

Inputs, tecnologia e eficiência: A economia portuguesa nas últimas três décadas

João Amador

Banco de Portugal
Nova School of Business and Economics

António R. dos Santos

Banco de Portugal
Nova School of Business and Economics

Outubro de 2020

Resumo

Este artigo estima uma fronteira de produção estocástica e dinâmica para o conjunto os países da União Europeia em várias décadas do período 1990–2017. Estas fronteiras são o ponto de partida para a análise da evolução da economia portuguesa, nomeadamente através de um exercício de contabilidade do crescimento que decompõe o contributo total da acumulação de fatores produtivos e da produtividade total dos fatores (TFP) para o crescimento do PIB. Além disso, a contribuição da TFP é dividida em progresso tecnológico e variações na eficiência. O cálculo das elasticidades do capital e do trabalho em relação ao PIB torna possível separar a acumulação total dos fatores em contribuições do capital e do trabalho. Os resultados refletem um desempenho modesto da economia portuguesa ao longo das últimas décadas, nomeadamente ao nível do contributo associado à evolução da eficiência. (JEL: C11, O47, O52)

1. Introdução

A expansão da produtividade total dos fatores (TFP) reflete a capacidade de uma economia crescer para além da acumulação dos fatores produtivos capital e trabalho e é normalmente obtida como parte de um exercício de contabilidade do crescimento. Assim, a análise da evolução da TFP é uma parte relevante do debate sobre o crescimento económico português e europeu. Porém, para melhor compreender o desempenho económico, o crescimento do PIB deve ser decomposto de modo que a TFP não seja obtida como um simples resíduo, ou seja, não apenas em termos do que não se explica pela acumulação de fatores. Se assumirmos que todas as economias podem ter acesso à tecnologia mundial, que evolui ao longo do tempo para diferentes combinações capital-trabalho, é possível estimar uma fronteira internacional de produção estocástica e decompor a TFP como o contributo do progresso tecnológico (mudanças na posição da fronteira) e variações na eficiência (mudanças na distância à fronteira).

Esses dois componentes representam dimensões diferentes a serem consideradas na evolução da TFP. Em termos conceptuais, o progresso tecnológico corresponde a técnicas mais *produtivas*, por exemplo associadas a inovações, que não são captadas

Agradecimentos: Os autores agradecem os comentários e sugestões de Nuno Alves, António Antunes, José Ramos Maria e Pedro Duarte Neves. Todos os erros e omissões são da responsabilidade dos autores. As análises, opiniões e conclusões aqui expressas são de exclusiva responsabilidade dos autores e não refletem necessariamente as opiniões do Banco de Portugal ou do Eurosistema.

E-mail: jamador@bportugal.pt; ammsantos@bportugal.pt

pelos métodos convencionais de contabilização da quantidade de fatores produtivos. Em paralelo, as melhorias na eficiência correspondem a melhores arranjos institucionais e organizacionais, ou seja, um uso mais *eficiente* do nível de fatores produtivos existente e da tecnologia. Assim, para determinados níveis de capital e trabalho, uma economia beneficia do progresso tecnológico mundial mas esses ganhos podem não se materializar inteiramente devido à evolução da eficiência. Em termos práticos, os melhores desempenhos dentro do conjunto de países da amostra determinam a fronteira internacional, o que significa que a tecnologia pode retroceder caso todos os países apresentem pior desempenho para cada combinação de fatores. Embora as causas diretas para a evolução da eficiência não sejam identificadas neste tipo de abordagem metodológica, os exercícios de contabilidade do crescimento baseados em fronteiras tecnológicas estocásticas contribuem para uma melhor identificação dos determinantes do crescimento económico em diferentes períodos de tempo.

O contributo seminal na literatura empírica do crescimento é o de Solow (1957), que decompõe o crescimento do PIB em termos da acumulação de fatores e da TFP. A aplicação de fronteiras de produção estocásticas dinâmicas à contabilidade do crescimento, em particular através de métodos estatísticos Bayesianos, foi sugerida por Koop *et al.* (1999), utilizando dados para um conjunto de economias avançadas. O nosso exercício segue de perto esta abordagem metodológica e atualiza o trabalho de Amador e Coimbra (2007), mantendo todas as suas hipóteses e pressupostos (priors), mas utilizando outra base de dados e um conjunto diferente de países. O período de tempo coberto é 1990-2017 e o conjunto de países corresponde à UE28. Este grupo de países enfrenta o mesmo conjunto de restrições institucionais, tornando ainda mais provável que tenham acesso potencial a uma tecnologia comum. Amador *et al.* (2019) apresenta um exercício resumido que utiliza esta metodologia e a mesma base de dados, mas para um período mais curto, 1995–2014.

A principal questão subjacente a este artigo diz respeito ao desempenho relativo da economia portuguesa face à média da UE28 ao longo das últimas três décadas, com destaque para o papel dos fatores produtivos, da tecnologia e da eficiência. Os resultados sugerem que a experiência dos países da UE28 é bastante diferente, com Portugal a apresentar um desempenho modesto em termos relativos. Tal está associado à diminuição das contribuições da acumulação de capital e do trabalho e à quase ausência de efeitos positivos resultantes dos desenvolvimentos da TFP. O ponto mais surpreendente é a evolução sistematicamente negativa da eficiência, sugerindo a existência de problemas estruturais por resolver.

O artigo está organizado da seguinte forma. A próxima secção descreve resumidamente a metodologia e a base de dados utilizada. A secção 3 apresenta os contributos das componentes da contabilidade do crescimento para o crescimento do PIB português e da UE28 nos cinco períodos de 10 anos considerados. Além disso, destacamos os baixos níveis de eficiência em Portugal e os seus baixos contributos para o crescimento do PIB, também em comparação com os países das UE28 semelhantes em termos de stock de capital e emprego. A secção 4 apresenta algumas considerações finais.

2. Metodologia e dados

A estimação de funções estocásticas de produção (ou fronteiras estocásticas) é frequente na literatura, embora a utilização de métodos bayesianos seja um pouco menos comum. Nesta secção, apresentamos uma visão geral da metodologia de estimação e da base de dados. Tal como sempre acontece no âmbito do trabalho empírico, os resultados dependem dos dados disponíveis, o que constitui um desafio quando, tal como neste estudo, são necessárias séries temporais longas e comparáveis para diferentes países. Os dados para os últimos anos estão necessariamente mais sujeitos a revisões.

2.1. A abordagem da fronteira estocástica

A hipótese básica subjacente à metodologia é a existência de uma fronteira de produção dinâmica e estocástica comum à UE28, que pode ser identificada estatisticamente porque existem países situados nos seus diferentes segmentos. Conceptualmente isto significa que, como todos os países têm acesso à mesma tecnologia, se dois deles tiverem iguais níveis de mão-de-obra e capital, aquele com maior PIB é mais eficiente, ou seja, está mais próximo da fronteira.

Vale a pena discutir a validade da hipótese relativa à existência de uma fronteira de produção comum na UE28. Embora se aceite que o conhecimento sobre as tecnologias de produção e sobre o valor relativo dos bens e serviços seja amplamente acessível a todos os Estados-Membros, a sua disseminação pode demorar muito tempo a concretizar-se, por exemplo devido a particularidades das instituições nacionais ou outras barreiras. Por exemplo, procedimentos pesados de licenciamento ou outros custos regulatórios podem impedir a entrada de empresas com novas tecnologias. Nesse sentido, Basu e Weil (1998) discutem a velocidade de disseminação internacional do progresso tecnológico e as suas implicações em termos de crescimento, argumentando que esta ocorre a um ritmo mais lento do que a difusão do conhecimento. Nesse contexto, o tempo que decorre até que um país adote efetivamente as inovações tecnológicas nos processos de produção reflete-se na sua eficiência produtiva relativa. Em geral, a disseminação do conhecimento é mais rápida dentro de um grupo de países homogéneo em termos de configuração institucional e com proximidade geográfica, o que suporta a opção de estimar a fronteira estocástica de produção da UE28.

Outra questão é a hipótese sobre o ritmo do progresso tecnológico. O pressuposto é que este evolui de forma linear. Em ligação com o que foi referido no parágrafo anterior, tal significa implicitamente que existe uma velocidade média de adoção de novas tecnologias por parte dos países e os desfaseamentos ou avanços específicos são captados pela componente de eficiência. Koop *et al.* (1999) testou formulações alternativas para a dinâmica da função de produção, a saber, um modelo tempo-específico, onde as fronteiras são totalmente independentes no tempo, um modelo de tendência quadrática e um modelo de tendência linear com rendimentos constantes à escala. Cada uma dessas alternativas apresenta vantagens e limitações. O modelo tempo-específico é muito flexível, mas implica a estimação de muitos parâmetros, o que é computacionalmente pesado. Os modelos de tendência linear e quadrática são menos exigentes em termos de

parâmetros, mas impõem alguma rigidez na dinâmica do progresso técnico. A tendência quadrática é mais flexível do que a linear, o que a torna preferível se forem analisados longos períodos de tempo. Por sua vez, a tendência linear restrita a uma tecnologia de rendimentos constantes impõe demasiada estrutura. Considerando o conjunto de alternativas, o modelo de tendência linear parece oferecer o melhor compromisso, com bons resultados em termos de ajustamento na amostra e equilíbrio entre flexibilidade e parcimónia.

O nosso artigo considera cinco períodos de 10 anos (9 taxas anuais) e os resultados dos exercícios de contabilidade do crescimento são apresentados em termos de contribuições médias para o crescimento do PIB. A fim de aumentar a robustez das conclusões, seguimos uma abordagem que se baseia em sobreposições parciais, considerando os períodos [1990–1999], [1995–2004], [1999–2008], [2004–2013], [2008–2017]. Refira-se que a duração dos períodos considerados é suficiente para alisar as flutuações de curto prazo das variáveis macroeconómicas.

Em relação à forma funcional da função de produção, usamos uma especificação translog. Esta formulação engloba, como caso especial, a transformação logarítmica da função de produção Cobb-Douglas e é mais flexível que esta. Na verdade, uma das principais limitações da transformação logarítmica da função de produção Cobb-Douglas é a ausência de termos de interação entre trabalho e capital. Temple (2006) argumenta que a suposição de uma especificação Cobb-Douglas pode levar a resultados espúrios em termos económicos e estatísticos. O problema é ampliado porque os exercícios tradicionais de contabilidade do crescimento tratam a TFP como não observável (variável omitida). Por outro lado, se for identificada uma boa proxy para a TFP num caso em que os dados são verdadeiramente gerados por uma translog, então uma especificação adequada recupera com precisão os parâmetros originais e rejeita a Cobb-Douglas. No entanto, como teste de robustez, estimamos a fronteira como uma função de produção Cobb-Douglas os resultados permanecem qualitativamente inalterados.

Os métodos econométricos permitem a estimativa de funções de produção estocásticas através do método da máxima verosimilhança.¹ No entanto, os métodos bayesianos são adequados quando as amostras são pequenas, pois permitem obter inferências sem depender de aproximações assintóticas. Além disso, e mais importante, os métodos bayesianos permitem combinar eficazmente os dados observados e hipóteses iniciais com significado económico (*priors*). Na prática, os dados observados são combinados com as *priors* para gerar uma função de distribuição *à posteriori*.

No nosso exercício, a *prior* para o parâmetro de eficiência é uma distribuição positiva assimétrica. O racional por detrás desse pressuposto é duplo. Em primeiro lugar, este parâmetro mede a distância em relação à fronteira de produção, por isso deve ser positivo. Em segundo lugar, há uma probabilidade menor de encontrar observações à medida que nos movemos para o interior da fronteira de produção. Este pressuposto é

1. Para referências sobre métodos de estimativa não bayesiana de funções de produção estocástica, veja-se, por exemplo, Aigner *et al.* (1977), Meeusen e der Broeck (1977) e Kumbhakar e Lovell (2004).

comum para a estimação de fronteiras estocásticas, mas a especificação da distribuição assimétrica permanece uma questão em aberto. Optamos por um modelo gama normal (distribuição normal para a componente residual e distribuição gama da componente eficiência). As suas vantagens relativamente a outras alternativas, como os modelos normal-meio normal e normal-exponencial, são discutidas em Greene (2000) e Tsionas (2000).

2.2. Modelo

O modelo considerado para a decomposição do crescimento PIB segue de perto Koop *et al.* (1999) e assume a forma:

$$Y_{ti} = f_t(K_{ti}, L_{ti}) \tau_{ti} w_{ti}, \quad (1)$$

onde Y_{ti} , K_{ti} e L_{ti} representam o produto real, o stock de capital em termos reais e o emprego no período t ($t = 1, \dots, T$) no país i ($i = 1, \dots, N$), respetivamente. Adicionalmente, τ_{ti} ($0 < \tau_{ti} \leq 1$) é o parâmetro de eficiência e w_{ti} representa o erro de medida na identificação e a sua natureza estocástica. Tal como referido acima, o modelo básico a flexível função de produção translog:

$$y_{ti} = x'_{ti} \beta_t + v_{ti} - u_{ti} \quad (2)$$

onde:

$$x'_{ti} = (1, k_{ti}, l_{ti}, k_{ti}l_{ti}, k_{ti}^2, l_{ti}^2) \quad (3)$$

$$\beta_t = (\beta_{t1}, \dots, \beta_{t6})' \quad (4)$$

e as letras minúsculas representam os logaritmos naturais das letras maiúsculas. O logaritmo do erro de medição v_{ti} é *iid* $N(0, \sigma_t^2)$ e o logaritmo do parâmetro de eficiência é truncado para garantir que $\tau_{ti} = \exp(-u_{ti})$ se encontra entre zero e um. Considera-se a prior para u_{ti} como sendo uma função gama com uma média tempo-específica λ_t .

O contributo da dotação de fatores produtivos, variação na tecnologia e variação na eficiência para o crescimento do PIB são definidos de forma simples. A taxa de crescimento do PIB no país i no período $t + 1$ é:

$$y_{t+1,i} - y_{t,i} = (x'_{t+1,i} \beta_{t+1} - x'_{t,i} \beta_t) + (u_{t,i} - u_{t+1,i}), \quad (5)$$

onde o primeiro termo inclui o progresso tecnológico e a acumulação de fatores e o segundo termo representa a variação na eficiência. Na prática, deslocações da fronteira correspondem a variações nos betas entre dois momentos do tempo, enquanto as variações nos fatores correspondem a alterações em k e l , que são consideradas no vetor x . Assim, o primeiro termo pode ser novamente decomposto como:

$$\frac{1}{2} (x_{t+1,i} + x_{t,i})' (\beta_{t+1} - \beta_t) + \frac{1}{2} (\beta_{t+1} + \beta_t)' (x_{t+1,i} - x_{t,i}) \quad (6)$$

O contributo da tecnologia para um dado nível de fatores resulta do primeiro termo da equação anterior e é definido como:

$$TC_{t+1,i} = \exp \left[\frac{1}{2} (x_{t+1,i} + x_{ti})' (\beta_{t+1} - \beta_t) \right] \quad (7)$$

e o contributo dos fatores é definido como a média geométrica de dois efeitos puros de variação nos fatores, relativamente às fronteiras em anos consecutivos:

$$IC_{t+1,i} = \exp \left[\frac{1}{2} (\beta_{t+1} + \beta_t)' (x_{t+1,i} - x_{ti}) \right] \quad (8)$$

A evolução da eficiência (variação da distância face à fronteira) é definida como:

$$EC_{t+1,i} = \exp(u_{ti} - u_{t+1,i}) = \frac{\tau_{t+1,i}}{\tau_{t,i}} \quad (9)$$

Tal como referido anteriormente, o progresso tecnológico evolui de forma linear. Deste modo:

$$\beta_t = \beta^* + t\beta^{**} \quad (10)$$

$$\sigma_t^2 = \dots = \sigma_T^2 = \sigma^2 \quad (11)$$

Assim, o modelo é escrito como:

$$y = X^* \times \beta - u + v \quad (12)$$

com

$$y = (y'_1 \dots y'_T), u = (u'_1 \dots u'_T), v = (v_1 \dots v_T)', \beta = (\beta^{*'} \beta^{**'})', \quad (13)$$

onde β é um vetor de 12×1 e:

$$X^* = \begin{bmatrix} X_1 & X_1 \\ \cdot & \cdot \\ X_t & tX_t \\ \cdot & \cdot \\ X_T & TX_T \end{bmatrix} \quad (14)$$

onde X_t é um vetor de 28 (países) por 6.

O algoritmo de amostragem sequencial de Gibbs definido pelas equações A.2 a A.6 foi executado com 1.020.000 iterações para cada um dos 5 períodos de 10 anos considerados, retirando-se as primeiras 20.000 iterações para eliminar possíveis efeitos de inicialização (ver Casella e George 1992). Além disso, os resultados para os contributos da tecnologia (ATC), acumulação de fatores (AIC) e eficiência (AEC) são apresentados em termos de médias geométricas para cada período. Os detalhes da função de verosimilhança e das fórmulas para as elasticidades do capital e trabalho são apresentados no Apêndice A.

Um aspecto metodológico importante consiste na verificação da convergência do algoritmo para uma distribuição estável para cada parâmetro, fornecendo estimativas robustas. Neste contexto, foram calculados os clássicos critérios de convergência do algoritmo Geweke (1992). A estatística de Geweke é um diagnóstico de convergência para cadeias de Markov baseado num teste de igualdade das médias calculadas nas partes inicial e final da cadeia, que tem assintoticamente uma distribuição normal. Mais especificamente, se as duas amostras forem retiradas de uma distribuição estacionária, as respetivas médias devem igualar-se. No nosso exercício, os *Z scores* para todos os parâmetros rejeitam a probabilidade da diferença entre as médias das amostras associadas à primeira e segunda metade das iterações ser diferente de zero.

2.3. Dados

A base de dados utilizada considera o emprego em número de pessoas, o stock de capital e o PIB para o total da economia entre 1990 e 2017 para o conjunto de países da UE28, tal como reportados na versão 9.1 da Penn World Table (Feenstra *et al.* 2015). Refira-se que os exercícios de contabilidade do crescimento dependem de dados fiáveis e, quando o objetivo é estimar uma fronteira de produção estocástica, esses dados devem ser comparáveis entre os países.

A base de dados Penn World Table estabeleceu uma reputação de elevada qualidade em termos de agregados económicos para muitos países em termos históricos, sendo por isso adequada para fornecer uma visão sobre a dimensão e as contribuições para as diferenças de rendimento na UE28. A última versão da base de dados é mais sólida, tendo ampliado o leque de informação disponível em relação às anteriores, nomeadamente no que se refere a medidas de capital físico. No entanto, nesta versão da base de dados, as taxas de crescimento do PIB de Portugal em 2016 e 2017 estão distantes das registadas nas Contas Nacionais. Por este motivo, substituímos as taxas de crescimento do PIB nesses anos. Para todos os outros anos e para os níveis de emprego, a base de dados está muito próxima das Contas Nacionais, o que é também o caso para os restantes países considerados no exercício.

3. Resultados

Os resultados principais do algoritmo de amostragem de Gibbs são as médias e medianas *à posteriori* para o conjunto dos 12 parâmetros da função de produção. Este conjunto de parâmetros nos cinco períodos de 10 anos considerados pode ser utilizado para calcular a elasticidade do capital do trabalho para Portugal e para os restantes países da UE28 (Gráfico 1). Os valores obtidos para as elasticidades do capital e do trabalho, utilizados para decompor a contribuição dos fatores produtivos para o crescimento do PIB, são diferentes dos usualmente considerados nos exercícios clássicos de contabilidade do crescimento, sendo a elasticidade do capital mais elevada no nosso exercício. Alguns factos concorrem para explicar essas diferenças. A especificação translog é mais flexível do que a Cobb-Douglas, pois as elasticidades dependem dos níveis específicos de capital e trabalho, desviando-se do peso das remunerações dos

fatores produtivos no PIB. A estimativa da fronteira tecnológica na UE28 com uma função de produção Cobb-Douglas leva a elasticidades do capital próximas das do trabalho, num contexto em que o peso das remunerações do trabalho no produto tem descido nas últimas décadas. Adicionalmente, as funções de produção estimadas apresentam ligeiros rendimentos crescentes à escala. A soma das elasticidades do trabalho e do capital é aproximadamente 1.03 em todas as décadas consideradas.

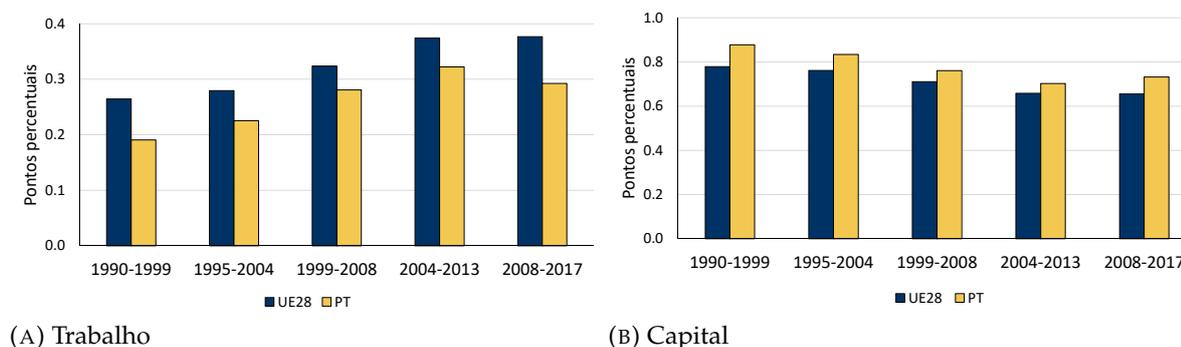


GRÁFICO 1: Elasticidades de trabalho e capital estimadas para Portugal e para a média da UE28

As elasticidades do trabalho aumentaram em Portugal e na UE28 até à década de 2004-2013, enquanto as elasticidades do capital diminuíram até este período. Na década de 2008-2017 a economia portuguesa caracterizou-se por elasticidades do capital ligeiramente superiores às da média da UE28 (0,73 e 0,66, respetivamente), pelo que, no segmento da função de produção internacional em que Portugal se encontra, a acumulação de capital adicional tem um impacto nos níveis do PIB não muito distante do da UE28, mas menor do que no passado. Na prática, este resultado evidencia a importância do investimento como motor do crescimento da economia portuguesa.

Neste contexto, importa acrescentar que os rácios capital-trabalho na economia portuguesa têm sido relativamente baixos no contexto da UE15 e ligeiramente superiores aos prevalentes na média UE28. No entanto, o rácio capital-trabalho português aproximou-se da média da UE15 na década 2008-2017, também através da redução do denominador, impulsionada pela forte destruição de postos de trabalho ocorrida durante o programa de ajustamento económico e financeiro de 2011-2014. Entre outros fatores, os rácios capital-trabalho relativamente baixos não podem ser dissociados das reduzidas qualificações da mão-de-obra portuguesa. Estas características colocam a economia portuguesa num segmento menos favorável da função de produção internacional, apresentando um PIB por trabalhador inferior e expandindo-se relativamente menos num contexto em que o progresso tecnológico tem sido enviesado no sentido dos níveis de capital mais elevados.

Os Quadros 1 e 2 apresentam os resultados da decomposição detalhada da contabilidade do crescimento para Portugal e para a média da UE28, respetivamente. A economia portuguesa apresentou um desempenho modesto na década 2008-2017 com um crescimento médio do PIB de -0,01 por cento. A estimativa Bayesiana *à posteriori* média está muito próxima desse número (0,03 por cento). O crescimento económico neste período foi afectado pela crise económica e financeira global de 2008 e pela

crise da dívida soberana na área do euro que se seguiu. A subsequente recuperação a partir de 2014 coloca o PIB de Portugal em 2017 aproximadamente ao mesmo nível registado em 2008. A forte correção dos desequilíbrios macroeconómicos prevalentes na economia portuguesa, associada à interrupção repentina do financiamento externo, teve um impacto negativo no investimento e conduziu a uma forte destruição de empregos. Deste modo, a contribuição da acumulação total de fatores foi reduzida, -0,13 pontos percentuais (p.p.), com o capital representando 0,59 p.p. e o trabalho -0,72 p.p. Estas contribuições foram as mais baixas dos cinco períodos de 10 anos considerados.

Décadas terminadas em	PIB Observado	PIB Esperado	Fatores			Produtividade total dos fatores		
			Total	Capital	Trabalho	Total	Tecnologia	Eficiência
1999	2.75	3.20	3.21	2.98	0.23	-0.01	0.46	-0.47
2004	2.61	3.26	3.01	2.75	0.26	0.25	1.54	-1.29
2008	1.36	1.73	2.03	1.94	0.09	-0.30	1.30	-1.60
2013	-0.36	-0.34	0.32	0.75	-0.43	-0.67	-0.52	-0.14
2017	-0.01	0.03	-0.13	0.59	-0.72	0.16	0.26	-0.10

QUADRO 1. Resultados da contabilidade do crescimento para **Portugal**

Nota: Os PIB observado e esperado são apresentados como a média das taxas de crescimento percentuais na década, enquanto os contributos dos fatores produtivos e a produtividade total dos fatores são apresentados em pontos percentuais na média (geométrica) da década. Os PIB esperados e os contributos dos fatores e da produtividade total dos fatores resultam das estimações Bayesianas.

Décadas terminadas em	PIB Observado	PIB Esperado	Fatores			Produtividade total dos fatores		
			Total	Capital	Trabalho	Total	Tecnologia	Eficiência
1999	1.33	1.57	1.24	1.58	-0.35	0.33	0.71	-0.38
2004	3.50	3.58	1.81	1.86	-0.05	1.77	1.58	0.19
2008	3.65	3.76	2.14	1.87	0.28	1.62	1.34	0.28
2013	1.41	1.31	1.40	1.37	0.03	-0.09	-0.24	0.15
2017	1.07	1.25	0.86	0.90	-0.05	0.40	0.60	-0.21

QUADRO 2. Resultados da contabilidade do crescimento para **União Europeia 28**

Nota: Os PIB observado e esperado são apresentados como a média das taxas de crescimento percentuais na década, enquanto os contributos dos fatores produtivos e a produtividade total dos fatores são apresentados em pontos percentuais na média (geométrica) da década. Os PIB esperados e os contributos dos fatores e da produtividade total dos fatores resultam das estimações Bayesianas.

Refira-se que o contributo do capital e do trabalho para o crescimento económico português diminuiu ao longo dos cinco períodos de 10 anos considerados. Embora o contributo do trabalho para a acumulação de factores de produção seja afetado por efeitos cíclicos, a tendência de longo prazo reflete desenvolvimentos demográficos adversos associados ao envelhecimento da população. Este é um dos grandes desafios que afeta a economia portuguesa no futuro, assim como vários outros países europeus. No que se refere à acumulação de capital em Portugal, a diminuição progressiva do contributo para o crescimento do PIB resulta da combinação de elasticidades mais baixas e da redução do investimento associada aos elevados níveis de dívida que têm prevalecido na economia. A quebra do investimento foi particularmente forte durante o programa de assistência económica e financeira, atingindo níveis inferiores aos das amortizações e conduzindo a reduções do nível do stock de capital. A retoma do investimento é outro grande desafio da economia portuguesa, tarefa dificultada pelas perspetivas desfavoráveis relacionadas com o endividamento existente e com os impactos negativos esperados da pandemia COVID-19.

A evolução do contributo da TFP para o crescimento do PIB português foi diferente nos cinco períodos de 10 anos considerados, também em termos de contributos do progresso tecnológico e da evolução da eficiência. Esta informação está reportada nas últimas três colunas do Quadro 1. As contribuições da TFP têm sido sistematicamente baixas em Portugal, atingindo valores de -0,30 e -0,67 p.p. nas décadas terminadas em 2013 e 2017, respetivamente. Adicionalmente, as contribuições em Portugal foram sempre inferiores às observadas na média da UE28, onde a TFP só contribuiu negativamente na década 2004-2013 (-0,09 p.p.). Assim, o aumento da TFP, pelo menos em termos da aproximação à evolução da UE28, constitui outro importante desafio para a economia portuguesa nos próximos anos.²

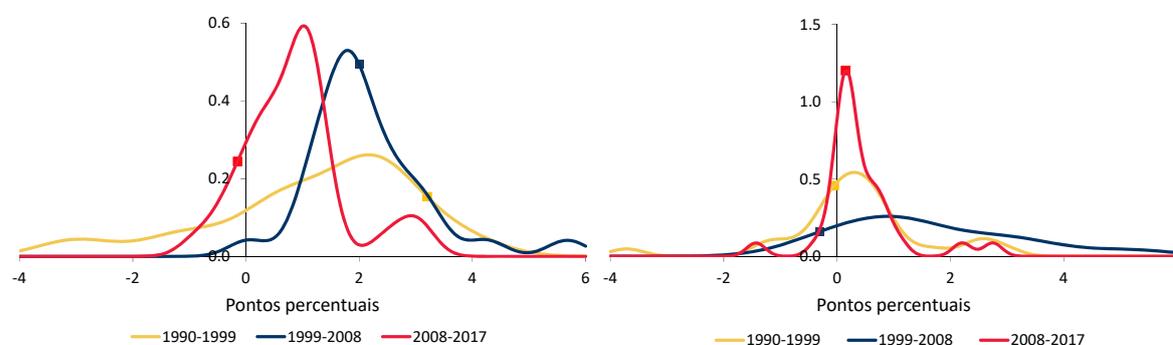
A comparação dos resultados da contabilidade do crescimento português com os da média da UE28 são muito úteis para efeitos de *benchmarking*. Nesta última região, a década de 2008-2017 também apresentou a menor taxa média de crescimento do PIB dos cinco períodos de 10 anos considerados, com um enfraquecimento da acumulação de fatores produtivos, mas uma pequena melhoria na contribuição da TFP em relação à década terminada em 2013. No entanto, a média da UE28 combina realidades de dois grupos distintos de países. Embora com algumas diferenças, os países cuja adesão ocorreu até 1995 (UE15) começaram com uma situação subjacente bastante diferente da dos países que aderiram posteriormente, na sequência da queda do muro de Berlim (UE13). Essas diferenças de desempenho são visíveis nos Quadros B.1 e B.2 apresentadas no Apêndice B.

Os países da UE13 apresentaram um desempenho negativo na década 1990-1999, associado à sua transição do planeamento central para um sistema de economia de mercado. Neste período observou-se um contributo fortemente negativo da variação do emprego, devido à destruição de postos de trabalho e à emigração, associada a

2. Os resultados estão em linha com os do Tema em Destaque “Convergência real na União Europeia e o desempenho relativo da economia portuguesa” (Banco de Portugal 2019).

consideráveis perdas de eficiência. No entanto, nas outras décadas, os países da UE13 tiveram um desempenho muito melhor do que o grupo da UE15. Quase todos os novos Estados-Membros da UE estão a recuperar fortemente e a convergir para a UE15. As maiores contribuições para este bom desempenho são atribuídas aos desenvolvimentos na TFP, que atingiram 2,79 e 2,86 p.p. nas décadas terminadas em 2004 e 2008, respectivamente. Estes resultados destacam a existência de diferenças entre os países, mas também o papel fundamental da TFP para o crescimento económico de longo prazo.

O Gráfico 2 ilustra as diferenças entre os países na UE28 representando as distribuições de kernel dos contributos da acumulação de fatores produtivos e da TFP para as taxas de crescimento do PIB nas décadas 1990–1999, 1999–2008 e 2008–2017, com a posição da economia portuguesa assinalada por quadrados coloridos. A distribuição dos contributos dos fatores produtivos (painel A) apresenta uma aba esquerda mais pesada na década terminada em 1999, devido ao que ocorreu nos países da Europa Central e Oriental. Nas restantes décadas, a distribuição está mais próxima de uma curva gaussiana e deslocou-se para a esquerda no período mais recente. A posição da economia portuguesa deteriora-se, começando na aba direita da distribuição 1990-1999 e terminando na aba esquerda no período mais recente. Além disso, a distribuição das contribuições da TFP (painel B) reflete as diferentes condições estruturais subjacentes associadas à qualidade dos fatores produtivos e funcionamento dos mercados e instituições. Na década 2008-2017, a maior parte da densidade na distribuição situa-se entre zero e 1 p.p., com Portugal a apresentar um valor marginalmente positivo (0,16 p.p.). Portugal apresenta contribuições próximas de zero em todas as décadas.



(A) Acumulação total de fatores

(B) Produtividade total dos fatores

GRÁFICO 2: Distribuição dos contributos para a contabilidade do crescimento na UE28

Nota: Os quadrados assinalam a posição de Portugal na respetiva distribuição. A densidade de kernel é um método não paramétrico de estimar a função de densidade de probabilidade de uma variável.

Como mencionado anteriormente, um dos pontos fortes da metodologia é a possibilidade de decompor as contribuições da TFP em termos de progresso tecnológico e de evoluções na eficiência, que estão condicionadas à posição da fronteira estocástica internacional estimada. A este respeito, o que se destaca no caso português é o contributo sistematicamente negativo da variação na eficiência para o crescimento médio do PIB nos cinco períodos de 10 anos considerados. Essas contribuições foram de -1,29 e -1,60 p.p. nas décadas terminadas em 2004 e 2008, respectivamente. Além disso,

essas contribuições foram em grande parte compensadas pela contribuição positiva do progresso tecnológico, que está associado à situação observada nos países com melhor desempenho para níveis semelhantes de fatores produtivos. Na década que termina em 2013, conforme mencionado anteriormente, uma vez que a maioria dos países foi afetada negativamente pela crise económica e financeira global, o contributo do progresso tecnológico é negativo, o que se soma a um menor contributo da evolução da eficiência (-0,14 pp). Finalmente, na década de 2008-2017, a contribuição da tecnologia retornou a um território positivo, mas tal não foi o caso para a evolução da eficiência.

A variação das contribuições da TFP na média da UE28 seguiu um padrão semelhante ao de Portugal, mas os níveis das contribuições foram claramente superiores. Novamente, a maior parte da diferença é atribuída à evolução da eficiência. A análise dos subgrupos de países da UE15 e UE13 fornece mais detalhes. Comparando a última coluna dos Quadros B.1 e B.2 no Apêndice B observa-se que, exceto na década 1990-1999, os desenvolvimentos na eficiência no grupo dos mais recentes países membros da UE foram melhores do que na UE15, onde se apresentaram marginalmente negativos.

Uma visão complementar consiste em calcular o nível de eficiência da economia. Tal é definido como a percentagem do produto existente em relação ao nível subjacente à fronteira, medida na exata combinação dos níveis de emprego e stock de capital existentes no país. O Gráfico 3 apresenta os níveis de eficiência em Portugal e na média da UE28 nos cinco períodos de 10 anos considerados. Os níveis de eficiência na média da UE28 foram relativamente constantes em todos os períodos, em torno de 88 por cento. Em contraste, os níveis de eficiência portugueses situaram-se perto de 80 por cento na década 1990-1999 e caíram para 64 por cento no período 2008-2017, o que é um valor muito baixo. De facto, o resultado marcante é que Portugal se posiciona como o país com menor nível de eficiência no conjunto dos países da UE28 nos dois últimos períodos de 10 anos considerados. Tal está em consonância com a evolução da eficiência reportada no exercício de contabilidade do crescimento e evidencia a existência de um amplo espaço de melhoria na utilização e afetação dos recursos disponíveis na economia portuguesa.³

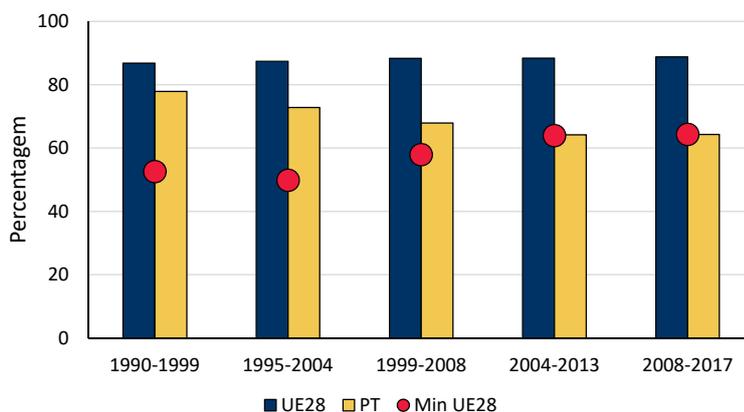
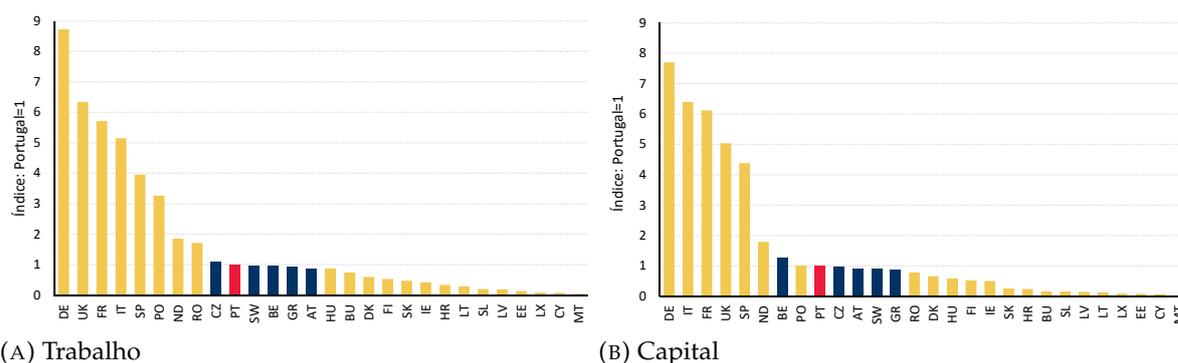


GRÁFICO 3: Níveis de eficiência em Portugal e na UE28

3. Uma análise de robustez usando a função de produção Cobb-Douglas conduz aos mesmos níveis de eficiência relativa para Portugal.

De forma a documentar a evolução algo desfavorável da eficiência na economia portuguesa, escolhemos um conjunto de cinco países da UE28 com uma dimensão semelhante em termos de emprego e stock de capital. O Gráfico 4 motiva a escolha da Áustria, Bélgica, Suécia, República Checa e Grécia como países com “tamanho igual” (países pares). Este grupo inclui países que aderiram à UE em momentos no tempo distintos e abrange diferentes áreas geográficas. Como resultado lateral, o Gráfico 4 também destaca a distância entre as seis maiores economias da UE28 e os restantes Estados-Membros. Ao escolher países com níveis semelhantes de trabalho e capital, concentramos a análise num segmento comparável da fronteira de produção da UE28.



(A) Trabalho

(B) Capital

GRÁFICO 4: Países pares selecionados em termos de emprego e stock de capital

Note: Valores médios para a década 2008–2017.

Existem resultados relevantes que surgem da comparação entre países de “tamanho igual” nos painéis do Gráfico 5. Nos últimos três períodos de 10 anos, o desempenho global em termos de crescimento do PIB em Portugal foi pior do que nos países pares, exceto a Grécia nos últimos dois períodos (painel A). Em contrapartida, o PIB da República Checa apresentou um bom desempenho. Além disso, em contraste com os países pares, existiu uma redução acentuada do contributo da acumulação de capital para o crescimento do PIB em Portugal ao longo das décadas (painel B). Este desenvolvimento surge em paralelo com as contribuições negativas do trabalho nas últimas duas décadas, uma característica também visível na Grécia e que contrasta com as contribuições positivas nos outros países pares (painel C). Quanto à contribuição da produtividade total dos fatores nos diferentes períodos (painel D), as diferenças entre os países pares são visíveis. A República Checa tem registado boas contribuições ao longo do tempo, exceto na década inicial, enquanto Portugal tem apresentado contribuições baixas, apenas mais desfavoráveis para o caso da Grécia nos últimos dois períodos de 10 anos. A contribuição do progresso tecnológico para o crescimento do PIB é bastante semelhante em todos os países pares (painel E). Esse é precisamente o resultado esperado, pois os estes países foram selecionados por estarem situados no mesmo segmento da fronteira estocástica de produção. Assim, por construção, mudanças nesta função afetam todos de igual forma. Por fim, no que se refere ao contributo da evolução da eficiência para o crescimento do PIB (painel F), conforme anteriormente destacado, identificamos um desempenho decepcionante para Portugal, traduzido em

contributos negativos, tal como a Grécia nos dois últimos períodos de 10 anos. Estes desenvolvimentos contrastam com contribuições positivas muito pequenas nos outros países pares e, especialmente, com o progresso notável observado na República Checa.

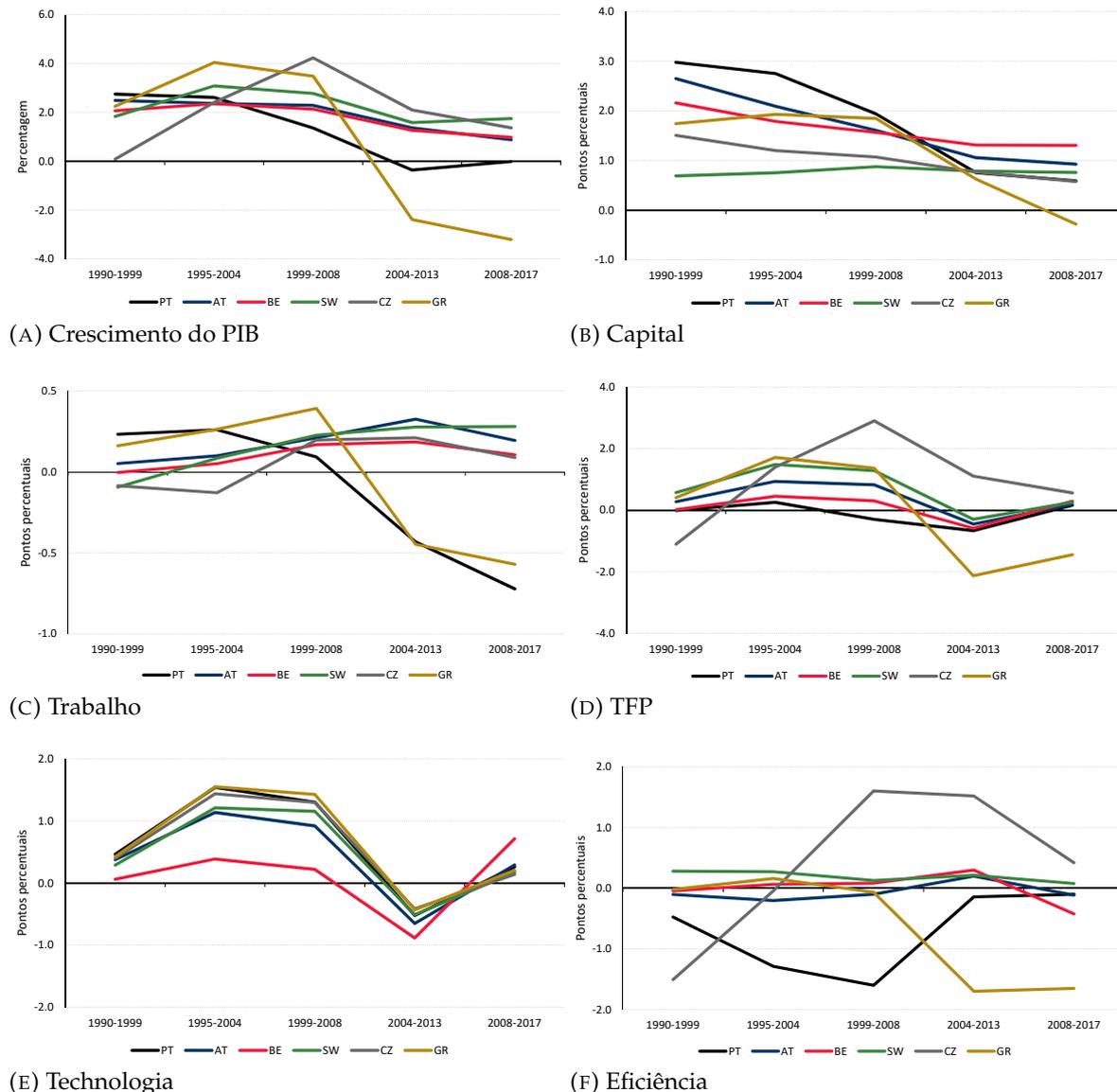


GRÁFICO 5: Decomposição do crescimento: Portugal e países pares em termos de dimensão

Em termos globais, estas comparações mostram que os países com níveis semelhantes de fatores produtivos e que partilham a configuração institucional da UE, podem apresentar resultados bastante diferentes. Isto está relacionado com condições estruturais que vão para além da configuração da UE e sublinham o papel das políticas nacionais e de partilha de boas práticas, nomeadamente no contexto dos exercícios de *benchmarking* que são regularmente realizados por organizações internacionais. Além disso, a qualidade dos fatores produtivos, relacionada com os níveis de capital humano e os tipos de investimentos realizados, desempenham certamente um papel importante na explicação dos diferentes desempenhos em termos de eficiência.

4. Considerações finais

Neste artigo apresentamos um exercício de contabilidade do crescimento baseado na estimação de uma fronteira de produção estocástica dinâmica para os países da UE28 entre 1990 e 2017. Os exercícios de contabilidade do crescimento são mecânicos por natureza, mas oferecem uma avaliação útil do desempenho económico, especialmente se outros países forem explicitamente tomadas como referência. Essa comparação é possível com a abordagem da fronteira de produção estocástica, nomeadamente em termos de um maior detalhe relativamente à evolução da TFP.

Os resultados apontam para um desempenho modesto da economia portuguesa face à média da UE28. O contributo da acumulação total de fatores em Portugal diminuiu ao longo do período considerado, refletindo uma evolução demográfica adversa e baixos níveis de investimento. Os rácios capital-trabalho relativamente baixos e as elevadas elasticidades capital realçam a importância do investimento como motor do crescimento económico português. Além disso, a evolução dos contributos da TFP em Portugal foi qualitativamente semelhante à da média da UE28, mas as contribuições para o crescimento do PIB foram claramente inferiores em níveis. Este desempenho resultou principalmente da evolução da eficiência, que teve contributos negativos em todas as décadas. Acresce que os níveis de eficiência da economia portuguesa foram inferiores aos da média da UE28 nos cinco períodos de 10 anos considerados, sendo Portugal o país com o menor nível de eficiência nos dois últimos períodos.

É importante ter em mente que os resultados são sensíveis às hipóteses tomadas e aos dados estatísticos. Neste último aspecto, os dados internacionais para a evolução do stock de capital são afetados por diferentes métodos contabilísticos e procedimentos de deflação. As bases de dados internacionais, tais como a Penn World Tables, tentam oferecer séries harmonizadas, embora por vezes possam divergir das fontes nacionais. A replicação do exercício com dados oficiais para todos os países da UE28 não é viável devido às inúmeras quebras de série e ao seu limitado horizonte temporal. Quanto às hipóteses metodológicas, é importante sublinhar que, embora a função de produção translog ofereça grande flexibilidade, esta escolha e o pressuposto de evolução linear para o progresso tecnológico em cada década afetam os resultados.

Relativamente às prescrições de política, é difícil ir além das habituais referências à necessidade de intensificar a acumulação de capital, melhorar a sua alocação e manter o progresso em termos de capital humano. Neste artigo, destacamos o facto de haver largo espaço para melhorias na eficiência, que podem passar pela remoção de barreiras regulatórias injustificadas e melhoria da qualidade dos fatores produtivos. Estender o exercício que realizámos de forma a considerar explicitamente a qualidade dos fatores produtivos na estimação da fronteira tecnológica é um caminho promissor para estudos futuros.

Referências

- Aigner, Dennis, C Lovell, e Peter Schmidt (1977). "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models." *Journal of Econometrics*, (6), 21–37.
- Amador, João e Carlos Coimbra (2007). "Characteristics of the Portuguese Economic Growth: What has been Missing?" Tech. rep.
- Amador, João, Carlos Coimbra, e António R. dos Santos (2019). "How have technological progress and efficiency developments contributed to Portuguese growth?" In *Portuguese Economic Growth: A View on Structural Features, Blockages and Reforms*, edited by Economics e Research Department. Banco de Portugal.
- Banco de Portugal (2019). "Real convergence in the European Union and the relative performance of the Portuguese economy." *Special Issue, Economic Bulletin, Banco de Portugal*, October.
- Basu, W e D Weil (1998). "Appropriate Technology and Growth." *Quarterly Journal of Economics*, 113, 1025–1054.
- Casella, George e Edward George (1992). "Explaining the Gibbs Sampler." *The American Statistician*, (46), 167–174.
- Feenstra, Robert C., Robert Inklaar, e Marcel P. Timmer (2015). "The Next Generation of the Penn World Table." *American Economic Review*, 105(10), 3150–3182.
- Geweke, J. (1992). "Evaluating the Accuracy of Sampling Based Approaches to the Calculation of Posterior Moments." In *Bayesian Statistics 4: Proceedings of the Fourth Valencia International Meeting*, edited by J. M. Bernardo et al. Oxford Clarendon Press.
- Greene, W (2000). "Simulated Likelihood Estimation of the Normal-Gamma Stochastic Frontier Function." *Quarterly Journal of Economics*, 113, 1025–1054.
- Koop, Gary, Jacek Osiewalski, e Mark Steel (1999). "The Components of Output Growth: A Stochastic Frontier Analysis." *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61(4), 455–487.
- Kumbhakar, Subal C. e C Lovell (2004). *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge University Press.
- Meeusen, Wim e Van der Broeck (1977). "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error." *International Economic Review*, (18), 435–452.
- Solow, Robert (1957). "Technical Change and the Aggregate Production Function." *Review of Economics and Statistics*, 39, 312–320.
- Temple, Jonathan (2006). "Aggregate production functions and growth economics." *International Review of Applied Economics*, 20(3), 301–317.
- Tsionas, E (2000). "Full likelihood inference in Normal-gamma stochastic frontier models." *Journal of Productivity Analysis*, 13, 183–205.

Apêndice A: A função de verosimilhança

A função de verosimilhança do modelo apresentado na subsecção 2.2 pode ser escrita como:

$$f_N^{TN} (y | X^* \beta - u, \sigma^2 I_{TN}) p(\beta) p(\sigma^{-2}) p(\lambda^{-1}) \prod_{t=1}^T \prod_{i=1}^N f_G(u_{ti} | 1, \lambda^{-1}), \quad (\text{A.1})$$

onde f_N^{TN} representa uma função de distribuição de probabilidade normal multivariada $T \times N$, f_G representa uma função de distribuição de probabilidade gama e:

$$\begin{aligned} p(\lambda^{-1}) &= f_G(\lambda^{-1} | 1, -\ln(\tau^*)) \\ p(\sigma^{-2}) &= \sigma^2 \exp -\frac{10^{-6}}{2\sigma^2} \end{aligned}$$

A *prior* para λ^{-1} assume uma distribuição gama com o primeiro parâmetro igual a 1 e o segundo parâmetro igual a $-\ln(\tau^*)^{-1}$ tal que τ^* é a *prior* para a mediana da eficiência. Tipicamente τ^* é escolhido com base na expectativa *à priori* para a mediana da distribuição da eficiência. No entanto, numa amostra heterogênea de países, a existência de grandes desvios face à fronteira aumenta a soma dos erros e coloca o algoritmo de base aleatória que gera a sequência de posteriores - o Gibbs sampler sequencial - num caminho instável. Para que o algoritmo possa acomodar este tipo de amostra, tal tem de ser compensado por um τ^* reduzido. Assumimos que o ponto de partida para τ^* seja perto de zero e verificamos as medianas da eficiência *à posteriori*. Relativamente a σ^{-2} , assumimos a habitual *prior* lisa.

Dada esta estrutura de *priors*, as distribuições marginais *à posteriori* que compõem o Gibbs sampler podem ser derivadas de forma simples. A distribuição condicional para β é:

$$p(\beta | \text{Data}, u, \sigma^{-2}, \lambda^{-1}) \sim f_N^{2J}(\beta | \hat{\beta}, \sigma^2 (X^{*'} X^*)^{-1}), \quad (\text{A.2})$$

onde

$$\hat{\beta} = (X^{*'} X^*)^{-1} X^{*'} (y + u) \quad (\text{A.3})$$

A distribuição condicional para σ^{-2} a ser utilizada no Gibbs sampler é:

$$\begin{aligned} p(\sigma^{-2} | \text{Data}, \beta, u, \lambda^{-1}) &\sim f_G \\ &\left(\sigma^{-2} \left| \frac{n_0 + TN}{2}, \frac{1}{2} [a_0 + (y - X^* \beta + u)' (y - X^* \beta + u)] \right. \right) \end{aligned} \quad (\text{A.4})$$

De seguida, a condicional para u é uma normal truncada à esquerda em zero:

$$p(u | \text{Data}, \beta, \sigma^{-2}, \lambda^{-1}) \sim f_N^{TN} \left(u \left| X^* \beta - y - \frac{\sigma^2}{\lambda} \iota, \sigma^2 I_{NT} \right. \right) \prod_{t=1}^T \prod_{i=1}^N I(u_{it} \geq 0), \quad (\text{A.5})$$

cuja média é forçosamente maior ou igual a zero no algoritmo e ι é um vetor $TN \times 1$ de uns. Finalmente, a distribuição marginal à posteriori para o λ^{-1} é:

$$p(\lambda^{-1} | Data, \beta, u, \sigma^{-2}) = f_G \left(\lambda^{-1} \left| 1 + TN, -\ln(\tau^*) + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N u_{it} \right. \right) \quad (\text{A.6})$$

Um último elemento importante é a verificação das restrições de regularidade relativas às elasticidades do capital (EK_{ti}) e do trabalho (EL_{ti}). Dada a formulação matricial estes elementos genéricos são:

$$EK_{ti} = (\beta_2^* + t\beta_8^{**}) + (\beta_4^* + t\beta_{10}^{**})l_{ti} + 2(\beta_5^* + t\beta_{11}^{**})k_{ti} \quad (\text{A.7})$$

$$EL_{ti} = (\beta_3^* + t\beta_9^{**}) + (\beta_4^* + t\beta_{10}^{**})k_{ti} + 2(\beta_6^{**} + t\beta_{12}^{**})l_{ti} \quad (\text{A.8})$$

Assim, apenas aceitamos à posteriori um conjunto de parâmetros β que se traduza em elasticidades não negativas para todos os países e períodos.

Apêndice B: Resultados adicionais da contabilidade do crescimento - UE15 e UE13

Décadas terminadas em	PIB observado	PIB esperado	Fatores			Produtividade total dos fatores		
			Total	Capital	Trabalho	Total	Tecnologia	Eficiência
1999	2.67	2.73	2.30	2.22	0.08	0.43	0.55	-0.12
2004	3.13	3.25	2.37	2.14	0.23	0.87	0.94	-0.06
2008	2.53	2.78	2.23	1.91	0.32	0.54	0.63	-0.09
2013	0.73	0.66	1.28	1.21	0.07	-0.62	-0.58	-0.04
2017	0.80	1.02	0.92	0.93	-0.01	0.10	0.37	-0.28

QUADRO B.1. Resultados da contabilidade do crescimento para União Europeia 15

Nota: Os PIB observado e esperado são apresentados como a média das taxas de crescimento percentuais na década, enquanto os contributos dos fatores produtivos e a produtividade total dos fatores são apresentados em pontos percentuais na média (geométrica) da década. Os PIB esperados e os contributos dos fatores e da produtividade total dos fatores resultam das estimações Bayesianas. Os países da UE15 são Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Países Baixos, Portugal, Espanha, Suécia e Reino Unido.

Décadas terminadas em	PIB Observado	PIB Esperado	Fatores			Produtividade total dos fatores		
			Total	Capital	Trabalho	Total	Tecnologia	Eficiência
1999	-0.22	0.23	0.02	0.85	-0.83	0.21	0.89	-0.68
2004	3.91	3.95	1.16	1.54	-0.38	2.79	2.32	0.47
2008	4.93	4.90	2.04	1.82	0.22	2.86	2.15	0.71
2013	2.19	2.07	1.55	1.56	-0.01	0.52	0.16	0.36
2017	1.38	1.52	0.78	0.87	-0.10	0.75	0.87	-0.12

QUADRO B.2. Resultados da contabilidade do crescimento para União Europeia 13

Nota: Os PIB observado e esperado são apresentados como a média das taxas de crescimento percentuais na década, enquanto os contributos dos fatores produtivos e a produtividade total dos fatores são apresentados em pontos percentuais na média (geométrica) da década. Os PIB esperados e os contributos dos fatores e da produtividade total dos fatores resultam das estimações Bayesianas. Os países da UE13 são Bulgária, Croácia, Chipre, República Checa, Estónia, Hungria, Letónia, Lituânia, Malta, Polónia, Roménia, Eslováquia e Eslovénia.