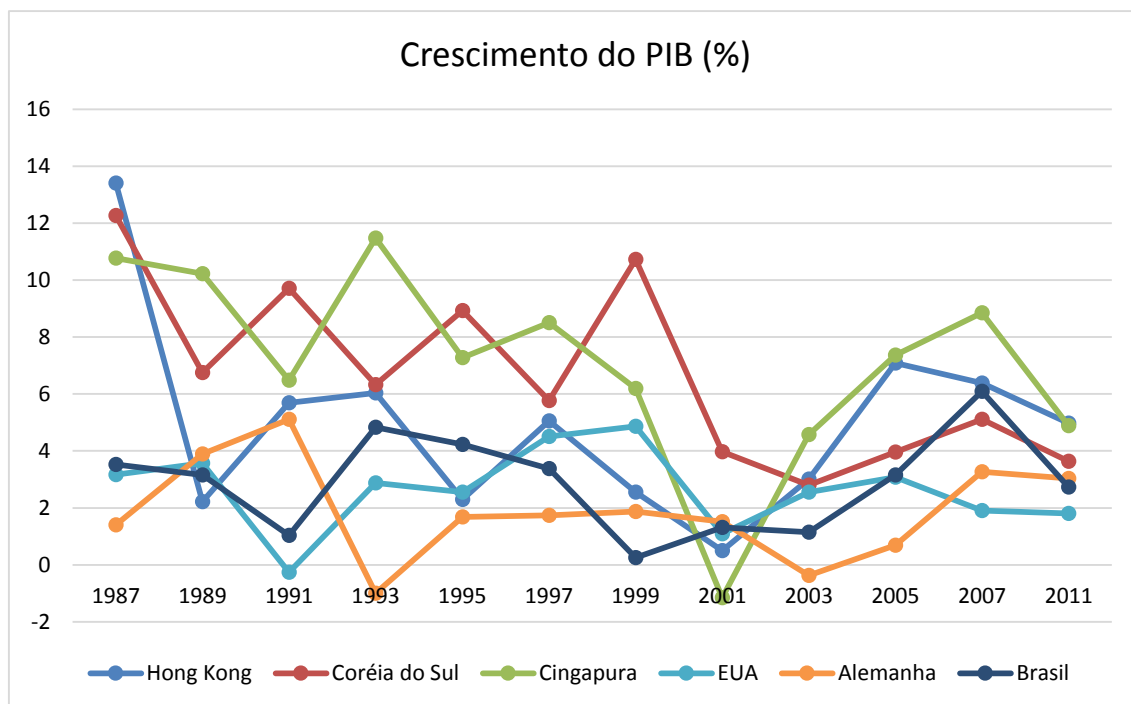


Tabela 2

**Crescimento do PIB (%)**

Tigres Asiáticos	1970	1990	2011
HKG	9,43	3,90	4,97
KOR	8,41	9,30	3,63
SING	13,71	10,11	4,89
EUA e Alemanha			
EUA	0,19	1,86	1,80
ALE	4,76	5,26	3,03
América Latina			
BRA	10,92	-4,35	2,73
ARG	3,20	-1,34	8,87

Podemos observar que apesar do crescimento médio dos Tigres Asiáticos ter sido elevado, ele foi decaindo ao longo do tempo. Em 1987, Hong Kong chegou a registrar crescimento de quase 14% e a Coreia do Sul chegou a 13,7% em 1970 de avanço do PIB. Comparativamente, podemos perceber que o PIB dos EUA e da Alemanha registraram crescimentos bem mais modestos, de 4,76% e 0,19% respectivamente para o mesmo ano.

Parte significativa da desaceleração do crescimento reside justamente em um dos principais fatores que propiciaram tal avanço, a acumulação de capital físico. Fato este melhor explicado na década anterior a essa explosão de crescimento, em 1956, no artigo “A Contribution to the Theory of Economic Growth” de Robert Solow. Solow (1956) formulou um modelo de crescimento econômico de longo prazo que não poderia ser sustentado somente pela acumulação de capital, determinando que o produto marginal do capital é decrescente e, não havendo progresso tecnológico, seria impossível qualquer país sustentar crescimento econômico estável por um período muito longo.

Vemos, contudo, que outros pesquisadores se aprofundaram nas pesquisas de Solow e desenvolveram seu modelo incluindo variáveis com o objetivo de deixá-lo o mais real possível, ajudando a interpretação dos resultados. Dessa forma, veremos que Mankiw, Romer e Weil (1992) incluem o capital humano no modelo de Solow, enquanto outros como Caselli (2007) e Banerjee e Duflo (2004) fazem críticas à forma como é feito o cálculo do PMgk pelo modelo neoclássico, refazendo os cálculos de maneiras alternativas.

No capítulo 2 faremos uma breve revisão, começando pelo modelo proposto por Solow(1956) até as principais contribuições de Mankiw, Romer e Wail (1992) e Lucas

(1988). Assim, encontrarei um modelo base, o qual utilizarei para o cálculo do produto marginal do capital e para a confecção de gráficos e tabelas. Em seguida, veremos formas alternativas para o cálculo do PMgk e suas conclusões acerca da evolução do parâmetro entre os países. Adiante, vamos observar os gráficos que mostram a queda ao longo do tempo do produto marginal do capital, tanto nos países foco do estudo como em outras economias, como a de países da América Latina, Europa e América do Norte. Será importante verificar também a magnitude da queda para cada caso. No capítulo 3 veremos gráficos que demonstram como cada variável presente no cálculo do PMgK se comporta, como a produtividade total dos fatores (PTF), o capital humano e a participação do trabalho e capital na renda. Esperamos, dessa forma, conseguir encontrar possíveis explicações para os motivos de cada trajetória especificamente.

Finalmente teremos como objetivo concluir como o avanço das economias dos também chamados PIRs (Países de Industrialização Recente) não pôde continuar com a mesma intensidade por um período muito longo de tempo. Assim como “O milagre econômico” dos Tigres Asiáticos foi fortemente influenciado pelo aumento de capital físico no curto prazo e que nunca poderia ter se mantido se não fosse pelo avanço de outros fatores, como por exemplo, progresso tecnológico e capital humano.



## 2. O cálculo do produto marginal do capital

### 2.1 O Modelo de Solow

Nesse capítulo iremos entender o caminho até o produto marginal do capital. Solow iniciou seu artigo analisando outro modelo de crescimento, o modelo de Harrod e Domar, em que capital e trabalho são insumos complementares perfeitos, utilizados em proporções fixas na produção, ou seja, não há possibilidade de substituição entre K (capital agregado) e L (trabalho). Para Solow, em uma análise de curto prazo, talvez essa hipótese possa ser considerada, entretanto, expandindo o tempo para períodos mais longos a ideia torna-se forte demais para ser sustentada. No longo prazo, é bem mais factível pensar trabalho e capital como bens passíveis de substituição entre si no processo produtivo. Se levarmos em conta que o salário está muito alto, por exemplo, existe grande possibilidade de firmas diminuírem sua quantidade de trabalhadores e os substituírem por máquinas (capital físico), por outro lado, se o custo do capital torna-se demasiado elevado, as firmas tenderão a alterar o processo produtivo de forma a manter a produção utilizando menos trabalhadores.

Solow então, introduz seu trabalho dizendo que se concentrará em um modelo de crescimento de longo prazo, e que aceitará todas as suposições do modelo de Harrod e Domar, exceto a de proporções fixas dos fatores de produção já citada acima. Dessa forma, consideraremos modelo de crescimento de Solow sob as hipóteses de um mundo: “formado por países que produzem e consomem um único bem homogêneo (produto), (...) é conveniente pensar nesse produto como unidades do produto interno bruto, ou PIB, de um país”<sup>1</sup>. Não há comércio internacional, e por enquanto, não há tecnologia.

O modelo de Solow é constituído com base em apenas duas equações, uma função de produção e uma equação de acumulação de capital. A primeira, uma função Cobb-Douglas pelo motivo explicado acima, considera o produto (PIB) Y em função das variáveis capital agregado (K), que inclui máquinas, aluguel, ferramentas, fábricas, etc. E trabalho (L).

$$Y = f(K, L) = K^\alpha L^{(1-\alpha)} \quad \text{*função de produção (sem tecnologia)} \quad (1)$$

---

<sup>1</sup> Charles I. Jones, “Introdução À Teoria do Crescimento Econômico”

$$y = \frac{Y}{L} \quad \text{*produto per capta} \quad (2)$$

$$k = K/L \quad \text{*capital per capta} \quad (3)$$

Assim, podemos encontrar o produto por trabalhador:

$$y = k^\alpha \quad (4)$$

Onde  $\alpha$  é um número entre 0 e 1, que representa a parcela do capital no produto final ( $Y$ ), ou seja o pagamento a esse fator de produção. Analogamente  $1 - \alpha$  indica a participação do trabalho no produto, ou seja, sua remuneração na produção. Consideramos assim, retornos constantes de escala e, para tal, consideramos também que estamos em um mercado sob concorrência perfeita em que as empresas são tomadoras de preços. Assim, ao maximizarem seus lucros, contratarão funcionários caso a sua produtividade marginal for maior ou, analogamente, instalarão máquinas. Isso ocorrerá até que as produtividades marginais se igualem ao salário pago a um funcionário e ao aluguel do capital físico respectivamente.

A outra função é a de acumulação de capital já presente no modelo de Harrod e Domar.

$$K' = sY - dK \quad \text{*acumulação de capital agregado} \quad (5)$$

No qual  $K'$  é a variação no estoque de capital,  $s$  é a taxa de poupança (para Solow tanto a população poupa a uma taxa constante),  $Y$  é o produto,  $d$  é a taxa de depreciação do capital e  $K$  é capital agregado. Com isso, temos que a variação no estoque de capital é igual ao total de investimento bruto ( $sY$ ) considerando que estamos em uma economia fechada e por isso poupança é igual ao investimento e este é emprestado as firmas para que esta o utilize no processo de produção, menos a depreciação do capital no processo produtivo. A taxa de depreciação também é constante. Para analisar o comportamento do capital por trabalhador conforme sua acumulação, vemos que tirando o log e derivando a equação (2):

$$\log k = \log K - \log L$$

$$k'/k = K'/K - L'/L \quad (6)$$

$L'/L$  equivale a taxa de crescimento da força de trabalho, que racionalmente podemos igualar a taxa de crescimento da população ( $n$ ). Combinando (5) com (6) temos

$$k'/k = sy/k - n + d$$

$$k' = sy - (n+d)k \quad \text{*acumulação de capital por trabalhador} \quad (7)$$

Chamamos de estado estacionário da economia, o estado em que, dado uma variação no estoque de capital por trabalhador igual a 0 ( $k' = 0$ ), o montante de investimento em capital se iguala ao montante de investimento necessário para manter o capital por trabalhador constante,  $(n+d)k$ . Assim sendo, nessa versão simples do modelo, podemos perceber as possíveis trajetórias da produtividade marginal do capital assim como a impossibilidade de algum crescimento no produto por trabalhador.

Pmgk:

$$\text{Derivando a equação (4) temos: } y = \alpha k^{(\alpha-1)}$$

Por essa equação vemos que o PmgK é decrescente quando  $k$  tende a infinito, dado que  $0 < \alpha < 1$ , o coeficiente de  $k$  será sempre menor que 0. A solução de Solow para a equação é a inclusão de uma variável para tecnologia, chegando a conclusão final de que é o avanço tecnológico que não permite que o Pmgk não seja decrescente.

Logo, o capital agregado no modelo de Solow com tecnologia será multiplicado por  $A$ , variável que representa a produtividade total dos fatores.

$$Y/L = K^\alpha L^{(1-\alpha)} A^{(1-\alpha)} / L$$

$$y = k^\alpha A^{(1-\alpha)}$$

$$dy/dk = \alpha k^{(\alpha-1)} B$$

Onde  $B$  é um fator agregado da produção total dos fatores (PTF).

## 2.2 Os ajustes de Mankiw, Romer e Weil (1992) e Lucas (1988)

Em 1992, Mankiw, Romer e Weil publicaram um artigo chamado “a Contribution to the Empirics of Economic Growth”, no qual propõem um aumento no modelo de desenvolvimento de Solow, e assim, uma modificação no cálculo do Pmgk. Os economistas concluem que, apesar do modelo de Solow apresentar bom desempenho, seu ajuste seria melhorado com a inclusão de outra variável: capital humano.

Os economistas indicam que tanto a taxa de poupança como a taxa de crescimento populacional afetam a renda per capita na direção que relata Solow, inclusive que mais da metade da diferença de renda entre um país e outro pode ser explicada por essas duas variáveis. Entretanto, o modelo não indica corretamente a magnitude desse impacto, e mostram que os efeitos, tanto da poupança quanto do crescimento populacional, na renda são superestimados por Solow. Mankiw, Romer e Weil credenciam esse “equivoco” à não inclusão da variável capital humano no modelo de desenvolvimento econômico, uma vez que isso causaria um viés de variável omitida no cálculo do capital e renda. A ideia expressa é introduzir o capital humano como mais um termo exógeno na função de produção, considerando também que a economia acumula capital humano tal como acumula capital físico: abrindo mão do consumo. Lucas (1988 e 1993) e Romer (1990) analisam essa influência sob a ótica de um modelo de crescimento endógeno, e supondo que as pessoas gastam tempo acumulando qualificações, como quando os estudantes frequentam a escola. Concluímos assim que o modelo de crescimento de Solow poderia ser melhor corrigido caso utilizasse o capital humano como mais um fator de ajuste.

Finalmente chegamos à fórmula que será a base para o nosso cálculo final da produtividade marginal do capital:

$$Y = AF(K, L) = AK^\alpha(Lhc)^{(1-\alpha)} \quad (8)$$

Tal que L é o número de trabalhadores nessa economia e hc a média do capital humano.

## 2.3 Outros métodos de cálculo

Caselli (2007) no artigo “The Marginal Product of Capital” faz críticas ao uso dessa equação para calcular o PMgk. Segundo seu artigo, intuitivamente, caso o estoque de capital fosse alocado de forma eficiente entre os países ao redor do mundo, os PMgks deveriam apresentar valores relativamente semelhantes em todos os casos. Entretanto, o

PMgk depende, majoritariamente, da relação de capital e trabalho de cada país e como estas variam substancialmente entre os países, há de se notar que as PMgks também deveriam ser diferentes. Dessa forma, teríamos que concluir que existem importantes atritos no mercado de capitais internacional que impedem uma alocação de capital eficiente entre países. Além disso, Caselli indica que existem outros fatores que colaboram para uma diferença da produtividade marginal do capital, como o capital humano e a produtividade total dos fatores de cada país.

Diferentes métodos já foram testados para tentar calcular estimativas para a PMgk na tentativa de realizar comparações entre países. Caselli (2007) cita três principais. A primeira é a comparação entre as taxas de juros dos países, que é considerada bastante problemática por ele uma vez que em países onde a economia é financeiramente mais controlada e distorcida, as taxas de juros sobre ativos financeiros podem não representar corretamente o custo do capital efetivamente considerado pelas firmas.

A segunda é uma variante da regressão de  $\Delta Y$  (variação no PIB) em  $\Delta K$  (variação no estoque de capital agregado) em diferentes grupos de países e comparar o coeficiente encontrado com o  $\Delta K$ . Caselli também rechaça esse método dizendo que essa tentativa normalmente se baseia em suposições irrealistas de identificação.

A terceira estratégia seria a de calibração, na qual escolhe-se uma fórmula para a relação entre capital físico e produto final, medindo também os fatores complementares adicionais, como o capital humano e produtividade total dos fatores (PTF), que afetam a PmgK. Contudo, Caselli diz ser uma tarefa bastante ambiciosa considerar completamente os fatores complementares citados anteriormente e que, por isso, não gostaria de confiar exclusivamente nesse método. Dessa forma, o autor aponta que: “seja por si ou entre si, os resultados provenientes desses três métodos variam muito”. Concluindo que o esforço para encontrar resultados confiáveis para comparações entre PmgK em diferentes países ainda não foi compensado.

Finalmente, Caselli compara as Pmgks entre países, considerando que sob condições aproximadas de competição perfeita no mercado de capitais, o Pmgk iguala a taxa de retorno do capital, e esta última multiplicada pelo estoque de capital iguala a renda do capital. Assim, o produto marginal agregado do capital pode ser facilmente reconstruído através de dados de renda total, valor do estoque de capital e da participação do capital na renda.

Quando faz a comparação entre as Pmgks, inicialmente chamadas de “ingênuas”, Caselli encontra diferenças substanciais, as quais ele vai denegrindo com a inclusão de fatores que ele julga essenciais para a comparação. A primeira delas é o capital natural dos países como insumos, por exemplo, terras e outros recursos naturais.

Com esta inclusão Caselli indica que, por esse motivo, a medida padrão para o cálculo da parcela do capital na renda (1- a parcela do trabalho) não seria adequada para medir a produtividade marginal do capital reproduzível (capital acumulado proveniente de investimento). Usando dados do Banco Central, Caselli separa o capital natural dos países do capital reproduzível, com o objetivo último de calcular efetivamente a produtividade marginal do capital investido. Com isso as diferenças de PMgks já diminuem consideravelmente, em seguida Caselli faz a segunda inclusão, a consideração de economias multisetoriais, contrário ao cálculo “ingênuo” do PMgK que considerava economias com apenas um setor como proxy para todos os outros.

Dessa forma, Caselli chega a diferença dos preços relativos do investimento e dos produtos finais, considerando que mesmo o investidor de um país mais pobre que tenha acesso ilimitado ao crédito internacional nas mesmas condições que um investidor de um país rico, a produtividade marginal do capital físico será maior nos países pobres se o preço relativo dos bens de capital forem maior lá. Intuitivamente, investidores em capital físico de países mais pobres devem ser compensados com uma maior produtividade marginal desse capital físico uma vez que este é mais caro em seus países (relativamente aos preços da produção). Tal fator também viesaria a produtividade marginal, uma vez que um maior custo para instalação do capital investido com crédito internacional demandaria uma margem maior de preços finais, irreais para certos países em desenvolvimento. Incluindo essas duas variáveis em seus cálculos, Caselli conclui que na realidade não há distorções de crédito entre nações, e as produtividades marginais do capital praticamente se igualam em todos os países.

Outro exemplo alternativo ao modelo neoclássico utilizado para o cálculo do PMgk, é exposto por Banerjee e Duflo (2004). Segundo Banerjee e Duflo, assumindo inicialmente que a função de produção neoclássica só dependesse de capital e trabalho, chegaremos automaticamente a uma lógica da convergência. A lógica se justifica pelo formato côncavo da curva de produção agregada do modelo neoclássico, que implica em um maior retorno do capital em países onde este é escasso, ou seja, em países mais pobres. Assim, conforme o estoque de capital agregado vai aumentando, sua produtividade marginal vai

diminuindo, chegando a uma taxa próxima de zero. Contando que a função de produção agregada de todos os países seja igual, todos os países acabariam igualmente ricos.

Entender o porquê dessa convergência não ter ocorrido é considerado por eles como um objetivo chave no estudo do crescimento econômico. Seguindo essa linha, os economistas enxergam que o problema está no uso da função de produção agregada, sugerindo outro método para o cálculo do crescimento econômico e da produtividade marginal do capital que não a utiliza.

Para os economistas, duas das principais implicações do modelo neoclássico estão na raiz do problema da teoria da convergência, são elas o fato de tanto o  $PMgk$  como a taxa de retorno do investimento serem maiores em economias mais pobres. Segundo o método de Banerjee e Duflo, isso não acontece, na realidade ambos os retornos são, em média, bem semelhantes ao de países desenvolvidos.

Contudo, uma das explicações da não convergência pelo modelo neoclássico estaria no atraso tecnológico e nas diferenças de capital humano. Esse argumento é ressaltado por Banerjee e Duflo pela evidencia de que na verdade, algumas empresas em países mais pobres utilizam tecnologias mais avançadas, enquanto outras firmas ainda trabalham de modo antiquado.

Por tanto, o que realmente deveria ser explicado é o porquê de algumas firmas não utilizarem tecnologias mais avançadas uma vez que estas estão disponíveis. Assim, são estudadas possíveis fontes do uso ineficiente dos recursos, que explicariam o motivo dos investimentos não serem alocados onde as taxas de retorno são maiores.

Finalmente, os economistas introduzem uma teoria de crescimento alternativa que não utiliza a função de produção agregada do modelo neoclássico e, por isso, aceita a má alocação de recursos.

Contudo, mesmo considerando todos os fatores expostos acima, nessa pesquisa vamos calcular o  $PMgk$  seguindo o modelo neoclássico de crescimento econômico. Os dados que vamos utilizar serão do Penn World Table 8.0. Nosso objetivo será analisar a trajetória da  $PMgk$  por esse método, principalmente para os Tigres Asiáticos, e analisar a trajetória das principais variáveis que compõe seu cálculo, como a PTF e o capital humano.

### 3. Penn World Table

Robert Inklaar e Marcel Timmer (2013) em “Capital, Labor and TFP in PWT8.0” realizam uma abrangente pesquisa com o objetivo de obter dados mais precisos sobre variáveis de suma importância para o nosso cálculo da produtividade marginal do capital. Fazendo principalmente comparações aos métodos usados por Caselli (2005). A introdução desse trabalho enumera as razões que fazem dessa fonte de um avanço em relação à esse trabalho de Caselli.

Um dos avanços indicados por Inklaar e Timmer é o desenvolvimento de medidas para o capital humano para mais de 120 países ao longo de quase 60 anos, dados estes, que apresentam diferenças significativas entre países, um contraste às teorias vigentes até então, como a de Gollin (2002).

Vale ressaltar que estamos considerando  $L$  como população empregada (trabalhadores) e supomos que a taxa de trabalhadores cresce a mesma taxa da população,  $n$ . Iremos considerar também que o fator  $A$ , que representa o nível de tecnologia da economia elevado a  $(1 - \alpha)$  irá representar a produtividade total dos fatores (PTF).

No Penn World Table, 8.0.:  $Y$  é o PIB real em preços nacionais (dólares) constante em 2005 (em milhões de dólares).  $K$  é o estoque de capital em preços nacionais (dólares) constante em 2005 (em milhões de dólares).  $(1 - \alpha)$  é a parcela de remuneração do trabalho no PIB em preços nacionais (dólares) correntes.  $L$  é o número de trabalhadores (em milhões de pessoas), e  $B$  é a produtividade total dos fatores relativa de cada país em PPPs (EUA = 1).

De acordo com a função (8):

$$Y = AF(K, L) = AK^\alpha(Lhc)^{(1-\alpha)}$$

Temos que  $Pmgk$ :

$$y = \alpha k^{(\alpha-1)}B(hc)^{1-\alpha} \quad (9)$$



#### 4. As variáveis PTF, trabalho, capital e capital humano

Entenderemos agora como são calculadas os parâmetros do PMgk. Como utilizo a base de dados do PWT 8.0, as explicações a seguir são baseadas no próprio trabalho de Inklaar e Timmer (2013).

##### 4.1 Produtividade Total dos Fatores ( $B = A^{(1-\alpha)}$ ):

Podemos considerar a PTF como uma medida de eficiência agregada da economia, que inclui a tecnologia e a eficiência de alocação dos fatores de produção. Entretanto, existe certa dificuldade em encontrar um valor específico para a produtividade total dos fatores. Produtividade é basicamente o total produzido de um fator qualquer (produto) dividido pelos fatores que resultaram na sua produção. Nesses moldes, como os valores pesquisados são relativos entre os países, podemos considerar o total produzido como o PIB e os fatores que resultaram nessa produção como capital e trabalho. Contudo, por não existir uma única medida para comparar a produtividade de cada país separadamente, o PWT encontra um valor para a PTF através de uma comparação entre cada país com um país específico (base) ou pelo tempo, achando assim valores relativos para a PTF. No caso, o PWT 8.0 toma como país base os EUA (PTF EUA =1).

Assim, para compararmos as produtividades entre países, fazemos uma aproximação de segunda-ordem da função de produção (8) para chegarmos ao índice quantitativo de Tornqvist dos insumos  $Q_{ij}^T$ , em um determinado período  $T$  para os países  $i$  e  $j$ .

$$\ln Q_{ij}^T = \frac{\frac{1}{2(\alpha_i + \alpha_j)} \ln K_i}{K_j} + \frac{\left[1 - \frac{1}{2(\alpha_i + \alpha_j)}\right] \ln L_i}{L_j}$$

Lembrando que  $\alpha$  representa a parcela do PIB que não foi produzida por pelo trabalho.

$$CPTF_{ij} = (CPIB_i^0 / CPIB_j^0) / Q_{ij}^T$$

Onde  $CPIB^0$  é o PIB real medido pelo PWT 8.0 que representa as diferenças comerciais, sendo assim, uma medida adequada da capacidade produtiva da economia.

Logo, para determinarmos o crescimento da PTF ao longo do tempo, podemos comparar os resultados encontrados acima, em que obtivemos valores separadamente, formando uma série temporal.

$$RPTF_{t,t-1}^{NA} = \frac{RPIB_t^{NA}}{RPIB_{t-1}^{NA}} / Q_{t,t-1}^T$$

Onde  $RPIB^{NA}$  é o PIB real em preços nacionais constantes do PWT 8.0, a melhor medida para crescimento econômico.

Analisando os gráficos 3, 4 e 5, vemos que as PTFs dos tigres asiáticos apresentam trajetória crescente entre a década de 1960 e 2010. Sendo Hong Kong o único dos quatro países que apresentou uma PTF com trajetória levemente decrescente. Observando a tabela 3 podemos perceber que os valores das PTFs dos Tigres Asiáticos em 2010 são bem semelhantes aos dos países desenvolvidos.

Contudo, podemos observar que essa trajetória não foi registrada nos países em desenvolvimento da América do Sul, com a PTF do Chile e Brasil, por exemplo, apresentando uma queda no período observado. Novamente na tabela 3, vemos que os valores das PTFs dos países da América Latina estão consideravelmente abaixo dos valores dos países desenvolvidos nos dias de hoje.

Tabela 3

<b>Produtividade Total dos Fatores</b>				
<b>Tigres Asiáticos</b>	<b>1970</b>	<b>1990</b>	<b>2010</b>	<b>Varição 1970-2010 (%)</b>
HKG	1,03	1,17	0,95	-8,2%
KOR	0,35	0,73	0,69	98,9%
SING	0,91	0,93	0,96	5,0%
TAI	0,81	1,06	0,93	14,6%
<b>Canadá e Europa</b>				
CAN	1,04	0,95	0,88	-14,8%
GBR	0,78	0,96	0,95	21,5%
FRA	1,06	1,03	0,85	-19,6%
<b>América Latina</b>				
BRA	0,58	0,49	0,43	-25,0%
ARG	0,47	0,42	0,62	32,9%
CHI	0,97	0,68	0,65	-32,9%

Gráfico 2

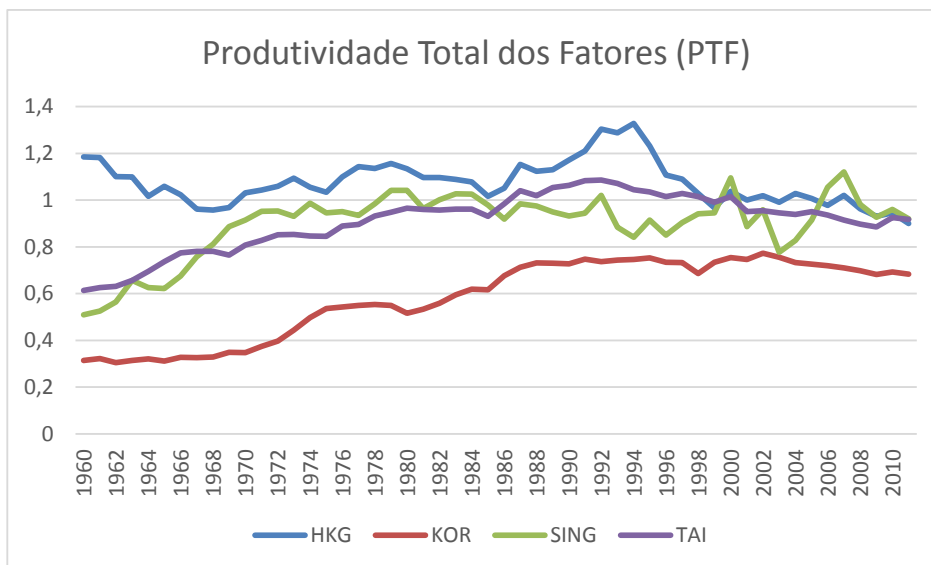


Gráfico 3

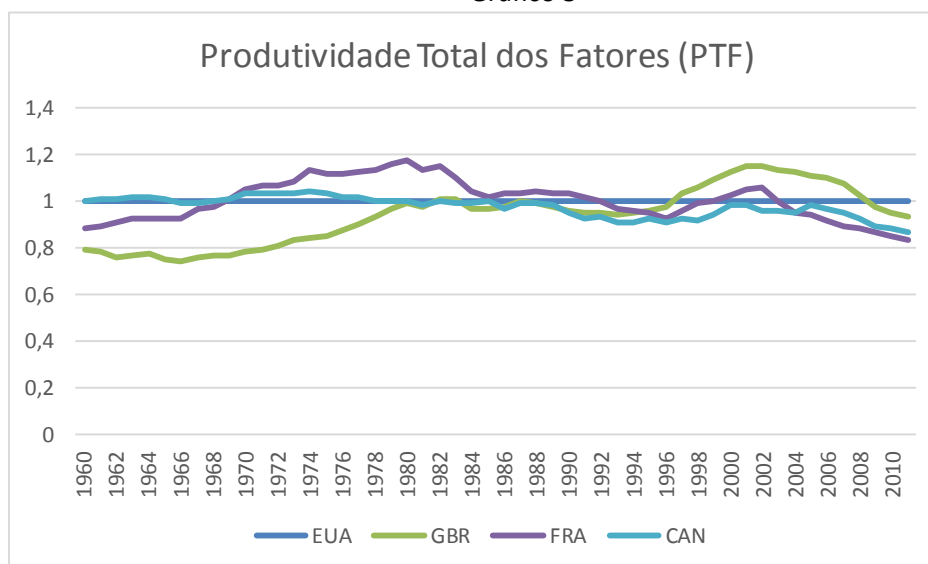
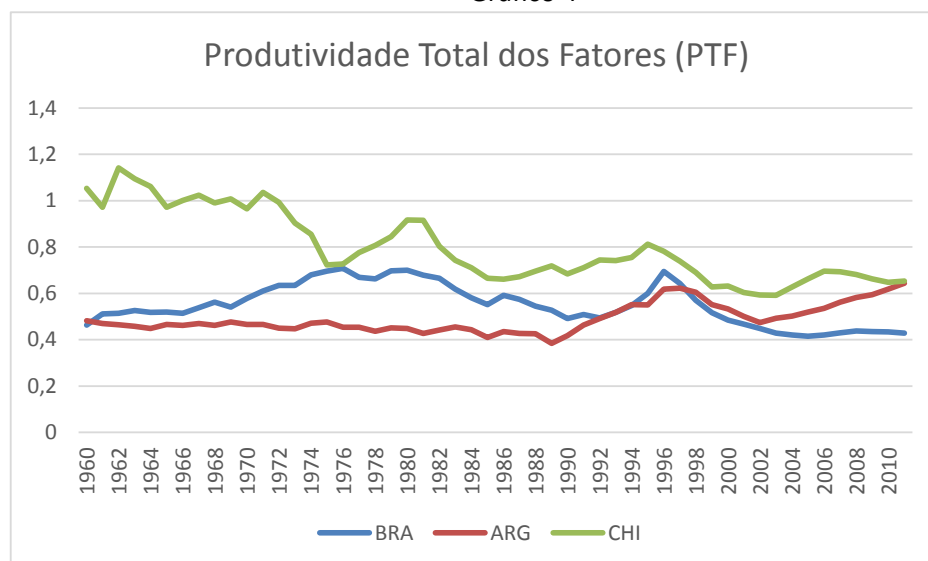


Gráfico 4



## 4.2 Trabalho

A medida mais comum para o cálculo da proporção do trabalho no produto é a utilização de uma fração fixa para todos os países, como é feito por Caselli (2005). Nessa pesquisa, utilizamos um método não usual, com a participação do trabalho no produto variando entre países. Essa é uma mudança bastante considerável em relação aos métodos mais comuns, de forma que os cálculos feitos pelo PWT8.0 contradizem a conclusão de Gollin (2002), em que uma participação fixa de 0,7 do trabalho e 0,3 de capital é encontrada e compatível com todas as economias. O Ademais, o PWT 8.0 também encontra uma tendência de queda na proporção do trabalho com o passar do tempo.

Existem algumas explicações para países possuírem diferentes frações de trabalho e capital na composição do seus PIBs. Para entendermos o porquê dessa diferença, partiremos da mesma premissa que Gollin (2002), na qual uma melhor alternativa para estimar corretamente a participação do capital e trabalho no PIB seria o tratamento mais detalhado dos trabalhadores autônomos nas economias.

Essa sugestão decorre do fato de muitos países contabilizarem erradamente a participação do trabalho autônomo como participação do capital no produto. Isso ocorre pois uUma estratégia amplamente usada para determinar a proporção do trabalho no produto é estimar a participação do trabalho no PIB como a proporção da remuneração das pessoas empregadas no PIB. Encontramos, então, a participação do capital calculando 1 menos o valor encontrado para a parcela do trabalho.

A conclusão após o tratamento adequado feito por Gollin são valores aproximadamente constantes nas frações do trabalho e capital no PIB entre países. Contudo, apesar de seguirmos suas premissas sobre o tratamento diferenciado para trabalhadores autônomos, nossa conclusão será diferente.

Em países mais pobres, como o caso dos Tigres Asiáticos nas décadas de 60 e 70 e dos países da América Latina, o número de trabalhadores autônomos é mais elevado, o que justifica os resultados mais comuns indicarem valores menores para as parcelas de trabalho no PIB.

O ajuste é feito, inicialmente, usando dados das contas nacionais para os valores das remunerações dos trabalhadores formais, valores para o PIB e renda mista. Esta última é o total de renda dos trabalhadores autônomos, uma combinação do seu trabalho e capital. O problema está nos dados sobre renda mista só existirem para cerca de 60 países

no PWT. A metodologia usada pelo PWT8.0 difere da de Gollin no ponto em que este último completa seus dados calculando o número de trabalhadores formais e autônomos na economia e supondo que a média dos salários recebidos pelos autônomos é igual à dos formais.

Contudo, apesar dessa suposição fazer sentido para países desenvolvidos, onde a proporção de trabalhadores formais na economia é varia de 85% a 95%. Nos países emergentes essa parcela muitas vezes é menor que 50%. Nesses casos, usar a metodologia de salários médios iria aumentar consideravelmente a renda do trabalho dos autônomos.

Para chegar a um ajuste mais real para essas economias, melhorando a nossa avaliação sobre os cálculos do Pmgk, o PWT8.0 usa um método alternativo, ao considerar inicialmente que muitos dos trabalhadores autônomos estão presentes no setor agrário. Usando os dados do Socio-Economic Accounts (SEA) do World Input-Output Database, a agricultura emprega cerca da metade dos trabalhadores autônomos nos países pobres. Adicionalmente, segundo o SEA, o setor agrário usa muito pouco ativos fixos nesses países, com cerca de 90% do valor adicionado ao que é produzido sendo proveniente da parcela do trabalho (formais e autônomos).

Assim, o ajuste feito pelo PWT8.0 no cálculo da participação do trabalho no produto, consiste em adicionar todo o valor produzido na agricultura como sendo remuneração do trabalho. Ressaltam, contudo, que apesar desse ajuste parecer demasiado grande por ignorar toda remuneração do capital, terras e dos trabalhadores formais no setor, a remuneração dos trabalhadores autônomos fora da agricultura não está sendo contabilizada.

Finalmente, a diferença entre o resultado encontrado pelo PWT8.0 e pelo método mais usual calculado por Gollin, consiste num valor menor da participação do trabalho pelo PWT mas um desvio padrão maior por Gollin. O resultado final é que nenhuma das duas metodologias seriam perfeitas para calcular a parcela de trabalho considerando todas as diferenças entre países. Logo, para chegar a melhores resultados o PWT8.0 utiliza mais de uma metodologia. Em países com muitos dados por exemplo, os ajustes de salários médios ou trabalho na agricultura feitos por Gollin e pelo PWT respectivamente, não são necessários. Em outros casos a melhor solução seria o método de Gollin ou o do PWT8.02.

---

<sup>2</sup> Ver Capital, Labor and TFP in PWT8.0, Robert Inklaar e Marcelo P. Timmer

Tabela 4

**Participação do trabalho no PIB**

<b>Tigres Asiáticos</b>	<b>1970</b>	<b>1990</b>	<b>2010</b>
HKG	0,48	0,50	0,53
KOR	0,66	0,58	0,55
SING	0,40	0,43	0,44
TAI	0,55	0,55	0,48
<b>EUA e Europa</b>			
EUA	0,68	0,64	0,62
ALE	0,69	0,69	0,61
FRA	0,68	0,64	0,63
<b>América Latina</b>			
BRA	0,55	0,55	0,56
ARG	0,51	0,51	0,43
CHI	0,44	0,44	0,45

### 4.3 Capital

Para medir o estoque de capital usamos um método que difere basicamente em dois pontos do usualmente utilizado. Primeiramente, ao invés de assumirmos investimento como um único ativo homogêneo, dividimos o total de investimento em relação a cada ativo. Essa mudança implica em uma diferença na taxa de depreciação entre países e com o tempo, não sendo, dessa forma, considerada constante. Tal fato também acarreta em um cálculo diferente do usual da paridade do poder de compra (PPC) usada para comparar o estoque de capital entre países. A segunda diferença é que usamos a taxa capital inicial/produção como estoque de capital inicial ao invés de confiarmos na premissa de estado estacionário.

A seguir vamos analisar algumas das variáveis contidas no cálculo do estoque de capital. Sua estimativa é baseada na acumulação e depreciação do capital após investimentos. Para tal, utilizaremos o método do inventário perpétuo (MIP). Como já dito, os investimentos serão calculados separadamente por ativos, cada um com uma diferente de depreciação.

Dado a natureza de longo prazo de muitos ativos, é importante utilizar o MIP com uma premissa de um valor para o estoque de capital inicial. A seguir veremos como chegamos a esse valor inicial.

O procedimento para chegarmos a um valor para o estoque inicial de capital deve-se as estruturas de longo prazo dos ativos, logo, taxas de depreciação baixas. Com dados de investimentos desde a década de 50 e considerando a depreciação anual de 2%, quase 30% do estoque de capital em 1950 ainda está em uso em 2011.

Um dos trabalhos mais importantes considerando o cálculo do estoque de capital inicial foi o de Nehru e Dhareshwar (1993), em que uma das abordagens utilizadas é o uso da relação de estado estacionário do modelo de Solow.

$$K_0 = \frac{I_0}{g + \delta}$$

Onde o estoque de capital inicial de um ativo é igual ao investimento inicial dividido pela taxa de crescimento no estado estacionário mais a taxa de depreciação. Vale ressaltar que esse cálculo, utilizado para todos os países, assume que todos estão no estado estacionário no ano inicial, além de supor uma taxa razoável de crescimento no estado estacionário para todos, o que são suposições bastante fortes.

Outra forma de calcularmos o estoque de capital inicial é a através da relação capital/produto em um determinado período do tempo. Aqui usamos os valores de 2005. Assim, conseguimos alcançar resultados ainda mais satisfatórios do que o método de estado estacionário, particularmente para períodos mais recentes e para economias em transição, onde os dados são mais escassos e os períodos recentes mais turbulentos. Estimamos então o capital inicial a partir da equação:

$$K_0 = Y_0 * k$$

Em que  $Y_0$  é o PIB inicial, e  $k$  é a relação capital/produto. Utilizando capital como a soma de todos os ativos e os dados de investimento desde 1970 para 142 países, chegamos a uma variação considerável em torno da média de 2,7. Assim, assumimos uma taxa de capital/produto inicial de 2,6 para ativos como maquinário, equipamentos e imóveis não residenciais (non-ICT assets) para todos os países. Além disso, dado o curto período de vida e a porção relativamente pequena no total de ativos, consideramos o estoque inicial de ativos relativos a tecnologias de comunicação e informação (ICT assets), como softwares, hardware e equipamentos de comunicação igual a zero.

#### 4.4 Capital Humano

O capital humano é umas das variáveis mais importantes que compõem o cálculo do Pmgk. Kendrick (1976) estima que mais da metade do total de estoque de capital dos EUA em 1969 era capital humano. Lucas (1988) assume que embora os retornos da acumulação de capital físico (Pmgk) sejam decrescentes quando o capital humano é mantido constante, o retorno de todos o capital reproduzível é constante.

Tais afirmações derivam das teorias de que um alto número de pessoas educadas, aumenta diretamente a produtividade do trabalho, além de indiretamente facilitar a absorção de técnicas de novas tecnologias desenvolvidas em outros países. Nessa pesquisa, como no PWT8.0, o cálculo do capital humano levará em conta apenas variáveis observáveis como anos de escolaridade, ignorando, por exemplo, a habilidade inata dos indivíduos tendo em vista a clara dificuldade para estimação desta. O cálculo do PWT usará como a base de dados o trabalho de Barro e Lee (2012)<sup>3</sup>, e as premissas de Lucas (1988) em que capital humano é acumulado pelos indivíduos pela dedicação de tempo ao

---

<sup>3</sup> Especificamente a versão 1.3 que cobre o período de 1950-2010



aprendizado de novas habilidades ao invés de trabalhar. Assim, podemos calcular o capital humano como:

$$hc_{it} = e^{\emptyset(s_{it})}$$

Em que  $hc_{it}$  corresponde ao capital humano do país  $i$  no ano  $t$ ,  $s$  representa a média de anos de escolaridade e  $\emptyset$  a magnitude percentual que um aumento em  $s$  causa no capital humano. Esta última seguindo as pesquisas de Caselli (2005) e Psacharopoulos (1994), que evidenciam que os primeiros anos de educação tem maiores retornos nos salários do que os últimos.

Com os gráficos 5, 6 e 7 podemos analisar o crescimento do capital humano nos diferentes grupos de países. Vemos que apesar do nível do capital humano dos Tigres Asiáticos estar mais próximo dos valores registrados nos países da América Latina no início da década de 1950, em 2010 sua média se encontrava mais próxima dos valores registrados nos países mais desenvolvidos. Podemos assim, creditar parte da sustentabilidade, após uma desaceleração, do crescimento dos Tigres ao forte crescimento do capital humano.

Tabela 5

<b>Capital humano</b>				
<b>Tigres Asiáticos</b>	<b>1970</b>	<b>1990</b>	<b>2010</b>	<b>Variação 1970-2010 (%)</b>
HKG	2,16	2,81	3,01	39,7%
KOR	2,17	2,81	3,35	54,6%
SING	1,93	2,23	2,77	43,6%
TAI	2,11	2,69	3,21	52,1%
<b>EUA e Europa</b>				
EUA	3,09	3,41	3,62	16,9%
ALE	1,89	2,57	3,32	75,4%
FRA	1,84	2,43	3,04	64,8%
<b>América Latina</b>				
BRA	1,46	1,82	2,45	67,9%
ARG	2,16	2,62	2,82	30,8%
CHI	2,11	2,63	2,97	40,7%

Gráfico 5

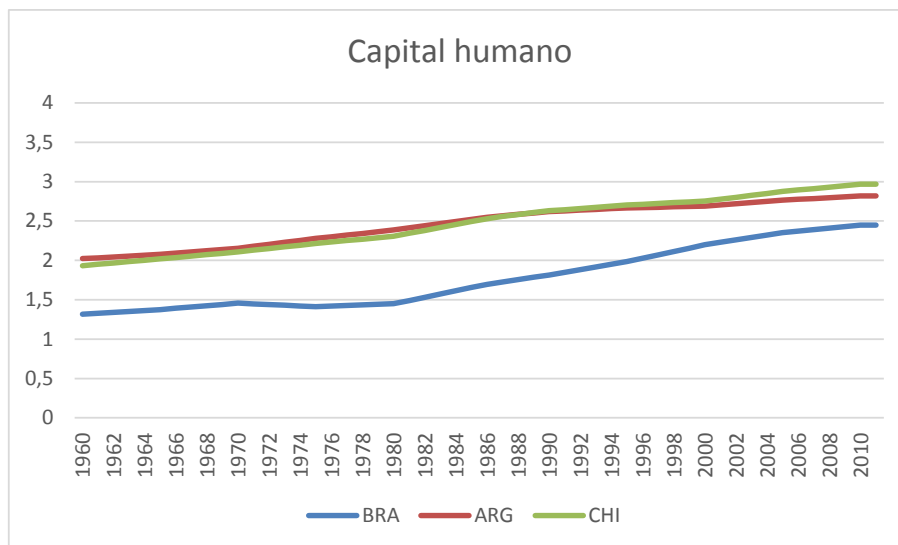


Gráfico 6

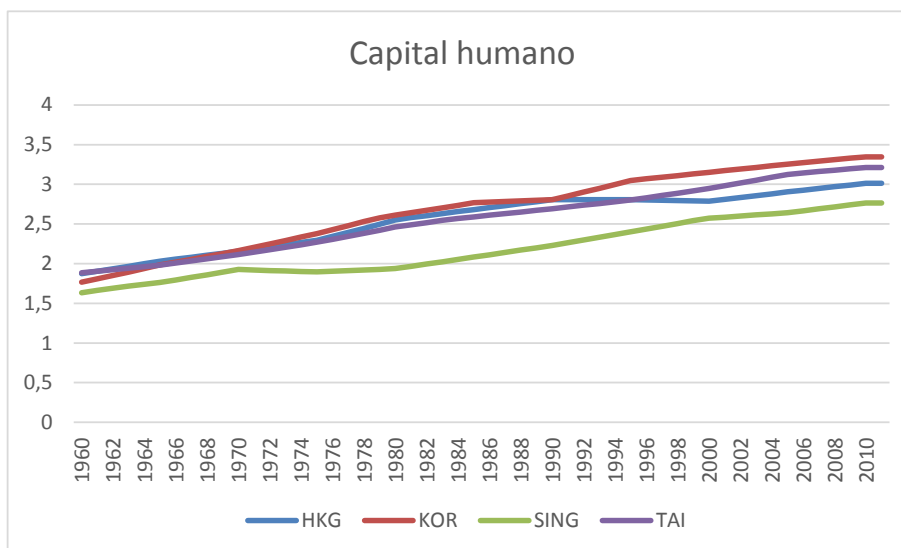
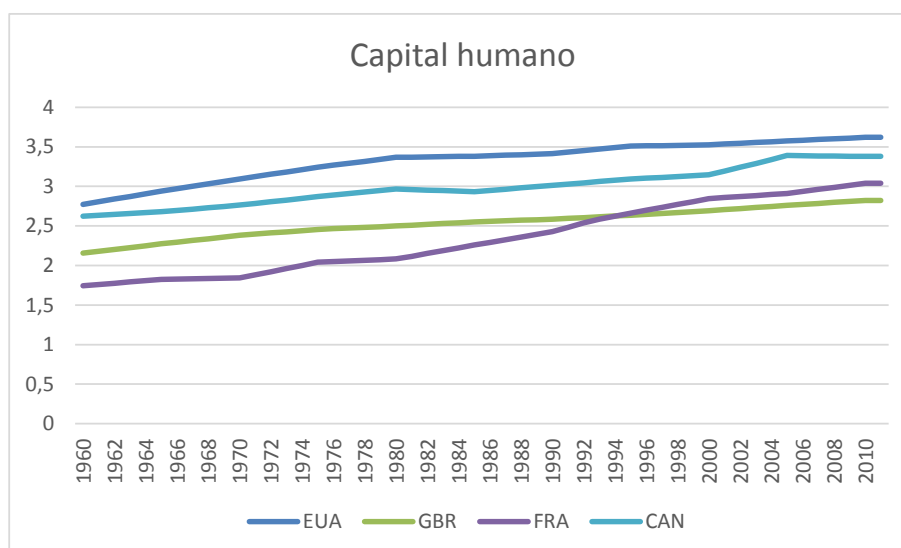


Gráfico 7



## 5. Gráficos

Passada a análise dos fatores que compõe a função de produção agregada e o cálculo do produto marginal do capital, voltarei agora para a equação (8). Nos gráficos 8, 9, 10 podemos a trajetória do PMgk nos diferentes grupos de países no período estudado. Para melhor visualização, o eixo do PMgk no gráfico dos países da América do Norte e Europa vai somente até o valor 0,0009.

Em seguida nos gráficos 11,12,13 podemos analisar a trajetória do produto marginal do capital de todos os países juntos ao longo do tempo. Usamos três datas, 1970, 1990 e 2010.

O gráfico 14 compila os dados dos gráficos 9,10 e 11 diferenciando-os com uma cor para cada data: Azul para 1970, marrom para 1990 e amarelo para 2010. Finalmente, os gráficos 15 e 16 mostra a trajetória do PMgk conforme a acumulação de capital em Hong Kong e nos EUA.

Gráfico 8

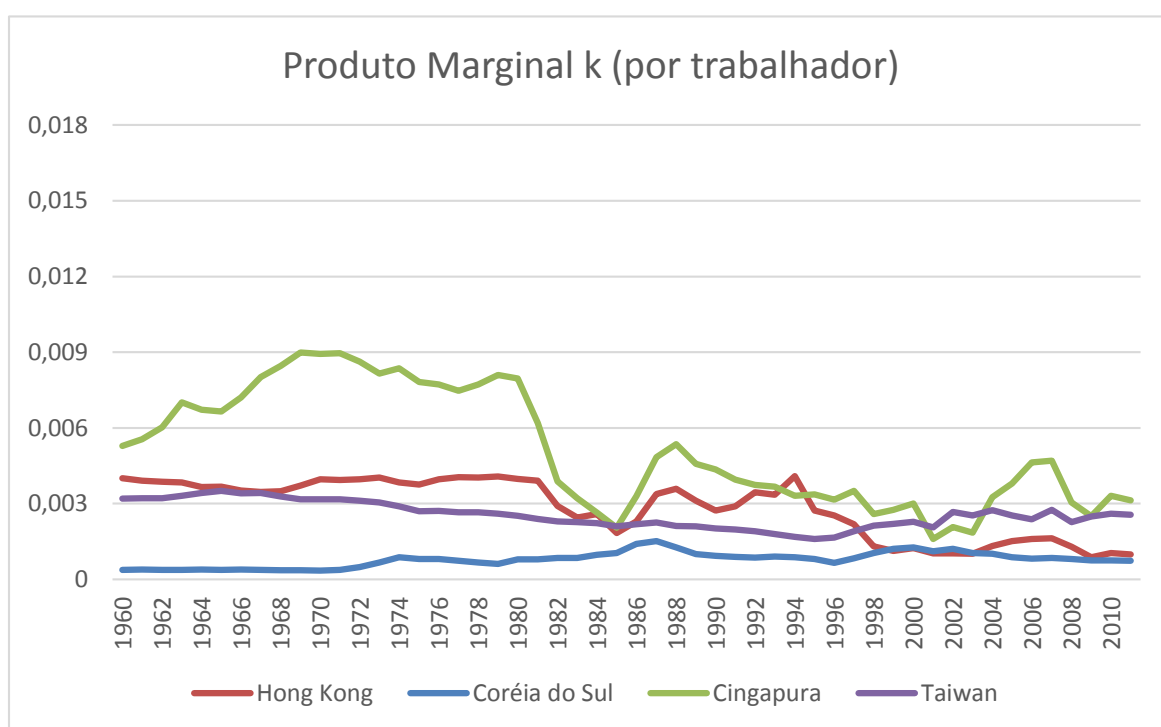


Gráfico 9

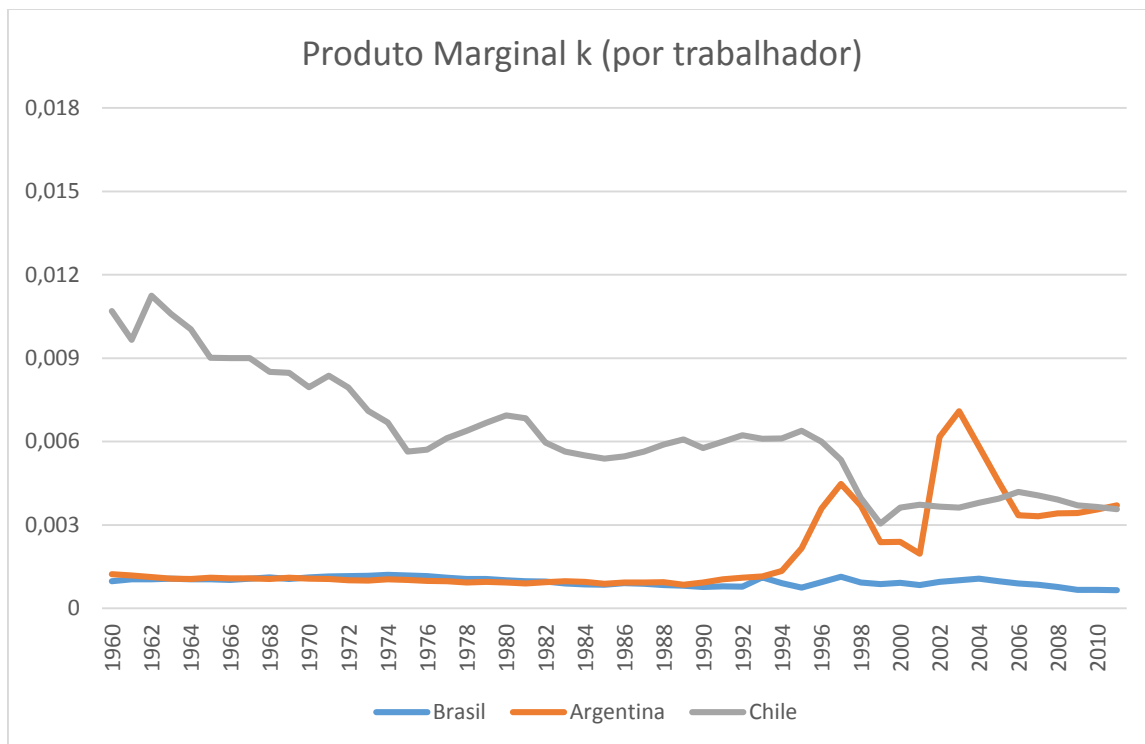


Gráfico 10

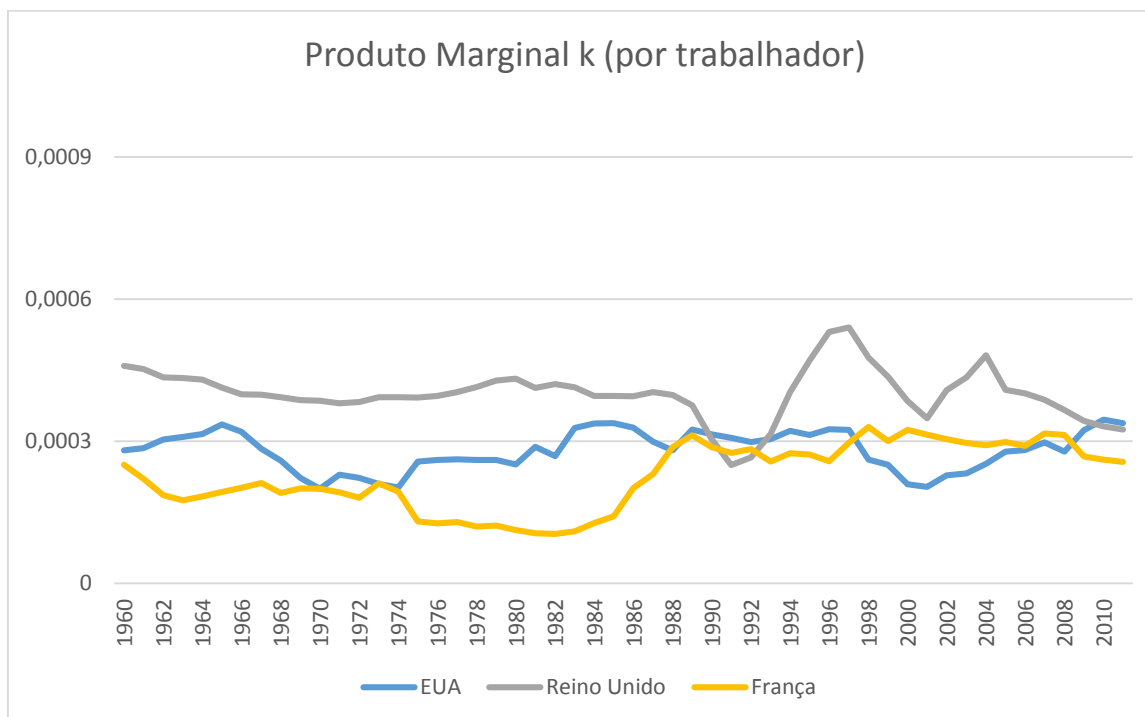


Gráfico 11

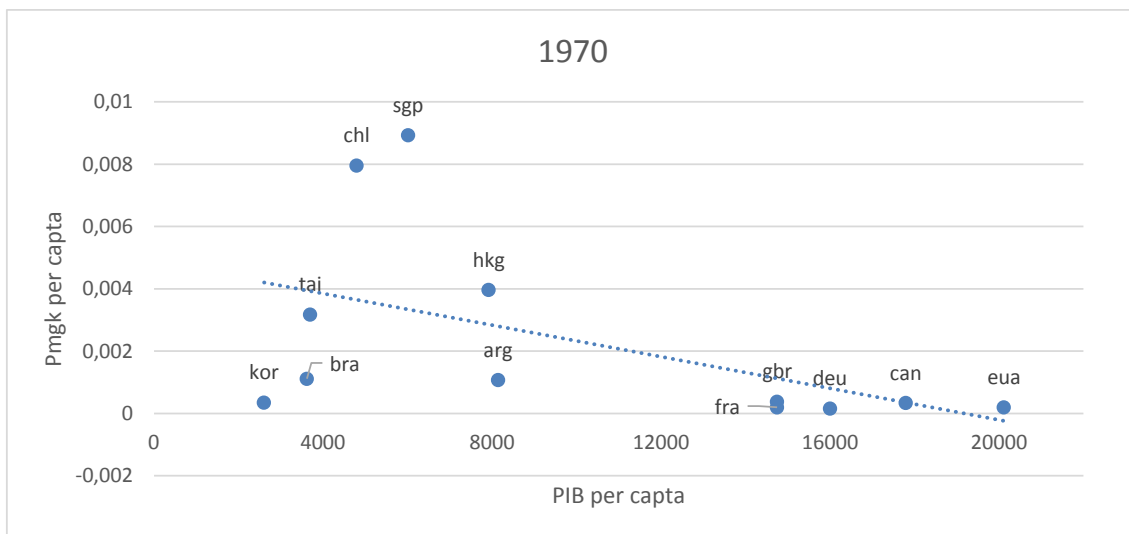


Gráfico 12

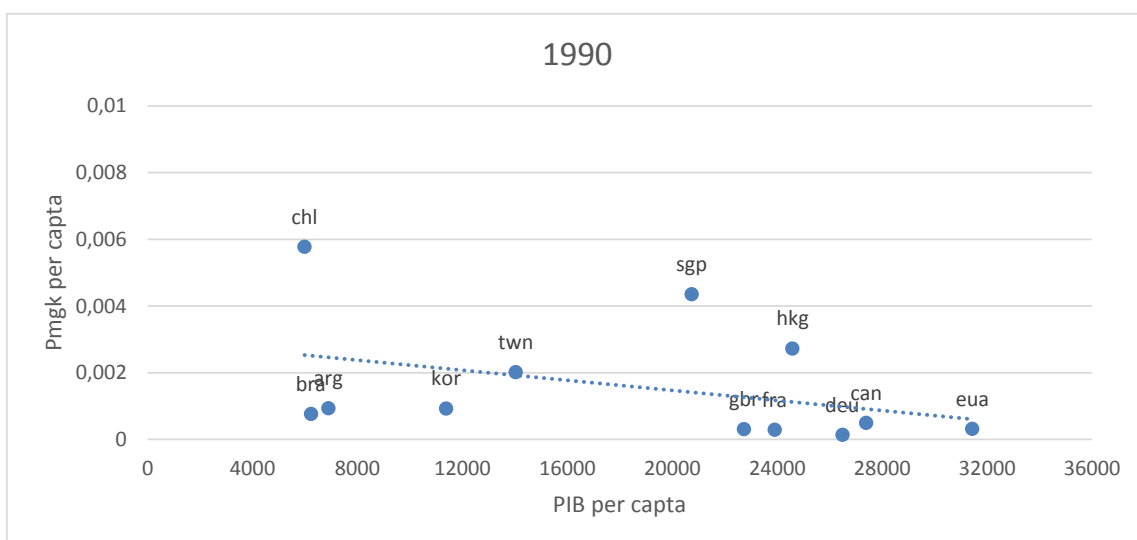


Gráfico 13

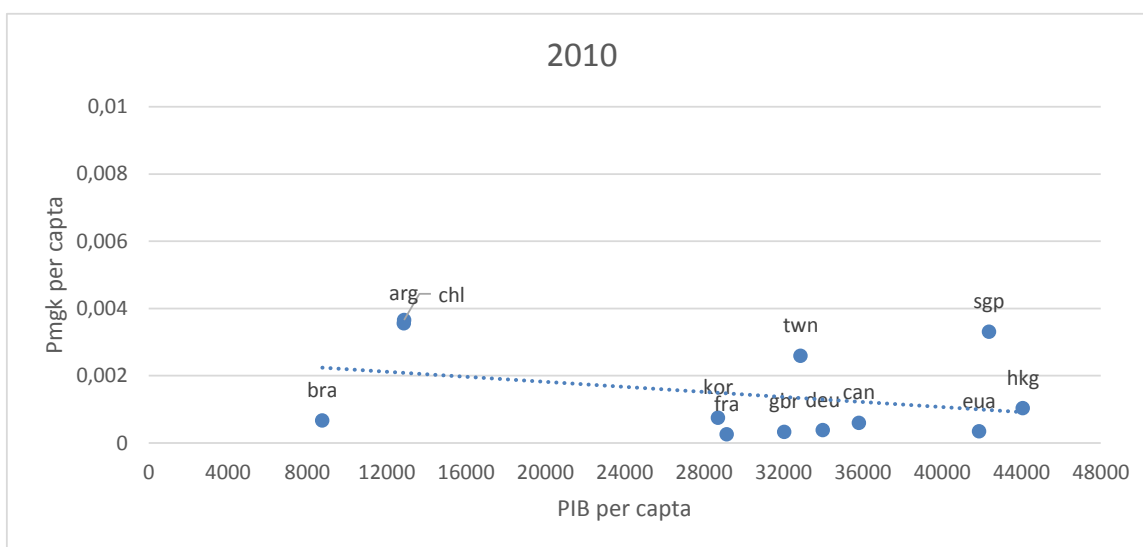


Gráfico 14

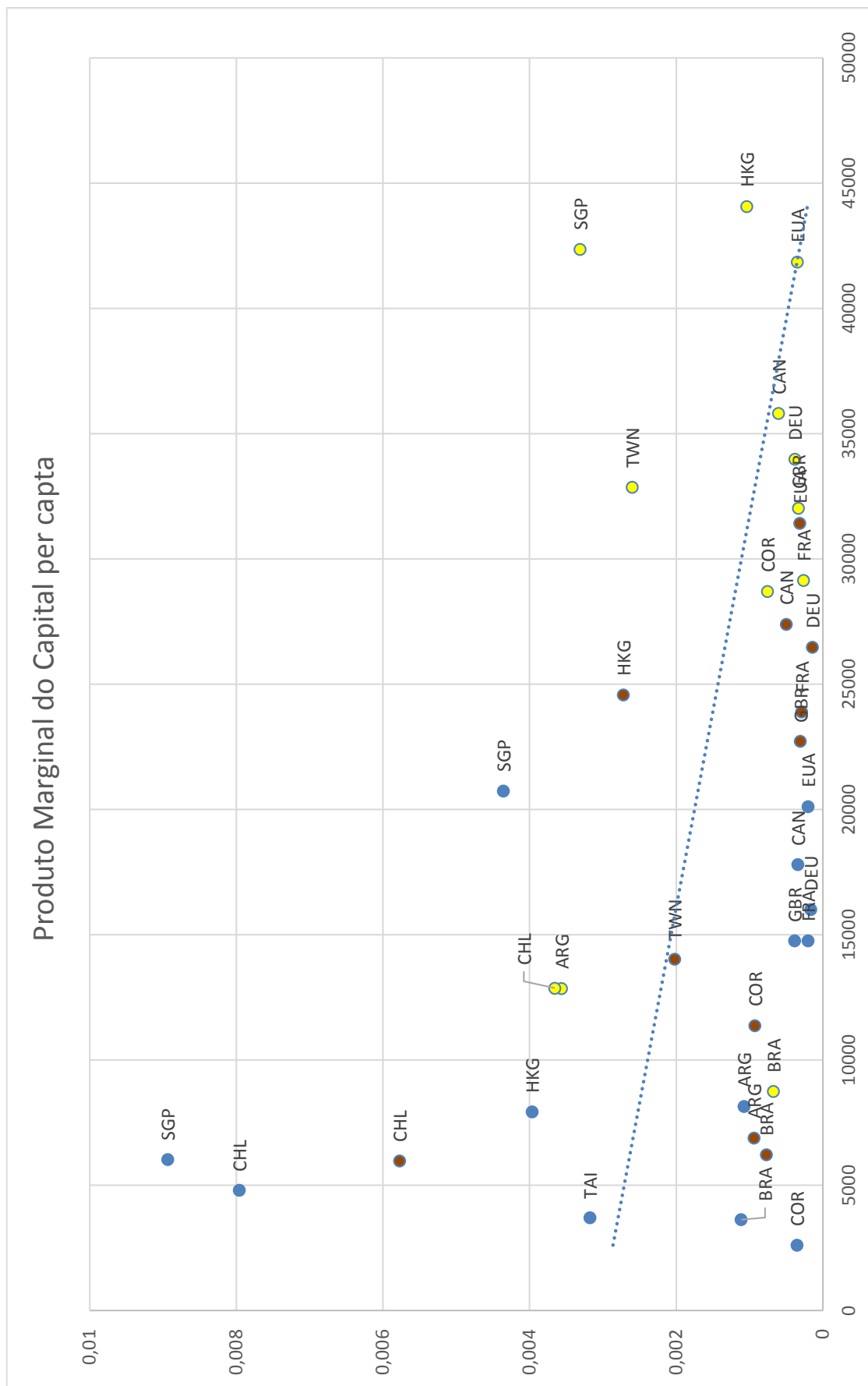


Gráfico 15

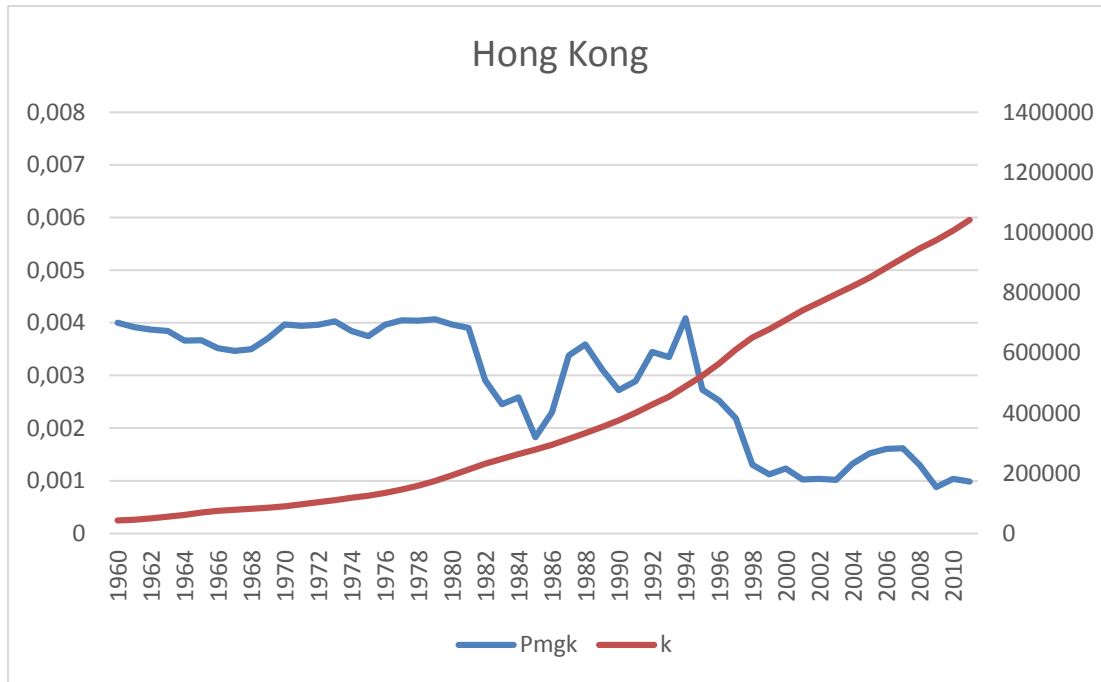
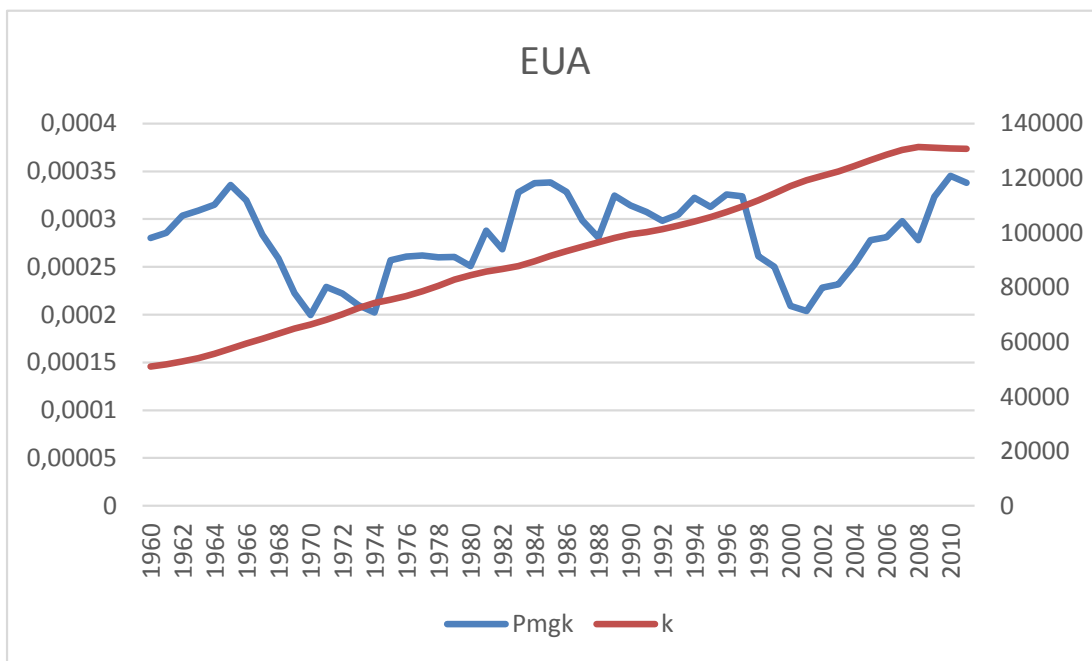


Gráfico 16



## 6. Conclusão

Ao estimar os fatores como parcela do trabalho e capital no PIB, estoque de capital, capital humano e PTF e utilizando o modelo neoclássico de crescimento para o cálculo do produto marginal do capital, encontramos valores distintos para as PMgks dos países e ao longo do tempo. Ressalto que essa demonstração não exclui os argumentos apresentados aqui por Caselli e Banerjee e Duflo, ela apenas demonstra uma trajetória do PMgk e de suas variáveis através do modelo neoclássico de crescimento. Apesar de deixar implícita, pelo exemplo dos Tigres Asiáticos, a ideia que avanços substanciais em capital humano e PTF possuem uma correlação positiva com renda e negativa com PMgk, o modelo estudado não possui ferramentas suficientes para explicar possíveis atritos no mercado financeiro, a não convergência no longo prazo e as más alocação recursos entre países por motivos como as instituições, a não otimização dos recursos disponíveis por firmas e indivíduos, entre outros.

Assim, vemos que para países em desenvolvimento, como era o caso dos Tigres Asiáticos na década de 1960 e 1970 e para os países da América do Sul, a produtividade marginal do capital era maior se comparada a dos países desenvolvidos. Vemos, contudo, que a partir do momento que os Tigres Asiáticos começaram a registrar avanços significativos nas variáveis capital humano e PTF, suas rendas per capita cresceram e seus produtos marginais do capital reduziram. Quando os valores dessas duas variáveis se aproximaram (alguns até ultrapassaram) dos apresentados pelos países desenvolvidos, houve uma convergência tanto da renda per capita como da PMgk.

Analisando a trajetória dos países desenvolvidos, vemos que tanto seus PMgks quanto suas rendas per captas se mantiveram praticamente constantes de 1970 até 2010. Esse fato condiz com a teoria de crescimento equilibrado no estado estacionário.

Por outro lado, os países da América Latina aqui estudados, não conseguiram apresentar os mesmos resultados dos Tigres Asiáticos no período analisado. Apesar da queda da PMgk do Brasil, Argentina e Chile, suas rendas per capita não se alteraram consideravelmente, embora esses países tenham registrado acumulação de capital semelhante aos dos Tigres Asiáticos, Europa e EUA no período.

Finalmente, podemos concluir que o desenvolvimento econômico não pode ser resultado da acumulação de estoque de capital ao longo do tempo, sendo necessário o crescimento das variáveis capital humano e PTF para que o PMgk deixe de ser



decrecente e passe a ser constante, possibilitando dessa forma, um crescimento equilibrado de longo prazo. Aqui vemos exemplos como os dos EUA, Canadá e França, que mantiveram suas PMgks praticamente constante da década de 1970 até 2010. Assim como fizeram os Tigres Asiáticos, que através do avanço em capital humano e PTF foram capazes de se desenvolver de maneira sustentável apresentando indicadores semelhantes aos dos países desenvolvidos do mundo.

## 7. Referências bibliográficas:

BARRO, Robert. *Economic Growth in a Cross Section of Countries*

National Bureau of Economic, Cambridge, MA 02138, 1989

BARRO, Robert, LEE, Jong Wha. *A New Data Set of Education Attainment in the World, 1950-2010*

Journal of Development Economics, Vol 104, págs 184-198, 2013

BANERJEE, Abhijit V., DUFLO, Esther. *Growth Theory through the Lens of Development Economics*

Handbook of Economic Growth, págs. 473-552, 2004

CASELLI, Francesco, FEYER, James. *The Marginal Product of Capital*

The Quarterly Journal of Economics, Vol. 122, No. 2, págs. 535-568, 2007

GOLLIN, Douglas. *Getting Income Shares Right*

Journal of Political Economy, Vol. 110, No. 2, págs. 458-474, 2002

IJONES, Charles. *Introdução à Teoria do Crescimento Econômico*

Ed. Elsevier; 2000

INKLAAR, Robert, TIMMER, Marcel. *“Capital, Labor and TFP in PWT8.0”*

Groningen Growth and Development Centre, University of Groningen, 2013

KRUGMAN, Paul. *The Myth of Asia’s Miracle*

Foreign Affairs, 73, 6, 1994

LUCAS, Robert E. Jr. *On the Mechanics of Economic Growth*

Journal of Monetary Economics, No 22, págs. 3-42, 1988

MANKIW, Gregory N., ROMER, David, WEIL, David N. *A Contribution to the Empirics of Economic Growth*

The Quarterly Journal of Economics, Vol. 107, No. 2, págs. 407-437, 1992

NEHRU, Vikram, DHARESHWAR, Ashok. *A New Database on Physical Capital Stock: Sources, Methodology and Results.*

*Revista de Analisis Economica*, 8, págs 37-59, 1993

Penn World Tables Mark 8.0

SOLOW, Robert. *A Contribution to the Theory of Economic Growth*

The Quarterly Journal of Economics, Vol. 70, No. 1, págs. 65-94, 1956

World Input-Output Database. Socio-Economic Accounts (SEA)

.