

**Universidade de Aveiro**  
**Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial**

**Documentos de Trabalho em Economia**  
**Working Papers in Economics**

**Área Científica de Economia**  
**E/nº 43/2007**

**Convergência real e infra-estruturas\***

**Carlos Pinho**

\* Paper presented at DEGEI/UA on 2 June 2006

Submission of Papers for Publication (submissão de artigos): Prof. Francisco Torres ([ftorres@egi.ua.pt](mailto:ftorres@egi.ua.pt)). Universidade de Aveiro, DEGEI, Economia, Campus Universitário de Santiago. 3810-193 Aveiro. Portugal.

## *Convergência real e infra-estruturas*

Carlos Pinho\*

Universidade de Aveiro

---

**Abstract:**

Using panel data, this paper explores the role of infrastructure and human capital in the convergence of income levels and growth in the European Union, during the period 1960-2000.

According to the neo-classical theory diminishing returns of capital result in poor economies growing faster than rich economies.

The findings suggest that it is difficult to reject the hypothesis of non-convergence in per capita incomes of UE countries, but the results do not support the hypothesis that the speed of convergence is affected by infrastructures.

---

**Keywords:** GDP growth, convergence, infrastructure.

**JEL Classification:** O47, J23, E62.

\* Universidade de Aveiro; Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial. Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal. Tel. +351 234 370 361, Fax: +351 234 370 215, E-mail: [cpinho@egi.ua.pt](mailto:cpinho@egi.ua.pt).

## 1. Introdução

A questão convergência do rendimento real per capita entre diferentes países e regiões tem centrado uma parte importante da investigação sobre o crescimento económico desde meados dos anos 80, sem que haja evidência inequívoca de que as economias convergem/divergem e dos factores que condicionam tais evoluções. Se bem que existam diferentes definições de convergência, pode dizer-se que existe convergência entre economias quando os seus respectivos níveis de rendimento per capita tendem a igualar-se com o tempo.

O modelo neoclássico de crescimento de Solow (1956) prevê a existência de um processo de convergência condicional, isto é, o pressuposto de rendimentos marginais do capital decrescentes implica que as economias com menor rendimento per capita tenham maiores produtividades marginais e maiores rentabilidades do capital, pelo que tenderão a acumular mais capital e a crescer mais rapidamente do que as economias com rendimento superior. Assim, neste quadro neoclássico em que se assumem idênticas tecnologias entre as diversas economias, estabelece-se uma relação negativa entre a taxa de crescimento do rendimento per capita e o nível de rendimento per capita inicial.

Os modelos de crescimento económico endógeno, desenvolvidos a partir do trabalho de Romer (1986), assumem rendimentos marginais do capital constantes ou crescentes, pelo que o processo temporal de evolução do rendimento per capita entre economias passa a ser de divergência. Romer (1986) sugere a existência de uma relação linear estável entre taxa de investimento e taxa de crescimento, com base nos argumentos do “*learning by doing*” e “*knowledge spillovers*”, os quais previnem os rendimentos marginais do capital decrescentes sobre o nível global da economia, pelo que a taxa de crescimento do rendimento per capita passa a ser independente do nível inicial de rendimento per capita. Adicionalmente, abandona-se o conceito restritivo de capital do modelo neoclássico (capital físico) para se adoptar uma definição mais ampla que engloba capital humano, Lucas (1988) e da investigação e desenvolvimento Grossman e Helpman (1991) Grossman e Helpman (1994).

Neste estudo partimos de um modelo neoclássico de crescimento, no qual incorporamos o capital humano e o capital em infra-estruturas, de forma a explorarmos o impacto do *stock* de

infra-estruturas e capital humano, para além da taxa de poupança e da taxa de crescimento da população como determinantes da convergência condicional entre os países analisados.

O objectivo principal deste trabalho é apresentar um quadro teórico dos efeitos das infra-estruturas em termos de convergência, dado que grande parte dos trabalhos surgidos nos últimos anos incorporando as infra-estruturas no processo de convergência, assentam em especificações econométricas não decorrentes de modelos teóricos.

Este trabalho apresenta ainda resultados do estudo empírico dos efeitos das condições de convergência sobre o crescimento das economias ibéricas em relação aos restantes membros da UE. Na secção seguinte procede-se a uma revisão do debate teórico e empírico da convergência e do papel das infra-estruturas nesta. No terceiro ponto é exposto um modelo de crescimento de base neoclássica incorporando o capital em infra-estruturas e o capital humano, sendo apresentada a equação de convergência relativa decorrentes deste modelo. No quarto ponto procede-se à descrição dos dados, apresentam-se e analisam-se os resultados das estimações do modelo de convergência condicional efectuadas. No quinto ponto é analisado o processo de convergência condicional de cada um dos países da Península Ibérica, procurando aferir em que medida as taxas de crescimento diferencial de cada um dos países face aos restantes membros da UE é afectada pelo nível de aproximação do seu rendimento per capita face o países da referência bem como pelas taxas diferenciais de investimento público e investimento privado. Finalmente, no sexto ponto apresentam-se as principais conclusões do trabalho.

## **2. Processo de Convergência/Divergência**

A evolução temporal das disparidades de rendimento entre economias tem tido, particularmente nos últimos anos, uma grande atenção por parte da literatura. Ainda que o próprio conceito de convergência não seja consensual<sup>1</sup>, podemos de uma forma global referir-nos

---

<sup>1</sup> Como em Galor (1996), podemos considerar a existência de três tipos de convergência: convergência absoluta, convergência condicionada e convergência em clubes, dizendo-se absoluta quando o rendimento *per capita* de distintas economias e a taxa de crescimento do rendimento *per capita* tende a igualar-se ao longo do tempo; a convergência será condicionada quando as taxas de crescimento do rendimento *per capita* tendem a igualar-se mas não os níveis de rendimento *per capita*, dado que as economias apresentam diferentes características estruturais; convergência em clubes, pressupondo a existência de múltiplos equilíbrios estáveis, corresponde à noção de que os rendimentos *per capita* de economias com idênticas características estruturais convergem entre si quando as respectivas condições iniciais são também similares.

a convergência real entre economias como a aproximação em níveis do seu rendimento per capita.

A hipótese da convergência assenta nos modelos de crescimento neoclássicos de Solow (1956) e Swan (1956) e traduz-se pelo estabelecimento de um relacionamento inverso entre a taxa de crescimento do rendimento per capita e o seu nível inicial, implicando assim uma tendência para a aproximação do referido rendimento. Este conceito de convergência  $\beta$  pode ser absoluto ou condicional, entendendo-se por convergência  $\beta$  absoluta a aproximação dos diversos espaços económicos, quer em taxas de crescimento quer em níveis de rendimento per capita, sendo esta aproximação das economias decorrente do pressuposto de que elas possuam as mesmas características estruturais, apenas diferindo quanto à intensidade capitalística da força de trabalho.

A hipótese da convergência  $\beta$  absoluta, analisada inicialmente em Barro e Sala-i-Martin (1991) e Barro e Sala-i-Martin (1992) é testada geralmente em modelos de *cross-section* com base na seguinte especificação:

$$\frac{1}{T} \ln \left( \frac{y_{i,T}}{y_{i,0}} \right) = \alpha_0 + \lambda_0 \ln(y_{i,0}) + \mu_i \quad (1)$$

onde  $y_{i,t}$  é o rendimento per capita da economia  $i$  ( $i=1, \dots, N$ ),  $T$  é a dimensão de cada período,  $\mu_i$  é um termo de erro reflectindo alterações temporárias na taxa de crescimento.

A especificação da equação (1) decorre da logaritmização linear do modelo neoclássico de crescimento com tecnologia Cobb-Douglas incorporando os factores produtivos trabalho e capital, em que o progresso técnico e a taxa de poupança são determinadas exógenamente.

Assim,  $\alpha_0 = g + \frac{1}{T}(1 - e^{-\beta T})[\ln y^* - \ln A_0]$  e  $\lambda_0 = \frac{1}{T}(1 - e^{-\beta T})$ , com

$\beta = (1 - \varepsilon_K)(n + g + \delta)$  sendo  $g$  a taxa de crescimento do progresso tecnológico,  $A_0$  nível de tecnologia inicial,  $\varepsilon_K$  a elasticidade do rendimento relativamente ao factor capital,  $n$  a taxa de crescimento da população (que se admite igual à da força de trabalho), e  $\delta$  a taxa de depreciação do capital. O termo  $\beta$  corresponde então à velocidade média de convergência, a qual se supõe comum a todas as economias.

Supondo que as  $N$  economias possuem as mesmas características estruturais, admitindo-se que as preferências, as tecnologias e as políticas económicas são similares, então a taxa de progresso técnico, o nível inicial de progresso técnico e o seu produto de equilíbrio *per capita* de longo prazo é igual entre as economias, sendo  $\alpha$  uma constante.

A estimação da equação de convergência  $\beta$  absoluta permite-nos calcular a velocidade de convergência  $\nu = -\frac{1}{T} \ln(1 + \beta T)$ , e o número de anos que cada país demora em média a ultrapassar metade da distância inicial relativamente à sua situação de equilíbrio de longo prazo,

$$\tau = -\frac{\ln(2)}{\ln(1 + \beta)}.$$

O teste da hipótese da convergência  $\beta$  condicionada é efectuado com base na equação

$$\frac{1}{T} \ln\left(\frac{y_{i,T}}{y_{i,0}}\right) = \alpha_1 + \lambda_1 \ln(y_{i,0}) + \psi X_i + \mu_i \quad (2)$$

sendo  $X_i$  um vector de variáveis que permite manter constante o estado estacionário da economia  $i$  a longo prazo. Nesta hipótese admite-se que as  $N$  economias diferem quanto às suas características estruturais, além da sua situação inicial, pelo que convergindo para a mesma taxa de crescimento a longo prazo, o nível de rendimento per capita de cada economia a longo prazo difere, reflectindo essas mesmas características estruturais.

No quadro de análise neoclássico do crescimento, do qual decorre a análise da convergência, a hipótese da convergência  $\beta$  condicionada, ao considerar que cada economia converge para o seu próprio estado de equilíbrio implica que  $y^*$  deixa de ser igual. O equilíbrio em *steady state* de cada economia é então dado, no modelo considerado, por

$$y^* = \left(\frac{s_K}{n + g + \delta}\right)^{\frac{\varepsilon_K}{1 - \varepsilon_K}}, \text{ sendo } s_K \text{ a parte do rendimento aplicada na formação de capital.}$$

Assim, a equação da convergência condicionada passa a ser dada por

$$\frac{1}{T} \ln\left(\frac{y_{i,T}}{y_{i,0}}\right) = \alpha_1 + \alpha_2 \ln(s_K) + \alpha_3 \ln(n + g + \delta) + \lambda \ln(y_{i,0}) + \mu_i \quad (3)$$

sendo  $\alpha_1 = g + \frac{1}{T}(1 - e^{-\beta T}) \ln A_0$  o termo comum às diversas economias representando o nível tecnológico inicial e a taxa de progresso tecnológico, sendo  $\alpha_2 = \frac{1}{T}(1 - e^{-\beta T}) \frac{\varepsilon_K}{1 - \varepsilon_K}$  e

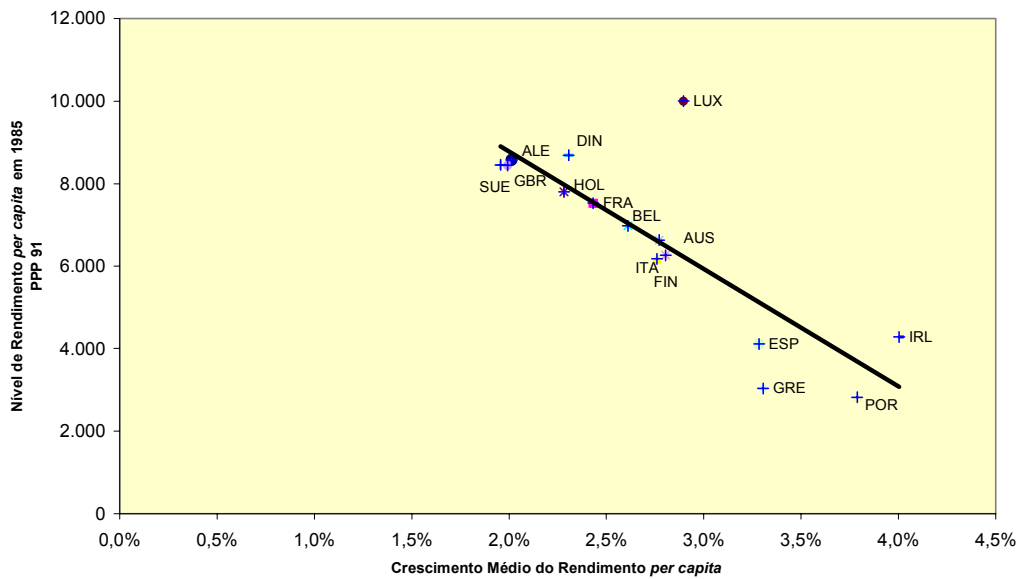
$$\alpha_3 = -\frac{1}{T}(1 - e^{-\beta T}) \frac{\varepsilon_K}{1 - \varepsilon_K}.$$

Considerando as variáveis correspondentes à propensão à poupança, à taxa de evolução do progresso técnico, à taxa de crescimento da população, à taxa de depreciação do capital físico, no vector  $X_i$ , a equação (3) toma a forma da equação (2). Um amplo conjunto de trabalhos empíricos tem visado testar a hipótese da convergência condicionada  $\beta$ , incluindo em muitos destes trabalhos, de forma exploratória no vector de variáveis que determina o estado estacionário, entre outras a taxa de natalidade, o grau de instabilidade política, o grau de abertura da economia, o peso do consumo público no produto, o *stock* de capital humano, o peso do investimento público no produto, etc.

A hipótese da convergência  $\beta$  condicionada é testada na secção 4 deste trabalho, enquadrando tal hipótese em diversos modelos desenvolvidos, os quais correspondem a uma extensão do modelo base de Solow (1956), tentando desta forma aferir o papel do capital público no processo de convergência. Em todos os modelos desenvolvidos incluímos ainda o *stock* de capital humano.

A observação do gráfico 1 sugere que no período em análise se verifica um processo de convergência no período de 1960 a 2000, podendo observar-se que o grupo de países com um nível inicial de rendimento per capita inferior (Portugal, Grécia, Espanha e Irlanda) apresentam taxas de crescimento médio do rendimento per capita mais elevadas que os restantes países da UE.

**Gráfico 1**  
Países da União Europeia  
1960 - 2000

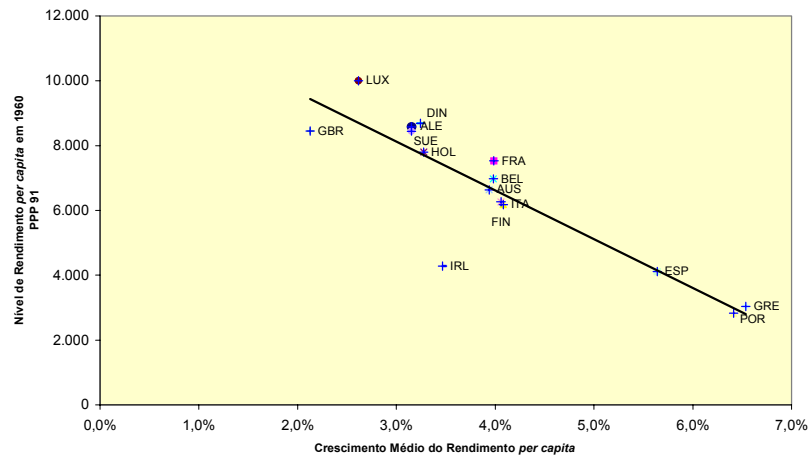


Procurando desagregar em termos temporais a nossa análise, dividimos o período global em três subperíodos, no segundo dos quais incorporando os dois choques petrolíferos e a integração de Portugal e Espanha na CEE/UE. Como se pode constatar pela análise dos gráficos (2) a (4) verificam-se alterações temporais significativas do processo de convergência, entre estes subperíodos.

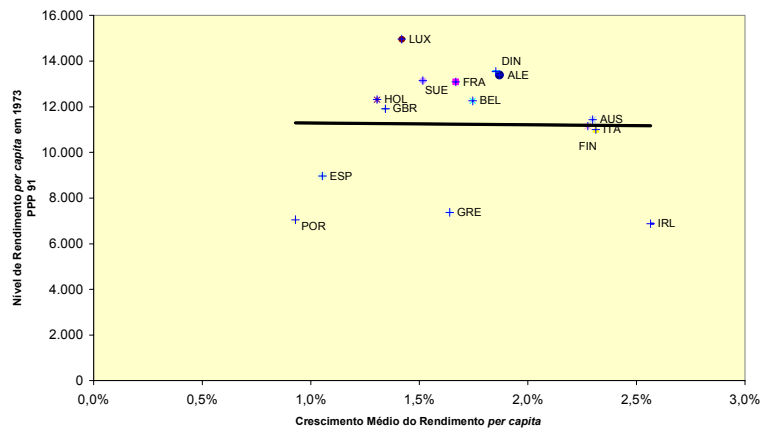
Assim, enquanto que no período entre 1960 e 1973 a análise gráfica permite concluir por uma relação negativa entre taxa de crescimento do rendimento per capita dos diferentes países e o seu nível inicial, no período seguinte, de 1973 a 1986, esta relação deixa de se verificar. Neste período em que o intervalo de variação das taxas de crescimento é bastante mais reduzido, observando-se ainda que entre os países com menores níveis de rendimento o comportamento é bastante díspar, enquanto que Portugal e Espanha apresentam neste período, taxas de crescimento inferiores às dos restantes países membros da UE, a Irlanda apresenta a taxa de crescimento do rendimento per capita mais elevada.



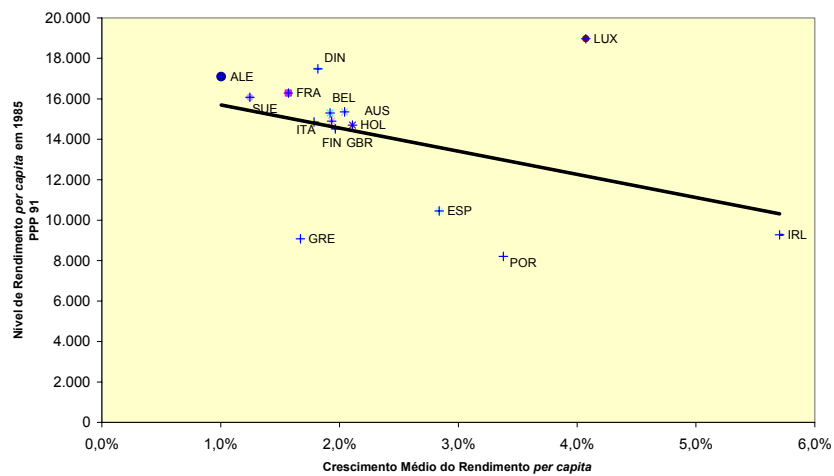
**Gráfico 2**  
Países da União Europeia  
1960 - 1973



**Gráfico 3**  
Países da União Europeia  
1973 - 1985



**Gráfico 4**  
Países da União Europeia  
1985 - 2000



No terceiro período, de 1986 a 2000, a existência de convergência é novamente observada, ainda que a análise gráfica sugira uma intensidade do fenómeno a níveis inferiores à que se verificou no período inicial.

A análise gráfica apresentada sugere a existência de convergência entre os países da UE no período compreendido entre 1960 e 2000, ainda que este padrão de comportamento das economias não se apresente de forma uniforme ao longo de todo o período.

Procuraremos agora quantificar este comportamento procedendo a uma estimação da velocidade média anual a que as economias convergem entre si.

A verificação empírica da hipótese da convergência absoluta é efectuada com base na estimação da relação entre a taxa média de crescimento do produto per capita com o seu nível inicial apresentada na equação (1).

Os resultados da estimação da relação de convergência absoluta para o período total e para os sub-períodos de 1960-73, 1973-86 e 1986-2000, utilizando dados de corte transversal e obtidos através do método dos mínimos quadrados estão apresentados nos quadro 1a.

**Quadro 1a**  
Variável Dependente: taxa de crescimento anual do PIB real per capita

Período:	1960 - 2000	1960 - 1973	1973 - 1986	1986 - 2000
Método Estimação: OLS	<b>Cross-section</b>			
	I	II	III	IV
Constante	0,051605 (10,042) ***	0,101996 (11,119) ***	0,013012 (1,075)	0,085591 (1,872) *
Rendimento per capita inicial, ln (y <sub>0</sub> )	-0,012995 (-4,6284) ***	-0,031613 (-7,239) ***	0,002034 (0,422)	-0,023744 (-1,399)
Taxa de Convergência Anual	1,83%	4,07%	-0,20%	2,89%
R <sup>2</sup> ajustado	0,65767	0,79204	-0,058681	0,173809

Notas:

Valores da estatística *t* de Student entre parêntesis

\*, \*\*, \*\*\* indicam que o coeficiente estimado é significativamente diferente de zero ao nível de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Os resultados obtidos são favoráveis à não rejeição da hipótese da convergência absoluta para o período de 1960 a 2000 entre os países da UE, sendo a velocidade de convergência bastante reduzida, 1,83%. A análise dos resultados por subperíodos permite-nos ter uma outra leitura, uma vez que apenas no período de 1960 e 1973 se obtém evidência clara de não rejeição da hipótese da convergência absoluta.

O coeficiente estimado do rendimento inicial para o período de 1973 a 1986 é positivo e estatisticamente não significativo, confirmando desta forma a não aceitação da hipótese de convergência entre os rendimentos per capita das economias dos países da União Europeia.

No que se refere ao período de 1986 a 2000, o coeficiente estimado do rendimento do início deste período é novamente negativo, no entanto, considerando os níveis habituais de confiança, não é significativamente diferente de zero.

No sentido de explorar quer a dimensão temporal, quer a dimensão espacial dos dados, procedemos a uma análise da hipótese da convergência  $\beta$  absoluta em dados de painel, utilizando observações anuais e os quinze países da amostra.

No quadro 1b são apresentados os resultados da estimação de dados de painel com efeitos comuns, assumindo-se assim a não existência de diferenças específicas a cada um dos países que compõem a amostra, no que se refere aos factores que determinam as taxas de crescimento do seu rendimento per capita.

**Quadro 1b**Variável Dependente: taxa de crescimento anual do PIB real *per capita*

Período: GLS (Efeitos Comuns)

	<i>Painel</i>			
	1960 - 2000	1960 - 1973	1973 - 1986	1986 - 2000
Constante	-0,098 -(9,7472) ***	-0,059 -(2,6127) ***	-0,033 -(1,0669)	-0,053 -(2,9437) ***
Rendimento per capita inicial, $\ln(y_0)$	-0,028 -(12,2487) ***	-0,021319 -(4,4109) ***	-0,012 -(1,691) *	-0,018 -(4,0679) ***
Taxa de Convergência Anual	2,86%	2,15%	1,22%	1,80%
R <sup>2</sup> Ajust	0,221	0,445	0,053	0,140

Notas:

Valores da estatística *t* de Student entre parêntesis

\*, \*\*, \*\*\* indicam que o coeficiente estimado é significativamente diferente de zero ao nível de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Comparando estes resultados com os obtidos anteriormente, verifica-se uma vez mais que quer para o período de 1960 a 1973, quer para o período total da nossa amostra, de 1960 a 2000, os coeficientes estimados suportam a hipótese de convergência  $\beta$  absoluta. Os resultados da estimação de dados de painel, contrariamente aos obtidos por corte seccional, suportam a referida hipótese também para os períodos de 1973 a 1986 e de 1986 a 2000, embora no primeiro destes dois períodos a um nível de significância de apenas 10%.

Estimamos um modelo de efeitos nacionais fixos na nossa amostra de dados de painel cujos resultados são apresentados no quadro 1.c.

**Quadro 1c**  
 Variável Dependente: taxa de crescimento anual do PIB real *per capita*  
 Período: GLS (Efeitos Fixos)

	<i>Painel</i>			
	1960 - 2000	1960 - 1973	1973 - 1986	1986 - 2000
Rendimento per capita inicial, ln ( $y_0$ )	-0,031 -(12,8849)	0,001 (0,2094)	-0,081 -(5,7475)	-0,030 -(3,2489)
<b>Efeitos Fixos</b>				
ALE	-0,115 ***	0,040	-0,322 ***	-0,112 ***
AUS	-0,111 ***	0,048	-0,328 ***	-0,103 ***
BEL	-0,111 ***	0,049 *	-0,329 ***	-0,104 ***
DIN	-0,111 ***	0,040	-0,323 ***	-0,102 ***
ESP	-0,116 ***	0,066 **	-0,362 ***	-0,105 **
FIN	-0,112 ***	0,050	-0,332 ***	-0,106 **
FRA	-0,111 ***	0,048 *	-0,327 ***	-0,105 ***
GRE	-0,123 ***	0,075 **	-0,371 ***	-0,124 ***
HOL	-0,115 ***	0,041	-0,335 ***	-0,103 ***
IRL	-0,111 ***	0,043	-0,368 ***	-0,076 *
ITA	-0,112 ***	0,050 *	-0,330 ***	-0,106 ***
LUX	-0,100 ***	0,037	-0,316 ***	-0,072 **
POR	-0,120 ***	0,077 **	-0,382 ***	-0,106 **
ING	-0,119 ***	0,032	-0,337 ***	-0,105 ***
SUE	-0,116 ***	0,040	-0,328 ***	-0,111 ***
Taxa de Convergência Anual	<b>3,18%</b>	<b>-0,13%</b>	<b>8,46%</b>	<b>3,08%</b>
R <sup>2</sup> Ajust	0,2276	0,5133	0,1000	0,1877

Notas:

Valores da estatística *t* de Student entre parêntesis

\* \*\*, \*\*\* indicam que o coeficiente estimado é significativamente diferente de zero ao nível de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente.

No caso em que se considera a presença de efeitos fixos nacionais, os quais conduzem à consideração da existência de estados estacionários diferentes entre os países da amostra, os resultados obtidos são favoráveis à aceitação da hipótese da convergência  $\beta$  para todo o período da amostra. A velocidade de convergência por seu lado, é claramente superior à estimada anteriormente, sendo as variáveis fictícias que absorvem os efeitos fixos nacionais significativas em todos os casos. Os efeitos fixos por países apresentam em todos os casos o sinal negativo. Resultados similares são obtidos para os subperíodos de 1973 a 1986 e de 1986 a 2000.

Pelo contrário, os resultados do período de 1960 a 1973 diferem significativamente dos de quaisquer outros subperíodos analisados. O coeficiente estimado do rendimento per capita inicial surge com um sinal contrário ao esperado e é não significativo e apenas são estatisticamente significativos ao nível de 5% os efeitos fixos de Espanha, Grécia e Portugal.

Uma outra perspectiva de análise da convergência consiste no estudo da dispersão do rendimento *per capita* de um grupo de países ao longo do tempo. O conceito de convergência sigma, estabelecido com base nos trabalhos de Barro e Sala-i-Martin (1991) corresponde assim, ao estabelecimento de um padrão de convergência entre economias quando se verifica uma redução da dispersão dos seus níveis de rendimento per capita em termos temporais, ou seja

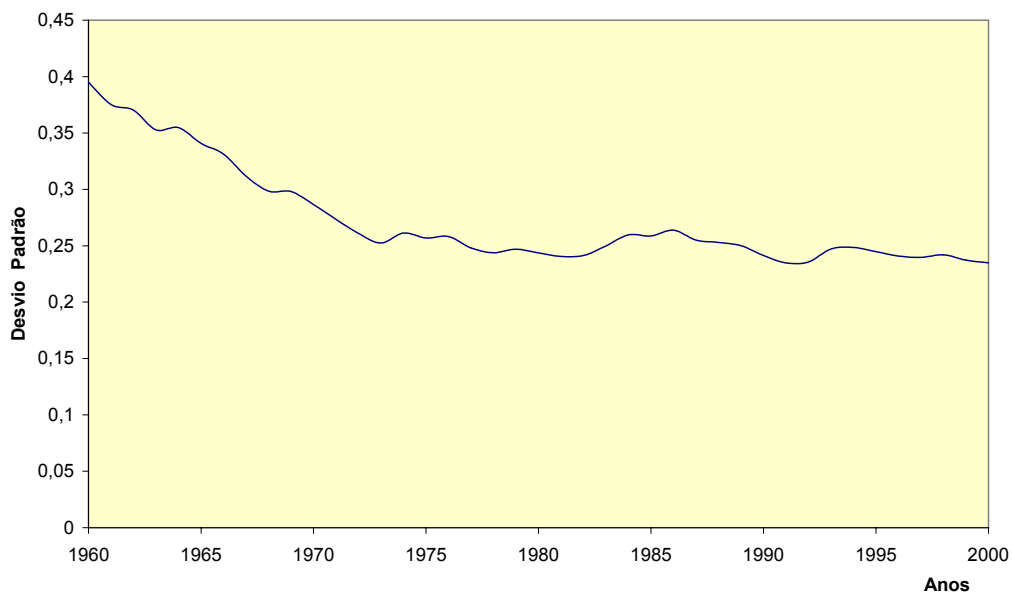
$$\sigma(t+1) < \sigma(t) \tag{4}$$

Assim, enquanto o conceito de convergência  $\beta$  corresponde à mobilidade dos níveis de rendimento dentro da distribuição destes, a convergência  $\sigma$  refere-se à dispersão dos níveis de rendimento.

Como foi demonstrado por Barro e Sala-i-Martin (1992) a existência de convergência  $\beta$  é uma condição necessária mas não suficiente<sup>2</sup> para a existência de convergência  $\sigma$ .

Assim, tendo em vista estudar a evolução da dispersão entre o rendimento per capita entre os países da UE, procedemos à análise dos desvios dos rendimentos per capita em relação ao comportamento médio, utilizando dois indicadores de dispersão: o desvio-padrão<sup>3</sup> e o coeficiente de variação<sup>4</sup>.

**Figura 5**  
 **$\sigma$  - ln rendimento per capita**



<sup>2</sup> Em equilíbrio a variância do logaritmo do rendimento *per capita* é dada por:

$$\sigma^2 = \frac{\sigma_\mu^2}{(1 - e^{-2\beta})}. \text{ A variância é assim crescente de } \sigma_\mu^2 \text{ e decrescente de } \beta \text{ quando este é positivo.}$$

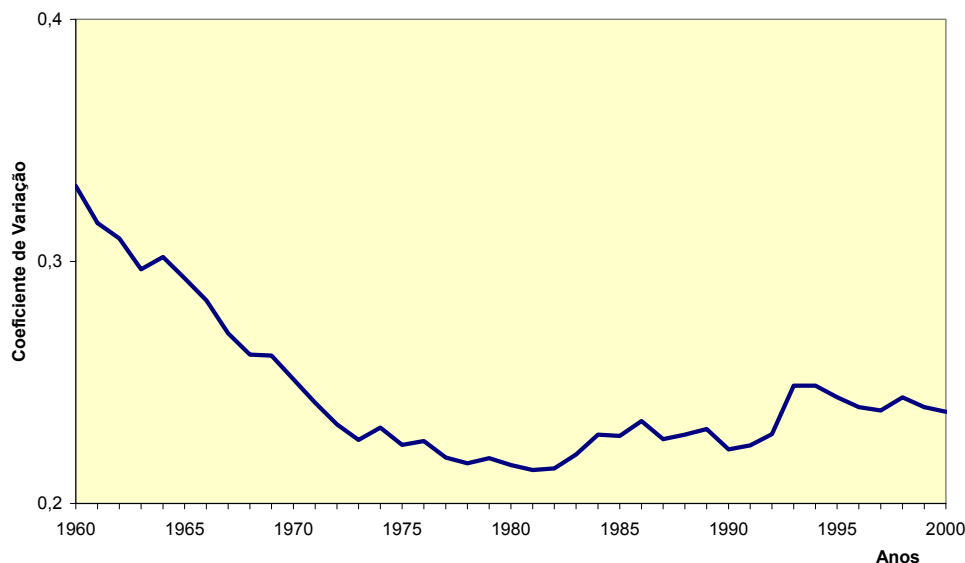
<sup>3</sup> O desvio padrão é dado por:  $\sigma_t^2 = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{i=1}^N [y_{i,t} - \mu_t]^2$ , sendo  $y_{i,t}$  o rendimento *per capita* do país  $i$

no período  $t$ ,  $\mu_t$  a média amostral do rendimento *per capita* e  $N$  o número de economias em análise.

<sup>4</sup> Medido pela razão entre o desvio padrão e a média do rendimento per capita em cada momento, do que

resulta: 
$$CV_t = \sqrt{\left(\frac{1}{N}\right) \sum_{i=1}^N \left(\frac{y_{i,t} - \mu_t}{\mu_t}\right)^2}$$

Figura 6  
Convergência  $\sigma$   
1960–2000



As figuras 5 e 6 apresentam a representação da evolução temporal do desvio padrão amostral e do coeficiente de variação, respectivamente. Como pode ser observado nas medidas utilizadas apontam no sentido de uma redução da dispersão no período, embora a redução ocorra fundamentalmente até ao início dos anos oitenta. Nas décadas de oitenta e noventa, observa-se um comportamento irregular das medidas de convergência sigma. Nas últimas duas décadas, a dinâmica de dispersão dos rendimento apresenta ainda um comportamento pró-cíclico, aumentando a dispersão em períodos de redução do crescimento das economias e diminuindo quando o crescimento se verifica a taxas mais elevadas, indiciando que a amplitude dos choques sofridos pelas economias induz uma amplitude cíclica superior nas economias com níveis de rendimento mais afastadas da média.

Esta análise confirma assim, a alteração importante na dinâmica de convergência entre os primeiros e os últimos anos da nossa amostra.

O objectivo principal deste trabalho é a análise do papel do capital público no processo de convergência dos países da UE, e em particular em Portugal e Espanha.

Os estudos empíricos que analisam o contributo do capital público na convergência, não apresentam evidência clara nem do sentido, nem da dimensão deste contributo. Assim, Barro (1991) numa análise do efeito das despesas correntes e das despesas de investimento públicas na taxa de crescimento, conclui que as despesas de investimento público não são significativas na

explicação das taxas de crescimento, enquanto que as despesas correntes têm um impacto negativo.

Por outro lado, Easterly e Rebelo (1993) analisando de uma forma global o contributo da política fiscal para o crescimento, analisando no período de 1960-80 a análise incide sobre vários níveis de desagregação do capital público, concluindo por uma forte relação entre o investimento público em transportes e comunicações e o crescimento económico.

Devarajan, Swaroop *et al.* (1996) numa análise a 43 países em desenvolvimento conclui que as despesas globais do sector público não têm um efeito significativo sobre o crescimento económico. A decomposição das despesas globais em despesas de investimento e em despesas correntes permite concluir por um efeito positivo das despesas correntes e por um efeito negativo das despesas de investimento no crescimento, tal efeito negativo é também evidenciado pela desagregação do investimento público em categorias principais. A explicação dos autores assenta em que os rendimentos marginais de tais investimentos é negativo, devido ao sobre-investimento público. Prichett (1996) analisando a eficácia da transformação do investimento público em capital público, refere que em países em desenvolvimento o investimento público é muitas vezes utilizado em projectos inapropriados ou improdutivos.

Na secção seguinte desenvolvemos o quadro teórico a partir do qual se procederá à análise empírica do efeito do capital público sobre o crescimento e a convergência.

### 3. Modelo neoclássico com capital humano e infra-estruturas

Dada uma função de produção agregada:

$$Y_{it} = F[AL_{it}, K_{it}^j] \quad (5)$$

sendo  $Y_{it}$  o rendimento do país  $i$  no momento  $t$ ,  $L_{it}$  o factor trabalho do país  $i$  no momento  $t$ ,  $A_{it}$  o nível tecnológico do país  $i$  em  $t$  e  $K_{it}^j$  representa um vector de  $j$  factores de produção no país  $i$  no momento  $t$ , os quais designaremos por *stocks* de capital.

A função de produção (5) verifica as condições que caracterizam uma função de produção neoclássica<sup>5</sup>

<sup>5</sup> (i) que os produtos marginais dos factores de produção são positivos mas decrescentes; (ii) que os rendimentos à escala são constantes; (iii) que o produto marginal do capital (ou do trabalho) tende para

Dividindo ambos os membros da equação anterior por  $AL_{it}$ , obtemos a função de produção por trabalhador em unidades de eficiência:

$$y_{it} = \frac{Y_{it}}{AL_{it}} = f(k_{it}^j) \quad (6)$$

sendo  $y_{it}$  o rendimento em unidades de trabalho eficientes e  $k_{it}$  o *stock* de capital em unidades de trabalho eficientes.

O modelo assume que as taxas de crescimento da força de trabalho,  $\gamma_L$ , e da variável eficiência,  $\gamma_A$ , são exógenas e constantes.

A evolução de cada um dos  $j$  tipos de capital é dada por:

$$\frac{dK^j}{dt} = s_i^j Y_{it} - \delta K_{it}^j \quad (7)^6$$

em que  $s_i^j$  corresponde à parte do produto investida no capital do tipo  $j$ , a qual se assume ser constante, correspondendo às preferências dos agentes económicos e  $\delta$  a taxa de depreciação do *stocks* de capital, a qual se assume ser igual para todos os tipos de capital, por simplicidade.

A taxa de acumulação do capital  $j$  em termos eficientes,  $\gamma_{k_j}$ , é representada pela seguinte equação dinâmica

$$\gamma_K = \frac{dK}{K} = \frac{s^j Y - \delta K}{K} = \frac{s^j y}{k} - \delta \quad (8)$$

Dado que a taxa de crescimento do *stock* de capital por unidade de trabalho em termos de eficiência é dada por

$$\gamma_{k_j} = \frac{dk}{k} = \frac{dK}{K} - \gamma_L - \gamma_A \quad (9)$$

Podemos então obter a equação diferencial fundamental do modelo de Solow,

$$\gamma_{k_j} = \dot{k}_j = \frac{dk}{k} = \sum_{j=1}^m s^j y_t - (\gamma_L + \gamma_A + \delta) \quad j=1, \dots, m \quad (10)$$

O *steady state* é definido por  $\gamma_{k_j} = 0$ , pelo que se verifica que

---

infinito quando o capital (ou o trabalho) se aproxima de zero, e para zero quando o capital (ou o trabalho) se aproxima de infinito.

<sup>6</sup> Assume-se que a taxa de depreciação é igual para todos os tipos de capital



$$\sum_{j=1}^m s^j y^* = (\gamma_L + \gamma_A + \delta)k_j^* \quad j=1, \dots, m \quad (11)$$

representando por  $y^*$  e  $k_j^*$  os valores de  $y$  e  $k_j$  nesse ponto.

Os valores de  $y^*$  e  $k_j^*$  em *steady state* são então dados por

$$y^* = f(k_j^*) \quad j=1, \dots, m \quad (12)$$

O *stock* de capital por trabalhador em unidades de eficiência no estado estacionário é então dado por

$$k_j^* = g \left[ \sum_{j=1}^m \frac{s^j}{(\gamma_L + \gamma_A + \delta)} \right] \quad j=1, \dots, m \quad (13)$$

sendo  $g$  uma função crescente  $g^{-1} = \frac{f(k_j^*)}{k_j^*}$

A partir de (12) e (13) verificamos que o produto por unidade de trabalho eficiente do equilíbrio a longo prazo depende positivamente da parte da parte do rendimento aplicado na formação de cada tipo de capital considerado e depende negativamente da taxa de crescimento da força de trabalho, da taxa de variação da eficiência e da taxa de depreciação dos *stocks* de capital.

Dividindo a equação de produção dada em (5) pelas unidades de trabalho, substituindo, tomando o *stock* de capital por trabalhador no estado estacionário, dado em (13) e logaritmando, obtemos o produto por trabalhador no estado estacionário:

$$\ln \left( \frac{Y_t}{L_t} \right) = \ln(A) + \sum_j^m \ln g \left[ \frac{s^j}{(\gamma_L + \gamma_A + \delta)} \right] \quad (14)$$

O objectivo do nosso modelo é obter os determinantes da taxa de crescimento *per capita*,

$$\gamma_{\frac{Y}{L}} = \frac{dA}{A} + \frac{dy}{y} = \gamma_A + \gamma_y \quad (15)$$

A taxa de crescimento do rendimento real *per capita* é igual à taxa de variação da eficiência mais o somatório do produto da taxa de crescimento dos factores acumuláveis em unidades de trabalho eficiente pelas respectivas elasticidades,

$$\gamma_{\left(\frac{Y}{L}\right)_t} = \gamma_{Ait} + \sum_{j=1}^m \varepsilon_j \gamma_{k_j} \quad (16)$$

representando  $\varepsilon_j$  a elasticidade do rendimento em relação ao capital  $j$  e  $\gamma_{k_j}$  a taxa de crescimento do capital  $j$ .

Designemos por  $\beta$  a velocidade de convergência de uma economia para o seu estado estacionário, isto é, o quanto do diferencial entre o rendimento per capita actual e o rendimento *per capita* em estado estacionário é aproximado por unidade de tempo.

Assim, definindo o diferencial por  $\ln(y/y^*)$

$$\gamma_y = \frac{d[\ln y^*/\ln y_t]}{dt} = \beta(\ln y^* - \ln y_t) = -\beta \ln y_t + \beta \ln y^* \quad (17)$$

Podemos obter o crescimento do rendimento per capita, em torno do estado estacionário, substituindo a equação acima na equação (15),

$$\gamma_{\frac{Y}{L}} = \gamma_A - \beta \ln y_t + \beta \ln y^* = \gamma_A - \beta \ln \left( \frac{Y}{L} \right) + \beta \ln A + \beta \ln y^* \quad (18)$$

Esta equação estabelece que a taxa de crescimento do rendimento *per capita* depende positivamente do produto per capita de equilíbrio e inversamente do produto inicial, pelo que para economias com parâmetros estruturais similares, a produtividade marginal decrescente dos distintos tipos de capital, implica que as economias menos abundantes em capital cresçam mais rapidamente que as restantes, convergindo para o mesmo rendimento de equilíbrio e a mesma taxa de crescimento do rendimento per capita das restantes.

No caso dos parâmetros estruturais das economias serem distintos, a convergência das economias para o seu estado de equilíbrio a longo prazo será tanto maior quanto maior for a sua distância entre a sua situação e o seu estado de equilíbrio a longo prazo, determinado elas referidas condições estruturais.

A partir do modelo geral especificado, vamos analisar distintas formulações tendo em conta o comportamento e o enquadramento do capital público<sup>7</sup>.

Considere-se que a função de produção agregada é uma função Cobb-Douglas, dada por:

$$Y = F[AL_{it}, K, KH, KG] = K^{\varepsilon_K} KH^{\varepsilon_H} KG^{\varepsilon_G} (AL)^{1-\varepsilon_K-\varepsilon_H-\varepsilon_G} \quad (19)$$

sendo  $Y$  o rendimento da economia,  $K$  o capital privado,  $KH$  o capital humano,  $L$  o factor trabalho, e  $A$  o nível de eficiência tecnológica.

<sup>7</sup> O desenvolvimento detalhado destes modelos é apresentado em anexo.

O nível de capital privado, do capital humano e do capital público em unidades de eficiência no estado de equilíbrio é dado respectivamente por:

$$s^K (k_H^*)^{\varepsilon_H} (k_G^*)^{\varepsilon_G} = k_K^* (n + g + \delta) \quad (20.a)$$

$$s^H (k_K^*)^{\varepsilon_K} (k_G^*)^{\varepsilon_G} = k_H^* (n + g + \delta) \quad (20.b)$$

$$s^G (k_K^*)^{\varepsilon_K} (k_H^*)^{\varepsilon_H} = k_G^* (n + g + \delta) \quad (20.c)$$

O logaritmo do rendimento em unidades de trabalho eficiente, em *steady state*, é então dado por,

$$\begin{aligned} \ln(y^*) &= \frac{\varepsilon_K}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \ln(s^K) + \frac{\varepsilon_H}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \ln(s^H) \\ &+ \frac{\varepsilon_K}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \ln(s^G) - \frac{\varepsilon_K + \varepsilon_H + \varepsilon_G}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \ln(n + g + \delta) \end{aligned} \quad (21)$$

Assumindo a evolução exponencial a taxa constante do nível tecnológico,  $A = A(0)e^{g't}$ ,

podemos expressar o rendimento per capita por

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{Y}{L}\right)^* &= \ln A + \frac{\varepsilon_K}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \ln(s^K) + \frac{\varepsilon_H}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \ln(s^H) \\ &+ \frac{\varepsilon_K}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \ln(s^G) - \frac{\varepsilon_K + \varepsilon_H + \varepsilon_G}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \ln(n + g + \delta) \end{aligned} \quad (22)$$

Considerando a dinâmica em torno do *steady state*, podemos obter a taxa de crescimento do produto per capita por unidade de tempo como

$$\begin{aligned} \ln y_t - \ln y_{t-1} &= g + (1 - e^{-\beta t}) \ln A(0) + (1 - e^{-\beta t}) \left( \frac{\varepsilon_K}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \right) \ln(s_{K,t-1}) \\ &+ (1 - e^{-\beta t}) \left( \frac{\varepsilon_H}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \right) \ln(s_{H,t-1}) \\ &+ (1 - e^{-\beta t}) \left( \frac{\varepsilon_G}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \right) \ln(s_{G,t-1}) \\ &- (1 - e^{-\beta t}) \left( \frac{\varepsilon_K + \varepsilon_H + \varepsilon_G}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \right) \ln(n + g + \delta) \\ &- (1 - e^{-\beta t}) \ln(y_{t-1}) \end{aligned} \quad (23)$$

sendo  $\beta = (1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G)(n + g + \delta)$

Considere-se agora um modelo em que o capital público não é incorporado como um factor produtivo na função de produção, mas os serviços decorrentes do *stock* têm impacto na produção alterando a produtividade dos restantes factores.

Assumindo, uma vez mais, uma função de produção Cobb-Douglas, esta vem

$$Y = F[AL_{it}, K, KH] = K^{\varepsilon_K} KH^{\varepsilon_H} (AL)^{1-\varepsilon_K-\varepsilon_H} \quad (24)$$

$$A = h(KG) = A_0 e^{gt} P^{\eta_G}$$

Em equilíbrio de longo prazo o capital privado e o capital humano em unidades de capital eficiente é dado, respectivamente, por

$$k^* = \left[ \frac{s_K^{1-\alpha_H} s_H^{\alpha_H}}{(n+g+\delta)} \right]^{\frac{1}{1-\alpha_K-\alpha_H}} \quad (25.a)$$

$$k_G^* = \left[ \frac{s_K^{\alpha_K} s_H^{1-\alpha_K}}{(n+g+\delta)} \right]^{\frac{1}{1-\alpha_K-\alpha_H}} \quad (25.b)$$

O rendimento por trabalhador em unidades eficientes no estado estacionário, é então dado por

$$y^* = \left[ \frac{s_K^{\varepsilon_K} s_H^{\varepsilon_H}}{(n+g+\delta)^{\varepsilon_K+\varepsilon_H}} \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon_K-\varepsilon_H}} \quad (26)$$

Tomando o logaritmo da função de produção (24) após a substituição dos *stocks* de capital privado e humano por unidade de trabalho eficiente, obtemos o produto por trabalhador em *steady state*,

$$\ln\left(\frac{Y}{L}\right)^* = \ln A_0 + gt + \eta_G \ln KG + \frac{\alpha_K}{1-\alpha_K-\alpha_H} \ln(s_K) \quad (27)$$

$$+ \frac{\alpha_K}{1-\alpha_K-\alpha_H} \ln(s_H) - \frac{\alpha_K + \alpha_H}{1-\alpha_K-\alpha_H} \ln(n+g+\delta)$$

Através da análise dinâmica em torno do estado estacionário, podemos deduzir a equação de convergência do rendimento *per capita*

$$\begin{aligned}
\ln y_{i,t} - \ln y_{i,t-1} = & g + (1 - e^{-\beta t}) \ln A_0 + (1 - e^{-\beta t}) \ln(KG_{t-1}) \\
& + (1 - e^{-\beta t}) \frac{\varepsilon_K}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H} \ln(s_K) \\
& + (1 - e^{-\beta t}) \frac{\varepsilon_H}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H} \ln(s_H) \\
& - (1 - e^{-\beta t}) \ln(n + g + \delta) - (1 - e^{-\beta t}) \ln(y_{i,t-1})
\end{aligned} \tag{28}$$

$$sendo \quad \beta = (1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H)(n + g + \delta)$$

#### 4. Análise empírica da convergência condicional

##### 4.1 Especificação do dados e especificação

Os modelos deduzidos na secção anterior foram estimados utilizando sucessivamente uma análise *cross-section* e dados em painel para catorze<sup>8</sup> países da União Europeia entre 1960 e 2000.

Os dados relativos ao rendimento *per capita* referem-se ao PIBpm em paridade de poder de compra em dólares internacionais de 1991 dividido pela população. O investimento privado em termos de produto refere-se ao investimento privado produtivo, na medida em que da série de FBCF retiramos o investimento em construção. O investimento público em função do PIB resulta da divisão da serie de investimento público total pelo PIBpm a preços correntes.

Os dados relativos ao *stock* de capital humano correspondem ao número médio de anos de escolaridade da população com 15 anos ou mais e foram obtidos da OCDE:

Como *proxy* para o *stock* físico de infra-estruturas de Transportes foi utilizado o número total de Km de estradas pavimentadas e linhas de caminho de ferro no activo, relativizadas pela superfície de cada país, para as infra-estruturas de comunicações foi utilizado o total de linhas telefónicas por 1.000 habitantes e para as infra-estruturas energéticas a capacidade de geração de energia eléctrica relativizada pelo número de habitantes. Os dados são do *World Development Indicators* do Banco Mundial, de Canning e do Eurostat.

##### 4.2 Resultados

<sup>8</sup> Dado que não dispúnhamos das séries completas para o Luxemburgo, este foi excluído da análise no que se refere a esta secção e à seguinte.

As versões modelos neoclássicos, alteradas para incorporarem os efeito das infra-estruturas e do capital humano no processo de evolução das disparidades regionais do rendimento per capita, especificados na secção anterior, foram numa primeira fase estimados no quadro de uma análise *cross-section*.

Admitindo como Markin (1992) que  $\ln A(0) = a + \mu$ , de forma a permitir que  $A(0)$  possa diferir entre países, em análises *cross-section*, sendo  $\mu$  um termo que reflecte características não consideradas específicas de cada país. Dado que se assume que a tecnologia utilizada é comum, então  $\alpha_0 = a + gt$ .

As especificações empíricas então adoptadas foram, para o caso do capital público como factor de produção e para o caso do impacto do capital público na produtividade dos factores de produção privados, as seguintes

$$\ln y_{i,t} - \ln y_{i,t-1} = \alpha_0 + \lambda_1 \ln(s_{K_{i,t-1}}) + \lambda_2 \ln(s_{H_{i,t-1}}) + \lambda_3 \ln(KG_{t-1}) + \lambda_4 (n + g + \delta) + \lambda_5 \ln(y_{i,t-1}) + \mu_{i,t}$$

sendo,

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= (1 - e^{-\beta t}) \frac{\varepsilon_K}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H} \\ \lambda_2 &= (1 - e^{-\beta t}) \frac{\varepsilon_H}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H} \\ \lambda_3 &= \eta_G (1 - e^{-\beta t}) \\ \lambda_4 &= -(1 - e^{-\beta t}) \frac{\varepsilon_K + \varepsilon_H}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H} \\ \lambda_5 &= -(1 - e^{-\beta t}) \\ \beta &= (1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H) (n + g + \delta) \end{aligned} \tag{29}$$

$$\ln y_t - \ln y_{t-1} = \alpha_0 + \lambda_1 \ln(s_{Kt-1}) + \lambda_2 \ln(s_{Ht-1}) + \lambda_3 \ln(s_{Gt-1}) \\ + \lambda_4 \ln(n + g + \delta) + \lambda_5 \ln(y_{t-1}) + \mu_t$$

sendo,

$$\lambda_1 = (1 - e^{-\beta t}) \left( \frac{\varepsilon_K}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \right) \\ \lambda_2 = (1 - e^{-\beta t}) \left( \frac{\varepsilon_H}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \right) \\ \lambda_3 = (1 - e^{-\beta t}) \left( \frac{\varepsilon_G}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \right) \\ \lambda_4 = - (1 - e^{-\beta t}) \left( \frac{\varepsilon_K + \varepsilon_H + \varepsilon_G}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \right) \\ \lambda_5 = - (1 - e^{-\beta t}) \\ \beta = (1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G) (n + g + \delta) \quad (30)$$

Correspondendo a primeira a uma especificação em que o impacto das infra-estruturas e do capital humano alteram o nível de eficiência da economia (variáveis ambientais), enquanto a segunda corresponde à consideração de que os referidos factores são incorporados directamente no sistema produtivo.

A estimação pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários do modelo (2) é apresentada no quadro 1, assumindo-se que o termo de perturbação aleatório tem média zero e variância independente e identicamente distribuída, não estando correlacionada com  $\ln y_{i0}$ .

A coluna (I) do quadro 1 corresponde ao modelo de Solow, não se tendo considerado as variáveis relacionadas com as infra-estruturas e o capital humano. Nas colunas (II) e (III) foram incluídas as variáveis referentes às infra-estruturas e ao capital humano separadamente, enquanto que a coluna (IV) apresenta com as duas variáveis em simultâneo, como decorre do modelo desenvolvido. O quadro 1 apresenta ainda nas colunas (Ia) a (IVa) as mesmas equações, estimadas agora impondo a restrição de que os coeficientes associados a  $\ln(s)$  e a  $\ln(l + g + \delta)$  são iguais em valor absoluto e de sinal oposto, como resulta do modelo neoclássico.

**Quadro 1**Variável Dependente: taxa de crescimento anual do PIB real *per capita*

Período: 1960-2000

Método Estimação: OLS

	Cross-section			
	I	II	III	IV
Constante	0,166623 (2,2077) *	0,190404 (1,9906) *	0,15955 (2,1863) *	0,152467 (1,4704)
Rendimento per capita inicial, $\ln(y_0)$	-0,015086 (-3,6486) ***	-0,019742 (-2,8339) **	-0,019212 (-4,1376) ***	-0,016761 (-3,1334) **
Investimento Privado Relativamente ao Rendimento, $\ln(s_{KP})$	0,000382 (0,0605)	0,077 (0,3254)	0,00356 (0,5799)	0,002169 (0,336)
Taxa Crescimento População, $\ln(n+g+\delta)$	0,002461 (0,1241)	0,00116 (0,0403)	-0,00887 (-0,3435)	-0,006377 (-0,1994)
Infra-estruturas Físicas Transportes, $\ln(IFT)$	-	-	0,000979 (1,1112)	-
Infra-estruturas Físicas Electrecidade, $\ln(IFE)$	-	0,00143 (0,4806)	-	-
Infra-estruturas Físicas Comunicações, $\ln(IFC)$	-	-	-	-0,000459 (-0,1587)
Capital Humano, $\ln(KH)$	-	0,004421 (0,6519)	0,005818 (0,8873)	0,004687 (0,5992)
Taxa de Convergência Anual	1,52%	1,99%	1,94%	1,69%
R <sup>2</sup> ajustado	0,754549	0,714499	0,745533	0,707179
<b>Restrição Coeficientes</b>	<b>I a</b>	<b>II a</b>	<b>III a</b>	<b>IV a</b>
Constante	0,1589 (3,9231) ***	0,178226 (4,8815) ***	0,173115 (6,2562) ***	0,164966 (4,6998) ***
Rendimento per capita inicial, $\ln(y_0)$	-0,015124 (-3,7571) ***	-0,019612 (-3,0096) **	-0,018924 (-4,5272) ***	-0,016805 (-3,3358) ***
$\ln[s_{KP}/(n+g+\delta)]$	0,00015 (0,023401)	0,002745 (0,4602)	0,003776 (0,6608)	0,002328 (0,3893)
Infra-estruturas Físicas Transportes, $\ln(IFT)$	-	-	0,000956 (1,1575)	-
Infra-estruturas Físicas Electrecidade, $\ln(IFE)$	-	0,001267 (0,4908)	-	-
Infra-estruturas Físicas Comunicações, $\ln(IFC)$	-	-	-	-0,000265 (-0,1136)
Capital Humano, $\ln(KH)$	-	0,004608 (0,7344)	0,00544 (0,9154)	0,004234 (0,6418)
Taxa de Convergência Anual	1,52%	1,98%	1,91%	1,69%
R <sup>2</sup> ajustado	0,776564	0,745606	0,842599	0,819427

Notas:

Valores da estatística *t* de Student entre parêntesis

\*, \*\*, \*\*\* indicam que o coeficiente estimado é significativamente diferente de zero ao nível de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Os resultados apresentados são de uma forma global consistentes com o modelo neoclássico desenvolvido, sendo o coeficiente estimado do rendimento per capita inicial negativo e estatisticamente significativo em todas as regressões, sugerindo convergência no período de 1960 a 2000 a uma taxa anual entre 1,52% e 1,99%.

A taxa de investimento privado produtivo apresenta um efeito positivo sobre a taxa de crescimento médio do rendimento per capita no período em análise, como seria de esperar, embora em nenhum dos casos se apresente como estatisticamente significativa.

A taxa de crescimento da população, a taxa de progresso técnico e a taxa de depreciação dos *stocks* de capital físico produtivo e de capital humano apresenta coeficientes estimados estatisticamente não significativos, apresentando em alguns casos sinal negativo, como era esperado, mas noutros casos o sinal é positivo.

O *stock* inicial de capital humano, apresenta em todos os casos o sinal esperado, embora também não seja estatisticamente significativa.



As variáveis representativas do capital em infra-estruturas, apresentam sinais diversos, enquanto que a variável representativa das infra-estruturas de transporte, bem como a capacidade de produção energética apresentam coeficientes positivos, a variável associada às infra-estruturas de telecomunicações apresenta um coeficiente estimado negativo, em todos os casos os coeficientes não são estatisticamente diferentes de zero.

Um dos factores que pode estar a origem de tais resultados pode ser a endogeneidade da variável.

Aplicamos então um procedimento dos mínimos quadrados em duas fases para estimar o modelo, utilizando para instrumentação as variáveis explicativas do modelo<sup>9</sup>.

Os resultados da estimação são apresentados no quadro 2.

#### Quadro 2

Variável Dependente: taxa de crescimento anual do PIB real *per capita*

Período: 1960-2000

Método Estimação: 2SLS

	Cross-section			
	I	II	III	IV
Constante	0,166623 (2,2077) *	0,190404 (1,9685) *	0,15955 (2,2487) *	0,152467 (1,8814) *
Rendimento per capita inicial, ln ( $y_0$ )	-0,015086 (-3,6486) ***	-0,019742 (-2,2772) *	-0,019212 (-2,6555) **	-0,016761 (-2,2246) *
Investimento Privado Relativamente ao Rendimento, ln( $s_{KP}$ )	0,000382 (0,0605)	0,003004 (0,6086)	0,00356 (0,7297)	0,002169 (0,425)
Taxa Crescimento População, ln ( $n+g+\delta$ )	0,002461 (0,1241)	0,00116 (0,0536)	-0,00887 (-0,5691)	-0,006377 (-0,3251)
Infra-estruturas Físicas Transportes, ln (IFT)	-	-	0,000979 (1,2901)	-
Infra-estruturas Físicas Electrecidade, ln (IFE)	-	0,00143 (0,5128)	-	-
Infra-estruturas Físicas Comunicações, ln (IFC)	-	-	-	-0,000459 (-0,2585)
Capital Humano, ln (KH)	-	0,004421 (0,7184)	0,005818 (0,988)	0,004687 (0,6657)
Taxa de Convergência Anual	1,52%	1,99%	1,94%	1,69%
R <sup>2</sup> ajustado	0,754549	0,714499	0,745533	0,707179
<b>Restrição Coeficientes</b>	<b>I a</b>	<b>II a</b>	<b>III a</b>	<b>IV a</b>
Constante	0,1589 (3,9231) ***	0,178226 (3,1486) ***	0,173115 (3,3731) ***	0,164966 (2,9931) **
Rendimento per capita inicial, ln ( $y_0$ )	-0,015124 (-3,7571) ***	-0,019612 (-2,4586) **	-0,018924 (-2,7768) **	-0,016805 (-2,3709) **
ln [ $s_{KP}/(n+g+\delta)$ ]	0,00015 (0,0234)	0,002745 (0,6118)	0,003776 (0,8811)	0,002328 (0,508)
Infra-estruturas Físicas Transportes, ln (IFT)	-	-	0,000956 (1,3269)	-
Infra-estruturas Físicas Electrecidade, ln (IFE)	-	0,001267 (0,5772)	-	-
Infra-estruturas Físicas Comunicações, ln (IFC)	-	-	-	-0,000265 (-0,1686)
Capital Humano, ln (KH)	-	0,004608 (0,7729)	0,00544 (0,9642)	0,004234 (0,6497)
Taxa de Convergência Anual	1,52%	1,98%	1,91%	1,69%
R <sup>2</sup> ajustado	0,776564	0,745606	0,772643	0,739172

Notas:

Valores da estatística *t* de Student entre parêntesis

\*, \*\*, \*\*\* indicam que o coeficiente estimado é significativamente diferente de zero ao nível de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente.

<sup>9</sup> Se existir endogeneidade os coeficientes do modelo quando estimados por 2SLS serão diferentes dos coeficientes estimados por OLS.

Comparando os resultados com os obtidos anteriormente, verifica-se que estes quase não se alteram, nem em termos de sinais verificados, nem quanto ao nível de significância dos coeficientes estimados.

Uma possível explicação para os resultados não apresentarem significância estatística refere-se à reduzida dimensão da série analisada, de apenas 14 países, dado que não dispomos de séries de investimento e de capital humano para o Luxemburgo.

Assim, tentando explorar a dimensão temporal da amostra, estimamos as equações do modelo utilizando dados num painel de catorze países e 41 anos.

As equações a estimar são então as seguintes:

$$\begin{aligned} \ln y_{i,t} - \ln y_{i,t-1} &= \lambda_1 \ln(s_{K_{i,t-1}}) + \lambda_2 \ln(s_{H_{i,t-1}}) + \lambda_3 \ln(KG_{t-1}) \\ &\quad + \lambda_4 (n + g + \delta) + \lambda_5 \ln(y_{i,t-1}) + \psi_t + \eta_i + \mu_{i,t} \end{aligned}$$

sendo,

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= (1 - e^{-\beta t}) \frac{\varepsilon_K}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H} \\ \lambda_2 &= (1 - e^{-\beta t}) \frac{\varepsilon_H}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H} \\ \lambda_3 &= \eta_G (1 - e^{-\beta t}) \\ \lambda_4 &= -(1 - e^{-\beta t}) \frac{\varepsilon_K + \varepsilon_H}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H} \\ \lambda_5 &= -(1 - e^{-\beta t}) \\ \beta &= (1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H) (n + g + \delta) \\ \psi_t &= g (t - e^{-\beta t} (t-1)) \\ \eta_i &= (1 - e^{-\beta t}) \ln A(0) \end{aligned} \tag{31}$$

$$\ln y_t - \ln y_{t-1} = \alpha_0 + \lambda_1 \ln(s_{Kt-1}) + \lambda_2 \ln(s_{Ht-1}) + \lambda_3 \ln(s_{Gt-1}) \\ + \lambda_4 \ln(n + g + \delta) + \lambda_5 \ln(y_{t-1}) + \mu_{i,t}$$

sendo,

$$\lambda_1 = (1 - e^{-\beta t}) \left( \frac{\varepsilon_K}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \right) \\ \lambda_2 = (1 - e^{-\beta t}) \left( \frac{\varepsilon_H}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \right) \\ \lambda_3 = (1 - e^{-\beta t}) \left( \frac{\varepsilon_G}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \right) \\ \lambda_4 = - (1 - e^{-\beta t}) \left( \frac{\varepsilon_K + \varepsilon_H + \varepsilon_G}{1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G} \right) \\ \lambda_5 = - (1 - e^{-\beta t}) \\ \beta = (1 - \varepsilon_K - \varepsilon_H - \varepsilon_G) (n + g + \delta) \\ \psi_t = g (t - e^{-\beta t} (t - 1)) \\ \eta_i = (1 - e^{-\beta t}) \ln A(0) \quad (32)$$

sendo  $\mu_{i,t}$  o termo erro que varia entre regiões e entre períodos assumindo-se que tem média zero e variância constante.

O termo constante da análise *cross-section*,  $(\alpha_0)$ , é agora decomposto em dois efeitos específicos, um efeito país específico,  $(\eta_i = (1 - e^{-\beta t}) \ln A(0))$ , e um efeito temporal específico,  $(\psi_t = g (t - e^{-\beta t} (t - 1)))$ .

A consideração nos modelos dos efeitos fixos permite ultrapassar assim a questão do enviesamento devido resultante da omissão de variáveis correlacionadas com as variáveis independentes das equações a estimar.

O efeito específico país,  $\eta_i$ , reflecte assim as características específicas de cada economia, pelo que o parâmetro  $A(0)$  deixa de representar o nível de eficiência inicial, o qual de acordo com os pressupostos assumidos, seria igual para todas as economias e passa a explicitar diferenças entre os países quanto a dotações de factores, diferenças tecnológicas, diferenças institucionais, etc<sup>10</sup>

O efeito temporal,  $\psi_t$ , representa os choques tecnológicos.

<sup>10</sup> Mankiw, N. G., D. Romer, et al. (1992). "A Contribution to the Empirics of Economic Growth." *Quarterly Journal of Economics*(107): 407-437.

Os resultados da estimação das equações de convergência ignorando os efeitos específicos são apresentados no quadro 3, enquanto no quadro 4 apresentam-se os resultados da estimação da equação (31) considerando os efeitos específicos.

**Quadro 3**Variável Dependente: taxa de crescimento anual do PIB real *per capita*

Período: 1960-2000

Método Estimação: GLS - Efeitos Comuns

	<i>Painel</i>			
	I	II	III	IV
Constante	-0,258702 (-5,8641) ***	-0,331703 (-4,8826) ***	-0,353881 (-5,3634) ***	-0,224246 (-3,5083) ***
Rendimento per capita inicial, ln ( $y_0$ )	-0,032132 (-9,2202) ***	-0,041314 (-6,2908) ***	-0,043468 (-6,7998) ***	-0,025976 (-3,4857) ***
Investimento Privado Relativamente ao Rendimento, ln( $s_{KP}$ )	0,014031 (2,6142) ***	0,017432 (3,1476) ***	0,017971 (3,3132) ***	0,017306 (3,3017) ***
Taxa Crescimento População, ln ( $n+g+\delta$ )	-0,059457 (-4,8756) ***	-0,060457 (-4,9946) ***	-0,060757 (-5,0265) ***	-0,062513 (-5,2683) ***
Infra-estruturas Físicas Transportes, ln (IFT)	-	-	0,002314 (1,9859)	-
Infra-estruturas Físicas Electrecidade, ln (IFE)	-	0,000413 (0,124)	-	-
Infra-estruturas Físicas Comunicações, ln (IFC)	-	-	-	-0,009307 (-3,1837) ***
Capital Humano, ln (KH)	-	0,015544 (1,5292)	0,015844 (1,6905)	* (2,1511) **
Taxa de Convergência Anual	3,27%	4,22%	4,44%	2,63%
R <sup>2</sup> ajustado	0,320465	0,324068	0,33095	0,338843
AR(1)	0,295325 (5,4645)	0,301490 (5,5183)	0,296783 (5,482)	0,266465 (4,8255)
<b>Restrição Coeficientes</b>	<b>I a</b>	<b>II a</b>	<b>III a</b>	<b>IV a</b>
Constante	-0,127239 (-7,5053) ***	-0,254406 (-3,8707) ***	-0,248804 (-4,555) ***	-0,133619 (-2,34) **
Rendimento per capita inicial, ln ( $y_0$ )	-0,030066 (-9,0505) ***	-0,044165 (-5,9568) ***	-0,043514 (-6,5061) ***	-0,028814 (-3,7893) ***
ln [ $s_{KP}/(n+g+\delta)$ ]	0,026147 (3,5525) ***	0,030711 (3,8843) ***	0,030639 (3,9551) ***	0,030197 (4,0133) ***
Infra-estruturas Físicas Transportes, ln (IFT)	-	-	0,00238 (2,0332)	-
Infra-estruturas Físicas Electrecidade, ln (IFE)	-	0,002759 (0,8121)	-	-
Infra-estruturas Físicas Comunicações, ln (IFC)	-	-	-	-0,007647 (-2,7283) ***
Capital Humano, ln (KH)	-	0,017866 (1,6575)	0,019787 (1,9403)	0,023826 (2,3378) **
Taxa de Convergência Anual	3,05%	4,52%	4,45%	2,92%
R <sup>2</sup> ajustado	0,303248	0,307933	0,315112	0,319433
AR(1)	0,279101 (5,4742)	0,300376 (5,6977)	0,291857 (5,6186)	0,267428 (5,035)

Notas:

Valores da estatística *t* de Student entre parêntesis

\*, \*\*, \*\*\* indicam que o coeficiente estimado é significativamente diferente de zero ao nível de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente.

**Quadro 4**Variável Dependente: taxa de crescimento anual do PIB real *per capita*

Período: 1960-2000

Método Estimação: GLS - Efeitos Fixos

	<b>Painel</b>			
	I	II	III	IV
Rendimento per capita inicial, $\ln(y_0)$	-0,04224 -(11,3243) ***	-0,051194 -(2,8716) ***	-0,04521 -(2,8179) ***	-0,04324 -(2,7878) ***
Investimento Privado Relativamente ao Rendimento, $\ln(s_{KP})$	0,03362 (4,4334) ***	0,030553 (4,5073) ***	0,02968 (4,566) ***	0,03017 (4,594) ***
Taxa Crescimento População, $\ln(n+g+\delta)$	-0,06507 -(6,1016) ***	-0,058705 -(6,0424) ***	-0,05898 -(5,9896) ***	-0,06045 -(6,4384) ***
Infra-estruturas Físicas Transportes, $\ln(IFT)$	-	-	-0,00446 -(0,9932)	-
Infra-estruturas Físicas Electrecidade, $\ln(IFE)$	-	0,001557 (0,2474)	-	-
Infra-estruturas Físicas Comunicações, $\ln(IFC)$	-	-	-	-0,00582 -(1,4737)
Capital Humano, $\ln(KH)$	-	0,020357 (0,6917)	0,01976 (0,6807)	0,03526 (1,1557)
Taxa de Convergência Anual	<b>4,32%</b>	<b>5,26%</b>	<b>4,63%</b>	<b>4,42%</b>
$R^2$ ajustado	0,355418	0,31549	0,306193	0,32475
AR(1)	0,23903 (4,3862)			
<b>Restrição Coeficientes</b>	<b>I a</b>	<b>II a</b>	<b>III a</b>	<b>IV a</b>
Rendimento per capita inicial, $\ln(y_0)$	-0,04238 -(11,1234) ***	-0,06056 -(3,4318) ***	-0,05066 -(3,1412) ***	-0,05197 -(3,3931) ***
$\ln[s_{KP}/(n+g+\delta)]$	0,04836 (5,6625) ***	0,04196 (5,5698) ***	0,04121 (5,4351) ***	0,04198 (5,6482) ***
Infra-estruturas Físicas Transportes, $\ln(IFT)$	-	-	-0,00357 -(0,7925)	-
Infra-estruturas Físicas Electrecidade, $\ln(IFE)$	-	0,00514 (0,8495)	-	-
Infra-estruturas Físicas Comunicações, $\ln(IFC)$	-	-	-	-0,00259 -(0,727)
Capital Humano, $\ln(KH)$	-	0,02970 (1,0166)	0,03064 (1,0595) *	0,04004 (1,322)
Taxa de Convergência Anual	<b>4,33%</b>	<b>6,25%</b>	<b>5,20%</b>	<b>5,34%</b>
$R^2$ ajustado	0,351422	0,320838	0,309721	0,325061
AR(1)	0,23606 (4,5412)			

Notas:

Valores da estatística *t* de Student entre parêntesis

\*, \*\*, \*\*\* indicam que o coeficiente estimado é significativamente diferente de zero ao nível de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Os resultados apresentados no quadro 3 diferenciam-se dos apresentados nos quadros 1 e 2, na medida em que a análise do processo de convergência passou a ser aferida em cada período anual.

Os resultados das equações de convergência apresentam todas as variáveis do modelo base com o sinal esperado e com coeficientes significativos ao nível de significância de 1%.

O coeficiente estimado para o rendimento per capita inicial do período apresenta o sinal esperado e é significativo, em todos os ajustamentos, ao nível de 1%. No modelo de dados em painel com efeitos fixos, situa-se entre 4,32 e 6,25%, enquanto no modelo de dados em painel com efeitos comuns a velocidade de convergência situa-se entre 2,92 e 4,53%. Tal como na generalidade dos estudos efectuados sobre convergência, a consideração de efeitos fixos apresenta uma velocidade superior.

O *stock* de capital humano, cuja *proxy* é o número médio de anos de escolaridade da população entre 15 e 64 anos, tem o sinal esperado, apresentando uma influência positiva sobre a taxa de crescimento do rendimento per capita, no entanto o nível de significância de cerca de 10% em todos os ajustamentos só é obtido quando não se consideram os efeitos fixos.

O coeficiente da variável representativa das infra-estruturas de transportes apresenta um sinal positivo na regressão, para níveis de significância de 5%, sugerindo um relacionamento directo entre a taxa de crescimento do rendimento per capita e as infra-estruturas de transporte, enquanto que o coeficiente estimado associado às infra-estruturas de electricidade é também esperado positivo, embora neste caso, não se apresente estatisticamente significativo ao nível de 10%.

Contrariamente ao esperado, a variável infra-estrutura de comunicações, apresenta um coeficiente estimado negativo, sendo este estatisticamente significativo ao nível de 1% quando se consideram efeitos comuns e apresenta o mesmo sinal quando se consideram efeitos fixos, embora deixe de apresentar significância estatística.

A velocidade de convergência estimada aumenta quando se introduz as variáveis que controlam as diferenças de estados de equilíbrio indiciando assim o enviesamento do coeficiente do rendimento per capita inicial quando as referidas variáveis são omitidas.

Os resultados estimados sendo favoráveis à existência durante o período analisado de um processo de convergência condicional entre os países que actualmente constituem a União Europeia, no qual o *stock* de capital humano apresenta um papel significativo como variável de controle das diferenças dos estados de equilíbrio. As infra-estruturas de transporte e as infra-estruturas energéticas apresentam uma relação positiva com a taxa de crescimento da produto per capita, enquanto que a relação desta com as infra-estruturas de comunicações é negativa.

A correlação entre as variáveis de infra-estrutura utilizadas e o nível global de infra-estruturas relevantes do ponto de vista produtivo, pode condicionar a interpretação dos resultados obtidos.

Procedemos à estimação da equação de convergência, considerando a acumulação de capital público, sendo os resultados apresentados no quadro 5.

**Quadro 5**Variável Dependente: taxa de crescimento anual do PIB real *per capita*

Período: 1960-2000

Método Estimação: Método Generalizados dos Momentos (GMM)

	<b>Painel</b>			
	I	II	III	IV
Rendimento per capita inicial, $\ln(y_0)$	-0,05366 -(16,4037) ***	-0,066483 -(2,1572) **	-0,054387 -(15,7709) ***	-0,04606 -(1,9944) **
Investimento Privado Relativamente ao Rendimento, $\ln(s_{KP})$	0,026832 (3,3507) ***	0,031179 (3,4876) ***	0,026059 (3,1079) ***	0,029021 (3,0953) ***
Taxa Crescimento População, $\ln(n+g+\delta)$	-0,094538 -(16,0958) ***	-0,090936 -(20,8367) ***	-0,098623 -(13,2577) ***	-0,097438 -(13,0339) ***
Investimento Público Relativamente ao Rendimento, $\ln(s_{KG})$	-	-	0,002944 (0,8411)	0,002884 (0,8313)
Capital Humano, $\ln(KH)$	-	0,021682 (0,3874)	-	-0,015649 -(0,3494)
Taxa de Convergência Anual	5,52%	6,88%	5,59%	4,72%
J -	0,277486 1,96E-51	0,124684 1,86E-51	0,274974 2,41E-51	0,279478 2,25E-51

Notas:

Valores da estatística *t* de Student entre parêntesis

\*, \*\*, \*\*\* indicam que o coeficiente estimado é significativamente diferente de zero ao nível de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Os resultados estimados para a equação de convergência mostram que o coeficiente estimado do produto per capita inicial é negativo e estatisticamente significativo ao nível de 1%, apresentando uma taxa de convergência anual próxima da obtida na análise anterior.

No que se refere às variáveis que controlam as diferenças de estados de equilíbrio, como era esperado, a taxa de investimento em capital físico privado apresenta um efeito positivo sobre a taxa média de crescimento do rendimento per capita, enquanto a taxa de crescimento da população, a taxa de progresso técnico e a taxa de depreciação do capital, apresenta uma relação negativa com a taxa média de crescimento do rendimento per capita, sendo os coeficientes estimados estatisticamente significativos, em ambos os casos.

Os coeficientes estimados da taxa de investimento em capital físico público apresenta um sinal positivo mas não é estatisticamente significativo, enquanto que o coeficiente associado ao *stock* de capital humano surge quer com um sinal positivo quer com um sinal negativo, não sendo também estatisticamente significativo. Estes resultados sendo favoráveis à existência de um processo de convergência condicionada entre os países membros da UE, não apoiam a hipótese de que quer o capital humano quer o investimento em infra-estruturas sejam factores determinantes da convergência de cada país para o seu estado de equilíbrio a longo prazo.

### 5 Convergência de Portugal e Espanha face aos restantes países da UE

Com base na dinâmica apresentada de aproximação de economias com a mesma função de produção, vamos admitir que podemos representar por  $\nabla X$  a diferença, em cada momento de tempo, entre a situação de cada país quanto à variável X e o grupo de países de referência.

De acordo com a dinâmica referida, a aproximação anual de cada país relativamente ao grupo de referência, seria dada por:

$$\begin{aligned} \nabla \ln y_{t+1} - \nabla \ln y_t = & \eta_1 \nabla \ln(s) - \eta_1 \nabla \ln(l + g + \delta) \\ & + \eta_2 \nabla \ln KG_t + \eta_3 \nabla \ln KH - \beta \nabla \ln y_t \\ & + \left[ (1 - e^{-\eta r})g(t_{0+r}) + gre^{-\eta r} \right] + (1 - e^{-\eta r}) \ln A_0 \end{aligned} \quad (33)$$

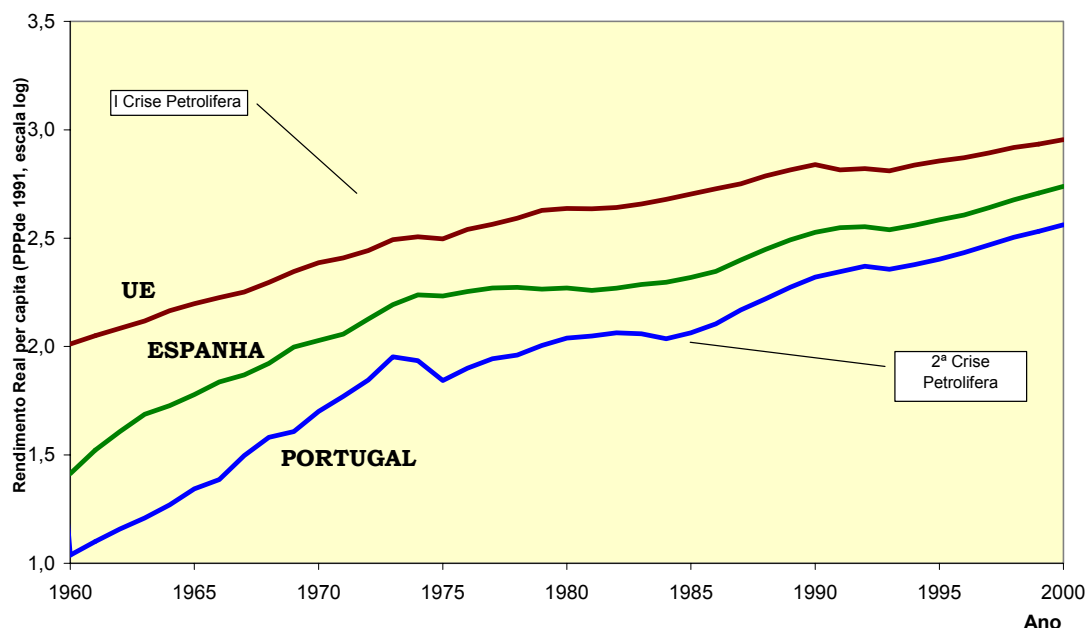
onde,  $\nabla \ln y_{t+1} - \nabla \ln y_t$  corresponde à taxa de crescimento média anual do ano t para t+1 (aproximação anual da economia face aos países de referência) e  $\nabla \ln X_t$  corresponde ao valor relativo, em cada momento, do nível da variável X na economia face aos países de referência.

O coeficiente  $\beta$  seria assim entendido como a taxa de convergência condicional, ou seja, a percentagem do diferencial que é recuperada em cada ano por cada país face aos países de referência.

A análise do gráfico seguinte parece indiciar uma processo de convergência entre Portugal e Espanha face aos restantes países da UE no período compreendido entre 1960 e 2000. Como se pode verificar, quer no caso português, quer no caso espanhol, podemos considerar três sub-períodos, um primeiro período entre 1960 e a primeira crise petrolífera os níveis de rendimento aproximam-se gradualmente, enquanto que num segundo período que decorre entre 1973 e a adesão de ambos os países à CEE/UE verifica-se um certo afastamento dos níveis de rendimento face aos países de referência, observando-se uma nova aproximação do rendimento per capita no período que decorre entre a adesão e o ano 2000. Face à evolução observada consideraremos na nossa análise da convergência, além de uma análise global de todo o período, procederemos a uma análise parcelar em três sub-períodos, de 1960 a 1973, de 1973 a 1986 e de 1986 a 2000.



Rendimento Real per capita : 1960-2000



Os resultados obtidos da estimação da equação (33), por OLS para o caso português são apresentados no quadro 5 e os resultados para o caso espanhol são apresentados no quadro 6.

**Quadro 5**

Variável Dependente: taxa de crescimento anual diferencial do PIB real per capita

Período:

1960-2000

1960-1973

1973-1986

1986-2000

Método Estimação: OLS

	<b>Portugal</b>			
	I	II	III	IV
Constante	0,00059 (0,0272)	0,00422 (0,0437)	0,09459 (0,6266)	-0,08234 (-1,0526)
Distância face grupo referência, $\nabla \ln(y_0)$	0,03025 (0,927)	0,07099 (0,9075)	0,17999 (0,7269)	-0,13999 (-1,0928)
Investimento Diferencial Privado Relativamente ao Rendimento, $\nabla \ln(s_{KP})$	0,04808 (1,8909)	0,09296 (1,0242)	0,05482 (1,0532)	0,03048 (0,3781)
Taxa Crescimento Diferencial da População, $\nabla \ln(n+g+\delta)$	-0,05190 (-4,1354)	-0,02326 (-1,1295)	-0,12447 (-2,8073)	-0,05927 (-2,824)
Investimento Diferencial Publico Relativamente ao Rendimento, $\nabla \ln(s_{KG})$	-0,02016 (-1,4311)	-0,05288 (-0,6655)	-0,01202 (-0,4201)	0,01739 (0,4313)
$R^2$ ajustado	0,471541	0,33609	0,49865	0,449791

Notas:

Valores da estatística  $t$  de Student entre parêntesis

\*, \*\*, \*\*\* indicam que o coeficiente estimado é significativamente diferente de zero ao nível de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente.

**Quadro 6**Variável Dependente: taxa de crescimento anual diferencial do PIB real *per capita*

Período:	1960-2000	1960-1973	1973-1986	1986-2000	
Método Estimação: OLS	<b>Espanha</b>				
	I	II	III	IV	
Constante	0,08798 (1,3949)	0,160691 (0,5611)	0,087044 (1,7026)	-0,098286 (-3,8481)	***
Distância face grupo referência, $\nabla \ln (y_0)$	0,30493 (1,6675)	0,24227 (1,5159)	0,228244 (1,7095)	-0,275655 (-3,5183)	***
Investimento Diferencial Privado Relativamente ao Rendimento, $\nabla \ln (s_{KP})$	0,02591 (0,3764)	-0,094879 (-1,9465)	0,112319 (2,3567)	0,201861 (4,7184)	***
Taxa Crescimento Diferencial da População, $\nabla \ln (n+g+\delta)$	-0,04760 (-2,6817)	-0,317927 (-3,0689)	-0,318967 (-3,0024)	-0,069732 (-10,43)	***
Investimento Diferencial Publico Relativamente ao Rendimento, $\nabla \ln (s_{KG})$	0,01198 (0,6226)	0,107754 (1,5101)	0,029831 (1,2301)	-0,036768 (-1,9096)	*
R <sup>2</sup> ajustado	0,356043	0,47975	0,540205	0,778361	
AR(1)	0,75658 (10,5684)				

Notas:

Valores da estatística *t* de Student entre parêntesis

\*, \*\*, \*\*\* indicam que o coeficiente estimado é significativamente diferente de zero ao nível de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Os resultados são em geral contrários ao modelo adoptado, quer para a totalidade do período quer para cada um dos sub-períodos considerados, não apontando para um processo de convergência entre Portugal e Espanha e as restantes economias da UE tomadas como referência.

A regressão da taxa de crescimento diferencial com a distâncias entre níveis face às economias de referência, quer para o caso português quer para o caso espanhol, tomando uma *dummy* zero para o período 1973 a 1986, apontam para uma relação negativa entre as variáveis apresentando-se os coeficientes estatisticamente significativos a 1%, indiciando assim, um processo de convergência absoluta entre a economia portuguesa e a economia espanhola face às economias tomadas como referência, sendo o coeficiente de aproximação da economia espanhola de -0.078726 e o coeficiente de aproximação da economia portuguesa de -0.045557 indicando desta forma que a velocidade de convergência espanhola em relação à média europeia é claramente superior à portuguesa, nestes períodos de maior integração destas economias nas economias tomadas como referência.

Quando consideramos as diversas variáveis que controlam o estado estacionário, no enquadramento neoclássico do nosso modelo, o coeficiente de convergência passa a ser não significativo e em grande parte dos casos altera-se o seu sinal.

A parte do rendimento aplicado em investimento público apresenta-se não significativa estatisticamente quer para o caso português quer para o espanhol, apresentando no caso português um sinal negativo em três dos quatro períodos analisados, e em Espanha um sinal positivo em três dos quatro casos analisados, sendo que o único caso em que a variável, tal como as restantes, apresenta um coeficiente estatisticamente significativo o sinal é negativo.

## 6 Conclusões

O presente trabalho centrou-se na análise da convergência entre os países que constituem actualmente a União Europeia, procurando aferir o papel das infra-estruturas públicas no processo de convergência.

A nossa análise teve por base um modelo neoclássico que foi estendido de forma a incorporar o *stock* de infra-estruturas e o *stock* de capital humano das economias em análise no período de 1960 a 2000, de forma a medir o contributo destes factores no processo de convergência.

No modelo neoclássico de crescimento o processo de convergência é baseado na produtividade marginal positiva mas decrescente do factor capital, pelo que as economias com níveis de rendimento inferiores proporcionam uma remuneração do factor capital superior a outras economias com níveis de capital instalado superiores, pelo que a acumulação do factor capital é superior em economias com níveis inferiores de rendimento per capita, gerando-se assim um mecanismo de convergência entre economias que dispõem de acesso às mesmas tecnologias.

Os resultados obtidos neste estudo apontam para a existência de um processo de convergência do rendimento per capita, nos países que são actualmente membros da União Europeia no período de 1960 a 2000, cuja taxa média de convergência anual se situaria entre os 2,39% e os 3,15% ao ano, dependendo do método de estimação adoptado.

Quando as economias não possuem as mesmas características estruturais, o modelo neoclássico determina que o processo de convergência de cada economia ocorra não para o mesmo estado de equilíbrio a longo prazo, mas para um estado de equilíbrio de longo prazo de cada economia, determinado pelas suas características estruturais, neste caso a convergência diz-se condicionada.

Na análise da convergência condicionada, procuramos aferir a importância do capital humano e do *stock* de capital em infra-estruturas na taxa de crescimento do rendimento per capita. Ao considerarmos diferenças nos estados de equilíbrio decorrentes do capital humano e das infra-estruturas, os resultados apontam no mesmo sentido dos obtidos anteriormente quanto à existência de convergência no período, verificando-se um aumento de cerca de 1% na velocidade

de convergência anual. Os resultados apontam para que a dotação de capital humano desempenhe um papel positivo no sentido da convergência, enquanto que no que diz respeito às infra-estruturas a evidência é diversa. Quando utilizarmos medidas físicas de infra-estruturas os resultados sugerem que o aumento das dotações de infra-estruturas de transportes e de infra-estruturas de eletricidade se relacionem positivamente com o crescimento do produto per capita, enquanto que se verifica uma relação inversa entre infra-estruturas de comunicações e produto per capita. Os relacionamentos sugeridos, não são no entanto estatisticamente significativos.

Os resultados obtidos sugerem a aceitação da hipótese da convergência condicionada, não indicando que as infra-estruturas assumam um papel relevante nas diferenças estruturais entre as economias.

Ainda que a hipótese da convergência condicional seja sustentada pelos dados, outros mecanismos de convergência, para além da acumulação de factores de produção com rendimentos marginais decrescentes, podem estar na base dos resultados, como o processo de difusão tecnológica entre economias, ou a mobilidade de factores de produção. Por outro lado, a utilização de medidas físicas de infra-estruturas, é sempre questionável na base da sua representatividade.

Procuramos analisar o processo de convergência da economia portuguesa e espanhola, de forma isolada, tomando como grupo de referência os restantes países da União Europeia, para cada caso. Como era esperado, os resultados apontam para uma velocidade de convergência, em ambos os casos, superior à velocidade média obtida anteriormente, sendo a velocidade de convergência da economia espanhola superior à da economia portuguesa.

Quando controlamos a relação entre a taxa de crescimento diferencial de Portugal e Espanha face aos países de referência utilizando os diferenciais de investimento público e de investimento privado e de evolução da população, os resultados deixam de se apresentar significativos, quer quanto aos coeficientes associados a estas variáveis de controle, quer quanto ao processo de convergência.

**Referências**

- Barro, R. (1991). "Economic Growth in a Cross Section of Countries." *Quarterly Journal of Economics* 106: 407-444.
- Barro, R. J. e X. Sala-i-Martin (1991). "Convergence across States and Regions." *Brookings Papers on Economic Activity*: 107-182.
- Barro, R. J. e X. Sala-i-Martin (1992). "Convergence." *Journal of Political Economy* 100: 223-251.
- Devarajan, S., V. Swaroop, et al. (1996). "The Composition of Public Expenditure and Economic Growth." *Journal of Monetary Economics* 37: 314-344.
- Easterly, W. e S. Rebelo (1993). "Fiscal Policy and Economic Growth." *Journal of Monetary Economics* 32(2): 417-458.
- Grossman, G. M. e E. Helpman (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge, MIT Press.
- Grossman, G. M. e E. Helpman (1994). "Endogenous Innovation in the Theory of Growth." *Journal of Economic Perspectives* 8(1): 23-44.
- Lucas, R. E. (1988). "On the Mechanics of Economic Development." *Journal of Monetary Economics*(22): 3-42.
- Mankiw, N. G., D. Romer, et al. (1992). "A Contribution to the Empirics of Economic Growth." *Quarterly Journal of Economics*(107): 407-437.
- Prichett, L. (1996). Mind Your p's and q's: The Cost of Public Investment is not the Value of Public Capital. *World Bank Working Paper* 1660.
- Romer, P. (1986). "Increasing Returns and Long Run Growth." *Journal of Political Economy*(94): 1002-1037.
- Solow, R. (1956). "A Contribution to the Theory of Economic Growth." *Quarterly Journal of Economics* LXX(1): 65-94.
- Swan, T. (1956). "Economic Growth and Capital Accumulation." *Economic Record*(32): 334-361.

## **Anexo A - Construção da Base de Dados**

Neste anexo indica-se a forma como foram construídas as variáveis utilizadas no estudo, bem como as fontes estatísticas e a forma como foram suprimidas algumas falhas de informação.

### **Taxa de Crescimento do Produto *Per Capita***

A partir dos dados do PIBpm a preços constantes de 1991 expressos em PPP para cada país, dados obtidos da base *OCDE Economic Outlook*, séries *Gross Domestic Product, Volume, 1991 Constant PPP* e *Total Population*.

A série PIBPC serviu de base à construção da taxa de crescimento anual com base na formulação seguinte:

$$g^1_{y_t} = \left( \frac{PIBPC_t}{PIBPC_{t-1}} \right) \times 100$$

### **Taxa de Crescimento do Trabalho**

Supondo-se que a taxa de participação na população activa é constante durante o período de análise, a taxa foi calculada com base nos dados obtidos da base *OECD Economic Outlook*, série *Total Population*.

### **Taxa de Poupança**

A taxa de poupança foi obtida pela divisão de Formação Bruta de Capital Fixo a preços constantes (excluindo Construção de Habitação), pelo PIBPC, em cada ano, tendo como fonte de dados a base *OECD Economic Outlook*, séries “*Business Sector, Volume (Narrow Definition)*” e “*Gross Domestic Product (Market Prices), Volume*”, para o cálculo da taxa anual de investimento privado e das séries “*Government Investment, Volume*”, e “*Gross Domestic Product (Market Prices), Volume*”, para o cálculo da taxa de investimento público.

### **Nível Inicial e Taxa de Crescimento do *Stock* de Capital Humano**

Considerou-se uma evolução anual linear do stock de capital humano a partir da série de dez em dez anos fornecida pelo *Technical Paper N°179, Growth and Human Capital: Good Data, Good Results* da OCDE, com base na série TH25 – número médio de anos de escolaridade da população com mais de 15 anos, para o cálculo da taxa de crescimento do *stock* de capital humano.

### **Nível Inicial de Infra-estruturas**

Para as infra-estruturas foram utilizadas as séries obtidas de Canning (2002) e correspondem à capacidade instalada de geração de energia eléctrica em quilowatts, comunicações, dada pelo número de telefones instalados e a infra-estrutura de transportes, correspondendo ao somatório dos Km de estradas pavimentadas e de linha de caminho de ferro<sup>11</sup>

Estes dados foram relativizados, os dois primeiros em termos *per capita*, pelo que se utilizou os dados de *IMF International Financial Statistics* e a terceira pela área em Km<sup>2</sup>, dando origem às variáveis IFE, IFC e IFT, respectivamente.

Assumiu-se a linearidade no que se refere à informação em falta e os dados foram complementados com os fornecidos pelo Banco Mundial e pelo Eurostat.

---

<sup>11</sup> Assume-se assim que estas vias de comunicação são substitutos.

**Anexo B****Modelo 1: Impacto das infra-estruturas via alteração da eficiência dos factores produtivos num modelo de convergência condicional.**

Admitindo uma função de produção Cobb-Douglas com dois factores de produção Capital Privado,  $K$  e Trabalho,  $L$ , apresentando rendimentos constantes à escala,

$$Y_t = K_t^{\alpha_K} (A_t L_t)^{1-\alpha_K} \quad 0 < \alpha_K < 1 \quad (\text{B.1})$$

Dividindo a equação por  $A_t L_t$  obtemos a função de produção por trabalhador em unidades de eficiência:

$$y_t = k_t^{\alpha_K} \quad (\text{B.2})$$

sendo  $y_t = Y_t / A_t L_t$  e  $k_t = K_t / A_t L_t$

A evolução do *stock* líquido de capital em cada momento é dada por:

$$\frac{dK_t}{dt} = s_K Y_t - \delta K_t \quad (\text{B.3})$$

sendo  $s_K$  a parte do rendimento que é investida em cada momento, exógena ao modelo, e  $\delta$  a taxa de depreciação do *stock* de capital que supomos constante.

A evolução do *stock* de capital em unidades de trabalho eficiente é então dada por:

$$\frac{d k_t}{d t} = \frac{\partial k_t}{\partial K_t} \frac{d K_t}{d t} + \frac{\partial k_t}{\partial L_t} \frac{d L_t}{d t} + \frac{\partial k_t}{\partial A_t} \frac{d A_t}{d t} \quad (\text{B.4})$$

Assumindo que a força de trabalho e o nível de eficiência da economia crescem a taxas exógenas, de acordo com a seguinte especificação

$$L_t = L_0 e^{n t} \quad (\text{B.5})$$

$$A_t = A_0 e^{g t} K G^{\eta_G} \quad (\text{B.6})$$

sendo  $n$  e  $g$  as taxas de crescimento da força de trabalho e do progresso tecnológico.

Neste modelo o nível de eficiência da economia é ainda influenciado pelo serviço das infra-estruturas, sendo  $\eta_G$  a elasticidade da produtividade em relação às infra-estruturas.

Assim, dadas as equações (B.3), (B.5) e (B.6), o *stock* de capital em unidades eficientes de trabalho é dado por:



$$\frac{dk_t}{dt} = s_K y_t - (n + g + \delta)k_t \quad (\text{B.7})$$

No estado de equilíbrio de longo prazo,  $dk_t/dt=0$ , pelo que igualando a equação (B.7) a zero, dado que  $y_t = k_t^{\alpha_K}$  e arranjando a equação em termos de capital em unidades de capital eficiente, obtemos

$$k^* = \left[ \frac{s_K}{(n + g + \delta)} \right]^{\frac{1}{1-\alpha_K}} \quad (\text{B.8})$$

Substituindo a equação (B.8) na função de produção (B.1) e tomando logaritmos obtemos o rendimento por trabalhador no estado estacionário,

$$\ln(Y_t/L_t) = \ln A_0 + g t + \eta_G KG + \frac{\alpha_K}{1-\alpha_K} \ln(s_K) - \frac{\alpha_K}{1-\alpha_K} \ln(n + g + \delta) \quad (\text{B.9})$$