

MODERNIZAÇÃO TECNOLÓGICA
RECENTE NUMA ECONOMIA PERIFÉRICA
DA EUROPA
– O CASO PORTUGUÊS

Por

José Ramos Pires Manso

*Professor Associado Departamento de Gestão e Economia
da Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal*

SUMÁRIO:1. EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA: O ESTADO DA ARTE.
1.1. As Várias Teses em Presença. 1.2. Definição de Alteração Tecnológica Enviesada. 1.3. As Alterações Tecnológicas na Formulação Translog. 1.4. Evolução Tecnológica: uma Formulação Mais Abrangente.-
2. APLICAÇÃO EMPÍRICA À REALIDADE PORTUGUESA. 2.1. Preparação do modelo para a sua estimação. 3. CONCLUSÕES.-
4. BIBLIOGRAFIA.

RESUMO

Os objectivos do presente artigo¹ são: estudar a evolução temporal do progresso tecnológico na economia de um país periférico da Europa: a portuguesa; estudar a forma como as diferentes metodologias tratam a questão da evolução tecnológica; estudar uma metodologia que seja capaz de apreciar os diferentes progressos tecnológicos incorporados ou não nos vários factores de produção.

Não há dúvida de que em Portugal e em todo o mundo, especialmente no ocidental, tem havido algum progresso tecnológico nas últimas décadas; é importante apreciar a sua trajectória, as suas características; apreciar, em termos metodológicos, como têm sido tratadas este tipo de questões ao longo dos últimos 30-40 anos? Qual tem sido a contribuição das funções de produção CES, Cobb-Douglas, Leontief e Translog?

Este *paper* começa por apreciar as formas adoptadas pelas principais tecnologias de produção para estudar a trajectória tecnológica das economias; recomenda a utilização da função custo translog para levar a cabo este estudo atendendo às características, especialmente dos seus parâmetros estruturais, às facilidades na obtenção de diferentes elasticidades, etc.; faz referência à técnica de estimação utilizada e que é deduzida do método de Zellner para estimar sistemas de equações conhecidos como SURE.

Termina comparando os indicadores obtidos para dois períodos da economia portuguesa dos últimos 25 anos, os anos pós fim do império colonial português; tenta ainda dar algumas explicações para os resultados empíricos obtidos.

Em termos de organização o *paper* apresenta quatro secções: a primeira fala das diferentes teses em presença; a segunda mostra a forma adoptada pelas diferentes funções de produção para estudar o processo evolucionário; a terceira refere-se ao método geral usado para estimar a função custo translog recorrendo às quotas de custo de cada factor, quotas que, no seu conjunto, formam um sistema de equações aparentemente não relacionadas; mostra ainda a preparação dos dados requerida para a sua estimação; a quarta e última apresenta os resultados empíricos encontrados para a economia portuguesa nos dois períodos comparando-os com outros estudos e com os resultados de outros países do mundo ocidental.

¹ Este texto foi seleccionado para *apresentação oral* no VI Simpósio Internacional sobre a Modernização Tecnológica Recente 1-3 Dez. 1999, pela Fundação Joaquim Nabuco, Recife, Brasil.

Palavras-chave: tecnologia, evolução, função de produção, função custo, translog, periferia

SUMMARY

The aims of this article are: to study the chronological evolution of technological progress in the economy of a peripheral country of Europe: the portuguese one; to study the way the different methodologies treat the technological evolution; to study a methodology that is able to appreciate the different technological progress incorporated or not in the different production factors.

There's no doubt that in Portugal and in the whole world, especially in the occidental one, there has been some technological progress in the recent decades; it's important to see its trajectory, its characteristics; in methodological terms, how has been treated this kind of questions during the last 30-40 years? Which has been the contribution of CES, Cobb-Douglas, Leontief and Translog production functions?

The paper begins to appreciate the way the major production technologies had adopted to study the technological trajectory; it recommends the translog cost function to manage a study like this because of its characteristics, specially its structural parameters, elasticities, etc.; the estimation technique is derived by the SURE Zellner's method.

It ends by comparing some indicators obtained to two different and recent periods of time, and from that comparison it concludes the technological trend in Portugal in the last 25 years, after the end of the portuguese colonial empire; it tries to give some explanations for the empirical results that are obtained.

In organisation terms the paper has four sections: The first section speaks of the different technological thesis; the second shows the ways adopted by the different production functions to study this evolutionary process; the third studies the general method to estimate the translog seemingly unrelated equations, and how to prepare data for the estimation itself; the fourth shows the empirical results found for the Portuguese two different periods of time, comparing them to other equivalent studies and results in the occidental world.

Key-words: technology, evolution, production function, cost function, translog, periphery

1. EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA: O ESTADO DA ARTE

1.1. AS VÁRIAS TESES EM PRESENÇA

A questão da evolução tecnológica e das suas características é um tema candente, que mexe com uma imensidão de questões que vão das condições de produção e de trabalho, às questões sociais, designadamente emprego e desemprego, contribuições para os regimes de segurança sociais e outros.

A título de exemplo, interligando a evolução tecnológica com a questão energética, é interessante indagar qual tem sido o efeito – aos mais vastos níveis – das subidas dos preços dos combustíveis que têm vindo a ocorrer no passado e sobretudo é importante utilizar depois essa informação para conseguir prever – e minorar os seus aspectos negativos – o que poderá acontecer no futuro mais ou menos próximo se vierem a ocorrer (e isto é inevitável) novas subidas dos preços dos produtos energéticos. A título de exemplo podem pôr-se as seguintes questões: 1) será que, como aconteceu nos EUA, a evolução do progresso técnico tem sido enviesada no sentido de consumir cada vez menos energia, isto é, poupador de energia, o que significa que a consequência de aumentos dos preços da energia são as distorções das curvas de procura e de custos? 2) Será que, como previam Jorgenson e Fraumeni em 1981, novos aumentos de combustíveis provocariam um abrandamento no crescimento da produtividade e os inevitáveis reflexos negativos que daí adviriam?

Desde Tinbergen (1942) e Solow (1957) que o crescimento da produtividade tem sido associado a alterações tecnológicas e a deslocações ao longo do tempo das funções de produção agregadas.

Mais recentemente – e fruto das elevações dos preços dos produtos energéticos ocorridos nas últimas décadas – a atenção dos técnicos tem-se debruçado, para além destas, sobre outras questões, nomeadamente sobre as consequências ou efeitos de elevações dos preços energéticos ao nível do factor trabalho e ao nível do crescimento da própria produtividade multifactorial.

Hudson e Jorgenson concluíram, a este propósito, que, após o primeiro choque petrolífero, e para os EUA, as elevações de preços dos produtos energéticos fizeram abrandar o crescimento da produtividade devido à complementaridade energia-capital, à substituíbilidade energia-trabalho e ao facto de os preços das diferentes energias terem induzido alterações no *mix* da produção.

Por sua vez, Berndt e Wood, primeiro em 1975 e depois em 1979, concluíram

exactamente o mesmo quanto à complementaridade energia-capital e à substituíbilidade energia-trabalho para a indústria dos EUA.

Um dos problemas que se tem vindo a discutir é como se repartem os efeitos do progresso técnico sobre os factores de produção, particularmente sobre as suas procuras.

Sobre esta temática perfilam-se diversos pontos de vista ou teses.

Um deles perfilha a tese de que o progresso técnico é do tipo neutro à Hicks, uma tese segundo a qual as procuras de factores são igualmente afectadas por esse efeito, ou, por outras palavras, são afectadas segundo proporções idênticas. Os dois estudos anteriormente referidos partiram do princípio de que o progresso técnico era deste tipo.

Outras hipóteses alternativas, relativamente aos efeitos do progresso técnico sobre a procura dos factores de produção, são a neutra à Harrod, uma representação chamada "*labour-using*" e, em princípio, poupadora dos restantes factores de produção, e a neutra à Solow, uma representação "*capital-using*" e, simultaneamente, poupadora dos restantes factores de produção.

Considerando os *inputs* intermédios como factor de produção² surgem outras teses alternativas; segundo estas, o incremento do valor acrescentado apenas acarreta aumentos dos factores capital e trabalho, não dos *inputs* intermédios.

Por sua vez, a tese do progresso técnico neutro à Leontief considera taxas diferenciadas de crescimento quer do trabalho quer do capital, enquanto a tese do progresso técnico neutro à Leontief-Hicks considera taxas de crescimento idênticas para os dois factores.

Os diferentes pontos de vista ou teses quanto ao papel do progresso técnico tiveram um papel fulcral na invenção e no desenvolvimento de modelos teóricos referentes que interligam desenvolvimento ou progresso tecnológico e crescimento económico. Contudo, os estudos empíricos levados a cabo foram

² São conhecidos alguns estudos em que os *inputs* intermédios são tratados como factor de produção. A título de exemplo cita-se o caso de Kreijger, R. G. - (1980) - "Imports as a Factor of Production: the Substitution Characteristics of Labor, Capital and Material Inputs", Universidade de Amsterdão, Report, AE/70 em que este autor faz uma aplicação aos Países Baixos (Holanda) e o caso de M. J. Vilares - "Os Bens Intermédios Importados como Factor de Produção - Aplicação à Economia Portuguesa" in A. Sousa e alii (1989) - "Nova Economia Portuguesa - Estudos em Homenagem a António Manuel Pinto Barbosa", Universidade Nova de Lisboa, pp 499-539 - em que é feito um estudo idêntico aplicado a Portugal.

poucos e conseqüentemente foram igualmente poucos os resultados metodológicos ou empíricos que viram a luz na literatura especializada.

De entre as poucas e honrosas excepções temos, entre outras, as seguintes:

A1) Ao nível metodológico os estudos de Berndt e Jorgenson que elaboraram uma metodologia destinada a testar a especificação da neutralidade à Hicks contra uma representação não-neutral, mais geral.

B1) Ao nível empírico este estudo de Berndt e Jorgenson (1973) foi o pioneiro; a metodologia desenvolvida pelos autores foi aplicada por eles próprios a nove sectores industriais dos EUA; trata-se de uma metodologia que registou a adesão de diversos seguidores, nomeadamente: Hans Bingswanger (1974), E. R. Berndt e D. O. Wood (1975), John Wills (1979), E. R. Berndt e M. S. Kaled (1979), Alden Toeve (1980), John R. Moroney e John M. Trapani (1981), entre outros.

A2) Dale W. Jorgenson e Barbara Fraumeni que sugeriram uma outra metodologia alternativa para testar esta e outras formas de progresso técnico; esta nova metodologia tem na sua base a imposição de restrições à função custo como, por exemplo, a concavidade global e a monotonicidade.

B2) Ao nível empírico a segunda tese, desenvolvida por Jorgenson e Fraumeni, introduz restrições à função custo como a da concavidade global destinada a garantir o *bom-comportamento* da função custo estimada no espaço constituído pelos preços dos *inputs* (positivos) e não apenas pela informação limitada contida nas amostras, informação em que assentam as estimativas dos parâmetros.

A especificação da concavidade global de Jorgenson e Fraumeni pôs em confronto directo a tese destes autores com uma questão entretanto levantada por John R. Moroney e John M. Trapani, segundo a qual quando o progresso técnico é não neutro a função de custo translog - a função usada no estudo - não é localmente côncava, isto é, não é côncava na região definida pelos seus preços e quantidades históricos. Contudo, uma vez rejeitado o progresso técnico neutro à Hicks, quando se impõem restrições a esse progresso técnico, descobre-se que a função de custo translog estimada é localmente *bem-comportada*.

A3) Em terceiro lugar temos a proposta de Ernest R. Berndt e David O. Wood, autores que, se bem que derivada da metodologia de Jorgenson e Fraumeni, propuseram uma outra metodologia que permite testar uma enorme variedade de especificações do progresso técnico.

Esta proposta metodológica tornou-se necessária porque todos os estudos anteriores e acima referidos se limitaram a apreciar o progresso técnico neutro ou não-neutro à Hicks, nenhum deles tendo estudado outras alternativas como

as neutralidades à Harrod, Solow, Leontief ou Leontief-Hicks. Foi isso que fizeram Ernest R. Berndt e David O. Wood em estudos publicados em 1982 e 1985³ em que adoptaram a perspectiva de Jorgenson e Fraumeni acerca das restrições relativas à concavidade global que depois aplicaram a diversos tipos de especificações do progresso técnico.

Vamos determo-nos mais em pormenor nesta última proposta metodológica. Contudo, para a entendermos melhor, comecemos por ver os seguintes elementos.

1.2. DEFINIÇÃO DE ALTERAÇÃO TECNOLÓGICA ENVIESADA

Um processo produtivo caracteriza-se por meio de uma função de produção $y = f(x)$ (1)

onde y é o *output* expresso em valores reais e x

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_m) \quad (2)$$

é o vector dos *inputs*. Sob a hipótese de minimização do custo x representa a combinação de inputs de menor custo capaz de produzir y . A diferença entre duas tecnologias de produção a e b pode definir-se como

$$Dx = (x_{ia} - x_{ib}, \dots, x_{ma} - x_{mb}) \quad (3)$$

Esta diferença é definida sem qualquer referência ao nível ou à composição do output. Para a sua interpretação deve ter-se em conta:

- Por um lado, que se $Dx \neq 0$ então as duas tecnologias de produção mantêm-se ou são iguais; e,
- Por outro, que se uma simples *establishment* (disposição) provoca alterações no nível dos *inputs*, por exemplo, uma alteração do seu *mix* (ou combinação) de tal forma que $Dx \neq 0$, então é porque ocorreu uma alteração tecnológica.

Um caso especial de alteração tecnológica é aquele em que há uma variação proporcional e igual de todos os *inputs* para alcançar uma variação proporcional igual e do mesmo sentido do/dos *outputs*: este caso é característico de uma situação em que a alteração não acarreta variações ao nível dos rendimentos de escala (ou em que estes foram constantes (CRS)), isto é, sem economias ou deseconomias de escala. Este tipo de variação tecnológica não é aquele que tem mais interessante uma vez que a produtividade, na sua definição habitual, não sofre qualquer alteração. Mesmo assim tem a sua importância uma vez que permite isolar este de outros casos.

³ Vidé Fericeli e Lésourd (eds) (1985) - "Energie: Modélisation et Econométrie", Economica, Paris, pp. 444-471.

Seja a função custo translog seguinte:

$$\ln C = \ln \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln p_i \ln p_j + \gamma_y \ln Y + \sum_j \gamma_{iy} \ln p_i \ln Y + \frac{1}{2} \gamma_{yy} \ln^2 Y \quad (4)$$

A função custo translog é uma aproximação de 2ª ordem da série de Taylor nos logaritmos a uma função custo geral duplamente diferenciável C definida como

$$C = f(Y, p_1, p_2, \dots, p_m) \quad (5)$$

onde C é o custo (total) de produção, Y é o nível bruto de output e p_i é o preço médio do i-ésimo input ($i=1,2,\dots,m$).

A teoria da dualidade (Hotelling (1932), Shephard (1953) e Diewert (1982)) garante que em termos de tecnologia de produção é equivalente usar a função de produção ou a função custo. Isso mesmo ocorre com a função custo translog devida a Christensen, Jorgenson e Lau (1973, 1975)), dual da função de produção translog. Assim sendo, pode afirmar-se que aquela é uma forma alternativa e equivalente de representar a tecnologia de produção.

De notar que foi Binswanger (1974) que expôs as vantagens de usar a função custo translog em vez da função de produção com o mesmo nome.

As funções Cobb-Douglas e CES são casos particulares da função translog.

As restrições paramétricas que limitam a expansão da produção ao caso dos rendimentos constantes à escala (em que não há economias de escala) são as seguintes:

$$\sum_i \alpha_i = 1, \quad \sum_i \sum_j \gamma_{ij} = \sum_j \sum_i \gamma_{ji} = 0, \quad \gamma_{iy} = 0, \quad \gamma_y = 1, \quad \gamma_{yy} = 0 \quad (6)$$

Sendo satisfeitas as condições (6) e verificando-se a relação $\alpha_{0a} < \alpha_{0b}$ entre os custos de dois processos produtivos *a* e *b*, então pode dizer-se que a produtividade do processo *a* é maior do que a do processo *b* e que a diferença entre as duas tecnologias de produção é neutra à Hicks no sentido definido por Binswanger, dizendo-se, também por isso, neutra à Binswanger-Hicks.

O crescimento da produtividade neutra à Hicks ou alteração tecnológica com economias de escala neutras ($\gamma_{yy} = 0$), caracterizado por progresso técnico neutro à Hicks, ocorre quando se verifica uma deslocação no parâmetro α_0 . Se $\gamma_y < 1$ com α_0 constante, o aumento do consumo de todos os inputs segue uma proporção constante, *h*, de tal forma que

$$Dx = hx = [(hx_1, hx_2, \dots, hx_n) - (x_1, x_2, \dots, x_n)] \quad (7)$$

conduz à expansão do output através de um factor multiplicativo h^{1+r} , onde r é o rendimento de escala. Para valores de r pequenos r é aproximadamente igual a $1-\gamma_y$ (estritamente $r=1/(1-\gamma_y)$). A estimação da função custo identifica o parâmetro de escala γ_y e permite distinguir efeitos de escala do progresso técnico neutro à Hicks.

É importante distinguir economias de escala de outras fontes de variação na produtividade pois que enquanto as economias de escala são reversíveis quando o output desce os ganhos de produtividade devidos a outros factores em geral mantêm-se.

Denny e Waverman⁴ afirmam que o progresso técnico que ocorre devido à expansão ou à contracção do output sob condições de rendimentos de escala constantes é frequentemente omitido da definição de progresso técnico quando essa definição está fortemente ligada à produtividade. A razão de ser, dizem os autores, é porque com rendimentos de escala constantes não há nem crescimento nem redução da produtividade. Embora os rendimentos de escala constantes típicos sejam factor-neutrais, pode ocorrer progresso técnico enviesado mesmo com rendimentos de escala constantes: por exemplo no caso da função de Cobb-Douglas, as variações de preços podem induzir substituições factoriais de tal forma que as cotas factoriais permaneçam inalteradas; pode ainda haver variações ao nível das unidades factoriais requeridas provocando, assim, uma alteração tecnológica de tipo enviesado.

As diferenças ao nível da escala de produção podem caracterizar-se por diferenças nas proporções factoriais; estas diferenças são não homotéticas para usar a terminologia própria das funções custo ou de produção. Também o progresso tecnológico associado a processos com economias de escala pode ser enviesado ou neutral. Em termos da função custo acima, este tipo de progresso técnico caracteriza-se pela existência de interacções entre o output e os diferentes inputs. De uma forma diferente as variações das cotas identificados pelos coeficientes γ_{it} e os coeficientes γ_{iy} da equação (8), reflectem uma relação física entre inputs e outputs: o custo mínimo por expandir a produção ('the minimum cost output expansion path') precisarmos de alguns outputs e menos de outros, em termos proporcionais. O progresso técnico enviesado pode ocorrer com economias ou com deseconomias de escala, dependendo dos preços relativos dos factores.

⁴ In Cowing e Stevenson (1981).

1.3. AS ALTERAÇÕES TECNOLÓGICAS NA FORMULAÇÃO TRANSLOG

Se à função (4) acrescentarmos uma variável T ou tendência⁵, aquela função toma o novo aspecto

$$\ln C = \ln \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln p_i \ln p_j + \gamma_y \ln Y + \sum_i \gamma_{iy} \ln p_i \ln Y + \frac{1}{2} \gamma_{yy} \ln^2 Y + \gamma_t T + \frac{1}{2} \gamma_{tt} T^2 + \sum_i \gamma_{it} T \ln p_i \quad (8)$$

As restrições que condicionam esta função são exactamente as identificadas por (6), acrescidas de mais a seguinte:

$$\sum_i \gamma_{it} = 0 \quad (9)$$

A estimação da função custo faz-se recorrendo às n-1 equações das quotas ou peso do custo dos factores no custo total; estas quotas deduzem-se de (8) por derivação em ordem a $\ln p_i$; procedendo assim e representando a derivada por q_i vem

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln p_i} = \frac{\partial C}{\partial p_i} \cdot \frac{p_i}{C} = \frac{q_i p_i}{C} = q_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \ln p_j + \gamma_{iy} \ln Y + \gamma_{it} T + v_i \quad (10)$$

onde v_i é a perturbação aleatória que integra habitualmente os modelos econométricos. Estas funções obtêm-se com base na hipótese de minimização de custo e aplicando o Lema de Shephard.

Os parâmetros γ_t e γ_{it} captam apenas valores de tendência que não são explicados pelos coeficientes das outras variáveis incluídas no modelo. Norworthy e Jang (1992, p. 48) fazem notar que não é correcto – mas que se faz frequentemente – e pode inclusivamente ser confuso chamar à variável T *índice de tecnologia* ou índice de variação tecnológica. O coeficiente de primeira ordem de T, isto é, γ_t , pode interpretar-se como a taxa média de variação, por período, no parâmetro que nos dá a eficiência, α_0 . γ_t é ainda o negativo da taxa média de crescimento da produtividade multifactorial. Nem este *índice* nem o seu coeficiente ou parâmetro explicam o crescimento ou alteração da produtividade multifactorial, explicando apenas a sua trajectória temporal, ou seja, a sua tendência de longo prazo.

⁵ Ver a este propósito Edward Denison, *Why Growth Rates Differ?*, J. W. Kendrick, e Grossman, E., *Trends and Cycles in Productivity in the United States*, Jorgenson e Griliches, *The Explanation of Productivity Change*, Norsworthy, Harper e Kunze (1979).

Em função do que vem dizendo podemos definir progresso tecnológico *enviesado* como aquele que altera as intensidades relativas dos *inputs* factoriais consumidos, ou seja, as suas proporções. Assim, uma alteração tecnológica cujo resultado seja uma maior (ou menor) utilização de um *input* particular, *ceteris paribus*, é chamada uma alteração utilizadora (poupadora) desse *input*. Contudo, há várias variantes ou cambiantes; um caso interessante é aquela cuja alteração tecnológica tem como consequência poupar todos os *inputs* em termos absolutos, mas utilizar mais do *input* *i* em termos relativos; esta situação ocorre quando a quota-parte do *input* *i* no custo total aumenta.

Seja agora a função custo translog especificada da seguinte forma

$$\ln C = \ln \alpha_0 + \sum_{i=1} \alpha_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1} \sum_{j=1} \gamma_{ij} \ln p_i \ln p_j + \gamma_Y \ln Y + \frac{1}{2} \gamma_{YY} \ln^2 Y \quad (11)$$

onde *i* representa o *i*-ésimo factor, *i* = 1, 2, 3, ..., *p_i* é o preço unitário desse mesmo factor, *C* é o custo total e os restantes elementos são os parâmetros do modelo.

A homogeneidade linear da função impõe as seguintes condições sobre os parâmetros:

$$\sum_i \alpha_i = 1 \quad \sum_i \gamma_{ij} = 0 \quad \sum_j \gamma_{ij} = 0 \quad \forall i \quad (12)$$

Esta função desenvolvida por Christensen, Jorgenson e Lau (1973, 1975) foi utilizada com objectivos próximos dos que nos norteiam aqui, por Moroney e Trapani (1981), Berndt e Wood (1982, 1985), que a usaram para estudar e testar as diferentes especificações do progresso tecnológico. Em estudo bastante recente Marie N. Fagan (1997) usou-a igualmente para estudar a evolução verificada na tecnologia incorporada na prospecção petrolífera.

Em Portugal também tem tido alguma utilização; foi o caso, embora em contextos ligeiramente diferentes, de Vilares⁶ (1989), do autor deste texto⁷ (Manso, 1991) e ainda de outros autores.

A função de produção translog é uma função de produção agregada, duplamente diferenciável caracterizada por rendimentos à escala constantes que pode ser

⁶ M. J. Vilares - "Os Bens Intermédios Importados como Factor de Produção. Aplicação à Economia Portuguesa" in A. Sousa e alii (1989) - "Nova Economia Portuguesa - Estudos em Homenagem a António Manuel Pinto Barbosa", Universidade Nova de Lisboa, pp 499-539. Vilares, usou ainda noutro estudo a função de produção de Leontief.

⁷ Vidé J. R. Pires Manso (1991) - "A Substituição de Factores na Economia Portuguesa - Uma Aplicação da Função Translog", T M, ISEG, Universidade Técnica de Lisboa

definida em termos genéricos e para efeitos do estudo da evolução tecnológica, acrescida de uma nova variável t , como

$$Y = f(K, L, E, T). \tag{13}$$

onde Y , K , L , E são o produto e três factores de produção, neste caso identificados por capital, trabalho e energia mas que poderiam ser outros quaisquer. A inclusão da variável T (tempo) justifica-se pela necessidade de representar, na função de produção e isoladamente, as deslocações temporais extrínsecas do progresso técnico.

Associada com a função (13) e sendo dados os preços dos *inputs* e as quantidades dos *outputs*, existe uma função custo unitária, dual daquela, que reflecte a tecnologia da produção e que se pode representar genericamente por

$$c = C/Y = g(p_k, p_l, p_e, T) \tag{14}$$

onde p_k , p_l , e p_e , C , e c continuam a representar, respectivamente, os preços dos *inputs*, o custo total e o custo unitário; T , mais uma vez, representa aqui as deslocações, para baixo, da função custo unitária provocadas pelas alterações tecnológicas consideradas isoladamente.

A função custo associada à função de produção translog, é uma função que na forma logaritmicada e acrescentada dos novos parâmetros decorrentes da inclusão da variável t , toma o seguinte aspecto

$$\begin{aligned} \ln C = & \ln \alpha_0 + \gamma_y \ln Y + \frac{1}{2} \gamma_{yy} \ln^2 Y + \sum_{i=1}^3 \alpha_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \gamma_{ij} \ln p_i \ln p_j + \\ & + \sum_i \gamma_{iy} \ln p_i \ln Y + \frac{1}{2} \gamma_{tt} T^2 + \sum_{i=1}^3 \gamma_{it} T \ln p_i + \gamma_{Yt} T \ln Y + \gamma_t T \end{aligned} \tag{15}$$

onde γ_{ij} , γ_i , α_i ($i, j = 1, 2, \dots, m$) e α_0 representam os parâmetros.

A homogeneidade linear⁸ impõe as restrições já referidas anteriormente e outras cujo conjunto se deixa em (16) em seguida

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1, \quad \sum_{j=1}^m \gamma_{kj} = 0, \quad \sum_{j=1}^m \gamma_{lj} = 0, \quad \sum_{j=1}^m \gamma_{ej} = 0, \quad \sum_{i=1}^m \gamma_{it} = 0 \tag{16}$$

O aparecimento da última equação fica a dever-se, precisamente, à inclusão da variável independente T .

⁸ Sobre esta função ver, entre outros, J. R. P. Manso (1991) - "A Substituição de Factores na Economia Portuguesa - Uma Aplicação da Função Translog", T. M., ISEG; ver igualmente Vilares (1987).

As equações das quotas dos factores obtêm-se aplicando derivadas logarítmicas à expressão de C; usando o Lema de Shephard, admitindo que o *output* e os preços dos *inputs* são fixos vem:

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln p_i} = q_i \equiv \frac{p_i X_i}{cY} = \alpha_i + \sum_{j=1}^m \gamma_{ij} \ln p_j + \gamma_{iy} \ln Y + \gamma_{it} T \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

Derivando a expressão (16) em ordem a $\ln Y$ vem

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Y} = \gamma_y + \gamma_{yy} \ln Y + \sum_i \gamma_{iy} \ln p_i + \gamma_{yt} T \quad (18)$$

O sinal desta derivada – que varia com o tempo e com os preços dos inputs – permite apreciar o sentido das economias de escala, segundo o esquema seguinte:

- se a derivada for negativa isso traduz a existência de economias de escala;
- se a derivada for positiva então isso traduz a existência de deseconomias de escala; e
- se a derivada for nula então isso traduz a não existência nem de economias (de escala) nem de deseconomias de escala.

Para apreciar em termos quantitativos, isto é, medir o efeito do progresso tecnológico usando a função custo unitária translog derivemos a expressão (15) em relação à variável tempo (T). A equação resultante, (19), quantifica, sob a forma de taxa, a variação (diminuição) do custo:

$$\frac{\partial \ln C}{\partial T} = \gamma_t + \sum_{i=1}^3 \gamma_{it} \ln p_i + \gamma_{yt} \ln Y + \gamma_{it} T \quad (19)$$

De notar que embora os parâmetros relativos ao viés ou enviesamento⁹ do progresso técnico γ_{it} ($i = 1, 2, \dots, m$) sejam constantes para o i -ésimo input, a variação do custo por unidade produzida, sob a forma de taxa, $\partial \ln c_t / \partial T = \partial c_t / c_t$, é endógena uma vez que os preços dos *inputs* variam ao longo do tempo. Como refere Makota Ohta¹⁰, com rendimentos à escala constantes, o dual da taxa de crescimento do custo, $\partial \ln c / \partial T$, é o negativo do primal da taxa de crescimento da produtividade multifactorial, $\partial \ln y / \partial T$, obtida a partir da função de produção (13). É esta a razão pela qual se pode dizer que (19) relaciona o crescimento da produtividade multifactorial com a evolução dos preços dos *inputs* e com o tempo.

⁹ Do inglês “biases”, que significa enviesamento, pendor, propensão, inclinação, tendência, viés.

¹⁰ Makota Ohta (1974) - “A Note on the Duality Between Production and Cost Function: Rate of Returns to Scale and Rate of Technical Progress”, *Economic Studies Quarterly*, vol 25, 12, pp 63-65.

Representando por b_i a taxa de crescimento da quota de custo do i -ésimo factor, pode escrever-se

$$b_i \equiv \frac{\partial q_i}{\partial T} \cdot \frac{1}{q_i} = \frac{\partial q_i}{q_i} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (20)$$

Com base neste resultado pode estabelecer-se a seguinte grelha que interrelaciona os possíveis sinais dos coeficientes b_i (negativos, nulos ou positivos) e o tipo de evolução tecnológica:

- a) se $b_i < 0 \Leftrightarrow$ o progresso técnico diz-se poupador do *input* i , ou i -poupador;
- b) se $b_i = 0 \Leftrightarrow$ então o progresso técnico diz-se neutro em relação ao *input* i , ou é i -neutral; e
- c) se $b_i > 0 \Leftrightarrow$ então o progresso técnico diz-se utilizador do i -ésimo *input* ou i -utilizador.

Mas como

$$\frac{\partial q_i}{\partial T} = \gamma_{it} \quad (21)$$

então aquela taxa de crescimento pode escrever-se

$$b_i \equiv \gamma_{it} \cdot \frac{1}{q_i} = \frac{\gamma_{it}}{q_i} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (22)$$

Mas das expressões das quotas dos factores (17) se vê, que como q_i ($i = 1, 2, \dots, m$), a quota de custo, é sempre positiva, então o sinal de b_i depende do sinal de γ_{it} e, nestas condições, segundo a metodologia de K. Sato podemos dizer que o processo tecnológico é:

- a') poupador do *input* i se o parâmetro γ_{it} é negativo.
- b') neutro em relação ao *input* i se γ_{it} é nulo (igual a zero) e
- c') utilizador do *input* i se o parâmetro γ_{it} é positivo.

(Note-se a correspondência entre os valores de b_i e de γ_{it} com $i = 1, 2, \dots, m$.)

De acordo com a abordagem que estamos a ver o sinal do parâmetro da variável tempo (T) de cada uma das equações das quotas dos factores, (15), dá ainda a influência qualitativa do progresso tecnológico.

É oportuno referir que a interpretação do coeficientes g_{it} requer muito cuidado atendendo, entre outras, às seguintes razões (Berndt e Wood¹¹, 1985):

1. Em primeiro lugar, dado o facto de os parâmetros γ_{it} serem constantes e

¹¹ Berndt, E. R e Wood, D. O. - "Concavity and the Specification of Technical Progress", in Fericelli e Lésourd (Editores) (1985) - "Énergie: Modélisation et Econométrie", Economica, Paris, pp 444-471.

como tal não variarem em consequência de alterações verificadas ao nível dos preços relativos dos *inputs*; neste sentido, e consequentemente, os parâmetros γ_{it} não podem ser usados para testar a validade da hipótese da *inovação induzida*, em particular, nos termos do referido por Binswanger¹², quando se põe a hipótese de o comportamento do progresso técnico reflectir quer a escassez relativa dos factores ou *inputs* quer as variações dos preços desses mesmos *inputs*;

2. Em segundo lugar, os parâmetros γ_{it} representam mais o *efeito relativo* do que o *efeito absoluto* das alterações tecnológicas ao nível da procura dos factores de produção. Se, por exemplo, a alteração tecnológica em causa fosse considerada *neutra à Hicks* ($\gamma_{it}=0$ para $i = 1, 2, \dots, m$) então tal situação equivaleria a considerar que as procuras absolutas dos factores de produção seriam reduzidas de uma proporção comum, permanecendo as posições relativas das procuras dos factores inalteradas; acontece o mesmo quando $\gamma_{it} > 0$, situação em que se diz que as alterações tecnológicas *são utilizadoras do factor i*; mas este facto não implica, necessariamente, que a alteração tecnológica acarrete um aumento do valor absoluto da procura do factor i . Num tal caso a redução da procura do i -ésimo factor de produção individualmente pode não ser afectada da mesma forma que a procura dos restantes factores - em consequência do progresso técnico;

3. Em terceiro lugar, uma vez que a equação relativa à taxa de crescimento do custo unitário, (40), indica que este custo é afectado pelos preços dos *inputs* factoriais, então o sinal do parâmetro (γ_{it}) fornece informação de tipo qualitativo acerca do efeito de uma alteração de p_i na variação do custo (crescimento da produtividade multifactorial); quando o progresso técnico ocorre então $\partial \ln c / \partial T$ (taxa de crescimento do custo) vem negativa. Se p_i aumenta e γ_{it} é positivo então o efeito dessa alteração ao nível do preço consiste no abrandamento da taxa de redução do custo unitário. Por sua vez se p_i aumenta e γ_{it} é negativo então a taxa de variação (redução) do custo acelera-se. Por isso quando a alteração tecnológica é *utilizadora do input i* e p_i aumenta, então, *ceteris paribus*, a taxa de crescimento da produtividade multifactorial desce; por sua vez quando a alteração tecnológica é *poupadora do input i* e p_i aumenta, então, *ceteris paribus*, a taxa de crescimento da produtividade multifactorial sobe.

Nalguns estudos empíricos acerca desta temática tem-se defendido que certas alterações tecnológicas do tipo *factor-augmenting* progredem na função de produção

¹² V. Hans P. Binswanger (1974) e este mesmo autor com Vernon W. Ruttan (1978).

segundo uma exponencial com taxa constante. Visto através da função custo dual, tal alteração técnica “*factor-augmenting*” corresponde a uma diminuição técnica do preço do *input*. Quando uma alteração tecnológica do tipo “*factor-augmenting*” evolui de acordo com uma taxa (exponencial) constante, as unidades do *input* aumentadas X_{jt}^* e as naturais X_{jt} podem ser relacionadas através da relação:

$$X_{jt}^* = X_{jt} \cdot e^{\lambda_{jt}} \quad (23)$$

onde λ_j é a taxa de crescimento (constante) do *input* j e $t = T + t_0$, onde t_0 identifica um período inicial no tempo.

A relação correspondente entre os dois tipos de preços do “*input diminishing technical change*” pode ser esquematizada assim:

$$p_{jt}^* = p_{jt} \cdot e^{-\lambda_{jt}} \quad j = 1, 2, \dots \quad (24)$$

onde p_{jt}^* e p_{jt} são preços de factores associados com X_{jt}^* e X_{jt} , respectivamente.

Uma característica importante da especificação *translog* é que ela se adapta facilmente permitindo assim uma abordagem “*factor-augmenting*”. Em particular se a função custo *translog* tivesse inicialmente sido escrita usando p_{jt}^* em vez de p_{jt} e se todos os termos envolvendo T tivessem sido desprezados, poder-se-ia ter tomado os logaritmos de (24) como se indica em seguida

$$\ln p_{jt}^* = \ln p_{jt} - \lambda_{jt} \quad (25)$$

e substituído em (15).

Usando (16) chega-se às seguintes expressões para α_t , γ_{kt} , γ_{lt} , γ_{et} , γ_{mt} e γ_{tt} , respectivamente:

$$\begin{aligned} \alpha_t &= -(\alpha_k \lambda_k + \alpha_l \lambda_l + \alpha_e \lambda_e) & \gamma_{kt} &= -(\gamma_{kk} \lambda_k + \gamma_{kl} \lambda_l + \gamma_{ke} \lambda_e) \\ \gamma_{lt} &= -(\gamma_{kl} \lambda_k + \gamma_{ll} \lambda_l + \gamma_{le} \lambda_e) & & \\ \gamma_{et} &= -(\gamma_{ke} \lambda_k + \gamma_{le} \lambda_l + \gamma_{ee} \lambda_e) & \gamma_{tt} &= -(\gamma_{kt} \lambda_k + \gamma_{lt} \lambda_l + \gamma_{et} \lambda_e) \end{aligned} \quad (26)$$

Da análise das equações acima podem extrair-se algumas ilacções importantes:

1º Que os coeficientes γ_{it} reflectem simultaneamente quer as taxas de crescimento quer as possibilidades de substituição entre *inputs*. Daí que a relação entre λ_i e γ_{it} seja uma relação complexa. Suponhamos, por exemplo, que λ_i é o maior dos vários parâmetros “*input-augmenting*”. Esse facto não implicaria, no entanto, que a alteração tecnológica fosse *poupadora do input i* ($\gamma_{it} = 0$), mas antes, como se vê pelas relações dos γ_{it} , que as taxas relativas *factor-aumentativas* se combinam com os parâmetros de substituição tecnológica γ_{ij} para determinar conjuntamente o efeito-“*bias*” (tendência) refletido por γ_{it} .

2º Quando a tecnologia de produção é Cobb-Douglas, situação que ocorre quando todos os $\gamma_{ij} = 0$, e quando a alteração tecnológica é *input-utilizadora*,

então a alteração tecnológica é *neutra à Hicks* ($\gamma_{it} = 0$). Isto pode constatar-se através do simples exame das expressões dos γ_{it} também. Consequência deste facto é que não é possível identificar as taxas de variação λ_j quando a tecnologia é Cobb-Douglas.

3º Se se estimar apenas as equações das cotas dos factores dadas por (17) deduzidas da função custo translog, e se não for possível identificar as diferentes taxas-acrécimo λ_j , então apenas se pode identificar as diferenças entre taxas de variação ($\lambda_i - \lambda_j$). Para que se possa identificar os λ_j , é, necessário estimar os parâmetros, como por exemplo α_t , que aparecem tanto na função custo (15) como na equação relativa à taxa de crescimento do custo (19).

4º Quando a alteração técnica é do tipo “*input-using*” pode exprimir-se a taxa global de diminuição do custo (crescimento da produtividade multifactorial) como a média ponderada das quotas dos factores e das taxas-acrécimo. Substituindo, por exemplo, as expressões dos γ_{it} em (19) obtém-se:

$$\frac{\partial \ln c}{\partial T} = -(q_k \lambda_k + q_l \lambda_l + q_e \lambda_e) \quad (27)$$

resultado que diz que a taxa *endógena* de crescimento do custo é igual à média ponderada das taxas *exógenas* de crescimento dos factores, com os coeficientes de ponderação dados pelas cotas de custo - endógenas também - dos factores.

5º A teoria do crescimento dos factores permite testar vários tipos de progresso técnico, tendo, aliás, alguns deles sido discutidos na literatura teórica que versa a temática do crescimento económico; esses vários tipos de progresso técnico e as situações em que eles ocorrem deixam-se em seguida:

QUADRO Nº 1 TIPO DE NEUTRALIDADE

Tipo de neutralidade	Situações em que ocorrem
à Hicks	$\lambda_k = \lambda_l = \lambda_e$
à Harrod	$\lambda_l \neq 0, \lambda_k = \lambda_e = 0$
à Solow	$\lambda_k \neq 0, \lambda_l = \lambda_e = 0$
à Leontief	$\lambda_k, \lambda_l \neq 0, \lambda_e = 0$
à Leontief/Hicks	$\lambda_k = \lambda_l \neq 0, \lambda_e = 0$

De notar que sob a *neutralidade à Hicks*, todos os λ_j ($j = K, L, E$) são iguais, enquanto sob a *neutralidade à Harrod (Solow)*, $\lambda_l \neq 0$ ($\lambda_k = \lambda_e = 0$), sendo todos os outros λ_j nulos. Quando os *inputs aumentativos* são apenas os primários - neutralidade à Leontief - λ_k e λ_l são não-nulos, mas $\lambda_e = 0$. Finalmente, quando se impõe que

as taxas-acrécimo relativas aos valores acrescentados dos inputs primários sejam não-nulas e iguais ($\lambda_k = \lambda_l = 10$), com $\lambda_e = 0$, obtém-se a versão condicionada do progresso técnico neutro à Leontief, conhecida por neutralidade à Leontief-Hicks. É evidente que é possível especificar outros tipos de progressos técnicos.

Usando a função de custo translog com os factores K, L, E e M, podem estimar-se quer os parâmetros relativos às equações do custo dos factores (39) quer os relativos à equação de diminuição do custo total (40). Empiricamente esta última equação $\partial \ln c / \partial t$ pode ser aproximada, como propõe W. Erwin Diewert (1976), tomando o negativo da taxa de crescimento da produtividade multifactorial e recorrendo a uma aproximação de Tornquist (cf. Ernst R. Berndt e David O. Wood¹³). Procedendo assim a estimação dos parâmetros pode fazer-se recorrendo a 7 representações alternativas de progresso técnico. Estes sete modelos, juntamente com os correspondentes números de parâmetros livres cuja estimação é necessária, estão referidos no próximo quadro:

QUADRO Nº 2
MODELOS ALTERNATIVOS DE PROGRESSO TÉCNICO

Tipo de progresso técnico (PT)	Nº de Parâmetros livres
Com a restrição da simetria	14
P. T. <i>factor augmenting</i>	13
P. T. neutro à Hicks	10
P. T. neutro à Harrod	10
P. T. neutro à Solow	10
P. T. neutro à Leontief	11
P. T. neutro à Leontief-Hicks	10

1.4. EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA: UMA FORMULAÇÃO MAIS ABRANGENTE

Uma forma mais abrangente de explicar as alterações introduzidas (inovações) numa tecnologia de produção através das várias causas que lhe deram origem é a apresentada por Norstworthy e Jang (1992). Segundo estes autores, que utilizaram igualmente a função translog, pode usar-se um modelo que permite identificar essas causas quer nas suas variáveis quer nos seus parâmetros estimados.

Os autores referem que um vulgar modelo de produção não consegue detectar os efeitos sobre as proporções de *inputs* de alterações no *mix* da produção,

¹³ Berndt e Wood, obra citada p. 453.

porquanto, nas palavras dos autores “um modelo sem parâmetros de substituição-preços não pode ser usado para atribuir alterações no *mix* dos *inputs* a variações nos preços desses *inputs* diferentes das variações na qualidade dos *inputs* ou no *mix* dos *inputs* produzidos”.

Há diversas formas funcionais mais vulgarmente utilizadas para estudar a evolução do progresso técnico; as mais vulgares, contudo, são a função custo translog, a função de produção CES encadeada, e as funções custo e de produção generalizadas de Leontief. A prática comum para estudar essa evolução é a de especificar a alteração tecnológica em termos de um parâmetro associado à variável “tendência”, variável a que se atribui os valores $t=1,2,\dots$, abordagem que já referimos anteriormente. Contudo, esta metodologia tem alguns inconvenientes. Um deles é o não conseguir detectar ou desprezar outros efeitos, alguns dos quais bastante subtis, bastante importantes para o fim em vista.

Mais uma vez vamos ilustrar o que estamos a referir especificando uma função custo translog, função que pode ser estimada com base em séries cronológicas, “cross-section” ou mistas. Seja

$$C = f(y, p, t) \quad (28)$$

uma função custo total duplamente diferenciável, onde C é o custo total da produção, y um vector coluna dos logaritmos neperianos dos *outputs*, p um vector coluna dos logaritmos neperianos dos preços, e t um vector-coluna dos factores que influenciam a tecnologia de produção.

A função (28) pode ser aproximada pela função custo total translog, função que, para os efeitos que nos preocupam agora, se pode formular assim recorrendo a notação matricial:

$$\ln C = a_0 + a' y + \frac{1}{2} y' A y + b' p + \frac{1}{2} p' B p + s' t + \frac{1}{2} t' S t + y' D p + y' F t + p' H t \quad (29)$$

com C o custo total da produção, y o vector coluna dos logaritmos dos outputs, p o vector coluna dos logaritmos dos preços, a um vector coluna dos coeficientes de 1ª ordem do output, A é uma matriz dos coeficientes de 2ª ordem do output, b é um vector coluna dos coeficientes dos preços dos inputs, B é uma matriz formada pelos coeficientes dos preços dos inputs, s é um vector coluna dos coeficientes dos factores tecnológicos e S é uma matriz dos coeficientes dos factores tecnológicos, e D , F e H são matrizes de 2ª ordem dos coeficientes de interacção para os factores pelos quais eles são pré- e pós-multiplicados.

A introdução das restrições de homogeneidade e de simetria permitem a redução dos parâmetros independentes a serem estimados nas matrizes A , B e S

aos triângulos acima das respectivas diagonais principais. As matrizes D, F e H são não simétricas. Estas são reduzidas de uma linha e uma coluna atendendo às restrições de homogeneidade. A agregação e a restrição *a priori* podem reduzir ainda mais o número de parâmetros a estimar.

As equações das quotas dos factores estimáveis são deduzidas através do Lema de Shepard, operação que conduz a

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln p_m} = s_m = b_m + \sum_n b_{mn} \ln p_m + \sum_i d_{im} \ln y_i + \sum_r h_{rm} T_r + u_i \quad (30)$$

onde os índices $i, j=1, 2, \dots, I$ estão associados aos outputs, Y_i e $m, n=1, 2, \dots, M$ estão associados aos preços dos inputs, p_m . $r, q=1, 2, \dots, R$ são indicadores tecnológicos, T_r . A expressão anterior integra ainda a perturbação aleatória u_i característica dos modelos econométricos.

Vejamos como estudar, usando a formulação anterior, as várias fontes de progresso técnico.

Os efeitos atribuíveis à escala têm componentes de 1ª e de 2ª ordens. O de 1ª ordem é o efeito das economias de escala.

As economias ou deseconomias de escopo ocorrem quando os processos produtivos de diferentes outputs repartem entre si algum input comum (Panzer e Willig (1981)). Numa situação em que há múltiplos outputs as economias de escopo podem apresentar-se positivas com um output particular e negativas com outro.

O fundamental do modelo acabado de referir, designadamente das fontes de alteração tecnológica, dos testes para confirmar ou negar essas alterações e até da interpretação a dar encontra-se sintetizado nos quadros nºs 3, 4, 5 e 6 seguintes.

QUADRO Nº 3: PARAMETRIZAÇÃO DAS FONTES DE ALTERAÇÃO TECNOLÓGICA – Economias e deseconomias de escala

Fonte de alteração Tecnológica	Coefficientes e testes de Hipótese	Interpretação
<i>Economias/deseconomias de escala</i>		
a)-Geral	$s=I/\sum a_i=I, <I, >I$ para todo o i	Rendimento de escala constantes, deseconomias de escala e economias de escala
b)-Enviesamento em escala	$d_{im}=0$ conjuntamente	Efeitos de escala neutrais: o output Y_i é homotético
	$d_{im} \neq 0$ conjuntamente	Efeitos de escala enviesados: o output Y_i é não homotético

Fonte: Norworthy e Jang (1992, p.51).

O primeiro (quadro nº 3) refere as hipóteses a testar para indagar se a alteração tecnológica tem associadas economias, deseconomias de escala ou ainda rendimentos de escala constantes.

O quadro nº 4 apresenta as hipóteses a testar para indagar se a alteração tecnológica conduz ou não a economias ou deseconomias de escopo.

QUADRO Nº 4: PARAMETRIZAÇÃO DAS FONTES DE ALTERAÇÃO TECNOLÓGICA –Economias/deseconomias de escopo

Fonte de alteração Tecnológica	Coefficientes e testes de Hipótese	Interpretação
<i>Economias/deseconomias de escopo</i>	$a_{ij} < 0$	Y_i e Y_j complementares: economias de escopo ou de produção conjunta
	$a_{ij} > 0$	Y_i e Y_j impõem custos crescentes ¹⁴

Fonte: idem.

O quadro nº 5 refere as condições ou hipóteses a testar para verificar se a alteração tecnológica e a existência de variações nos preços relativos confirmam a tese da complementaridade ou da substituíbilidade entre inputs.

QUADRO Nº 5: PARAMETRIZAÇÃO DAS FONTES DE ALTERAÇÃO TECNOLÓGICA –Complementaridade/Substituíbilidade dos preços relativos

Fonte de alteração Tecnológica	Coefficientes e testes de Hipótese	Interpretação
<i>Complementaridade/substituíbilidade</i>	$E_{mn} = 1 + b_{mr} / (q_m q_n)^{15}$	Elasticidade parcial de substituição de Hicks-Allen
	$E_{mn} > 0$	Substituíbilidade nos inputs
	$E_{mn} < 0$	Complementaridade nos inputs
	$E_{mn} = (b_{mn} + q_m^2 q_n) / q_m$	Concavidade no preço do input m

Fonte: idem.

¹⁴ Os efeitos de escopo enviesados não são detectáveis numa formulação de 2ª ordem tal como o modelo translog aqui ilustrado.

¹⁵ q_m - quota de custo estimada do input m.

QUADRO Nº 6: PARAMETRIZAÇÃO DAS FONTES DE ALTERAÇÃO TECNOLÓGICA –Efeitos tecnológicos primários, de interacção e de tecnologia sobre os inputs e outputs

Fonte de alteração Tecnológica	Coefficientes e testes de Hipótese	Interpretação
<i>Efeitos Tecnológicos:</i>		
- Efeitos primários ou de primeira ordem	$s_r < 0$	A tecnologia r é poupadora no custo
	$s_r > 0$	A tecnologia r é gastadora no custo
- Interacção de tecnologias	$s_{rq} > 0$	Tecnologias r e q interferem uma com a outra
	$s_{rq} < 0$	Tecnologias r e q são complementares
- Efeitos da tecnologia sobre o output	$f_{ir} = 0$ para todo o i	A tecnologia T_r não tem efeitos “bias” em relação aos <i>outputs</i> individuais
	$f_{ir} \neq 0$ para algum i	A tecnologia T_r afecta diferentemente o custo dos diferentes <i>outputs</i>
- Efeitos da tecnologia sobre os inputs	$h_{mr} = 0$ para todo o m	a tecnologia r é input neutral
	$h_{mr} \neq 0$ para algum m	a tecnologia r é relativamente input enviesada
	$h_{mr} > 0$	a tecnologia r é relativamente utilizadora do input m
	$h_{mr} < 0$	a tecnologia r é poupadora do input m
	$s_r + h_{mr} < 0$	a tecnologia r é absolutamente poupadora do input m
	$s_r + h_{mr} > 0$	a tecnologia r é absolutamente utilizadora do input m
	$s_r + h_{mr} = 0$	a tecnologia r é neutral em relação ao factor m

Fonte: idem.

2. APLICAÇÃO EMPÍRICA À REALIDADE PORTUGUESA

2.1. PREPARAÇÃO DO MODELO PARA A SUA ESTIMAÇÃO

Para ilustrar o que acabamos de dizer, e em particular o que se afirmou relativamente à função de produção *VES/Translog* vamos usar dados relativos a um primeiro período de nove de anos (1976-1984) e publicados por M. J. Vilares e a um segundo período de dez anos (1980-1989) recolhidos pelo autor deste texto e apreciar a questão do tipo de progresso ou evolução tecnológica que

ocorreu em Portugal nesses mesmos períodos, e a questão da substituíbilidade ou complementaridade entre cada dois pares de *inputs*. Os factores de produção considerados são o capital, o trabalho e os *inputs* intermédios importados, no primeiro período, e o capital, o trabalho e os *inputs* energéticos importados, no segundo período.

A função a utilizar é a função custo translog dada por (15) e que passamos a transcrever, depois de convenientemente desenvolvida para $i=1,2,3$

$$\begin{aligned} \ln C = & \ln \alpha_0 + \gamma_y \ln Y + \frac{1}{2} \gamma_{yy} \ln^2 Y + \alpha_1 \ln p_1 + \alpha_2 \ln p_2 + \alpha_3 \ln p_3 + \\ & + \frac{1}{2} \gamma_{11} \ln^2 p_1 + \gamma_{12} \ln p_1 \ln p_2 + \gamma_{13} \ln p_1 \ln p_3 + \gamma_{21} \ln p_2 \ln p_1 + \\ & + \frac{1}{2} \gamma_{22} \ln^2 p_2 + \gamma_{23} \ln p_2 \ln p_3 + \gamma_{31} \ln p_3 \ln p_1 + \gamma_{32} \ln p_3 \ln p_2 + \\ & + \frac{1}{2} \gamma_{33} \ln^2 p_3 + \gamma_{1y} \ln p_1 \ln Y + \gamma_{2y} \ln p_2 \ln Y + \gamma_{3y} \ln p_3 \ln Y + \\ & + \frac{1}{2} \gamma_{tt} T^2 + \gamma_{1t} T \cdot \ln p_1 + \gamma_{2t} T \cdot \ln p_2 + \gamma_{3t} T \cdot \ln p_3 + \gamma_{yt} T \cdot \ln Y + \gamma_t T \end{aligned} \quad (31)$$

que substituí, com as vantagens já referidas, a função de produção com o mesmo nome e onde γ_{ij} , γ_i , α_i e α_0 (onde $i, j=1$ é o capital, 2 é o trabalho e 3 são os *inputs* intermédios importados) representam os parâmetros.

A homogeneidade linear desta função impõe as restrições seguintes aos seus parâmetros

$$\begin{aligned} \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1, \quad \gamma_{11} + \gamma_{12} + \gamma_{13} = 0, \quad \gamma_{21} + \gamma_{22} + \gamma_{23} = 0, \\ \gamma_{31} + \gamma_{32} + \gamma_{33} = 0, \quad \gamma_{1t} + \gamma_{2t} + \gamma_{3t} = 0 \end{aligned} \quad (32)$$

e a homoteticidade da produção impõe ainda que

$$\gamma_{1t} = 0, \quad \gamma_{2t} = 0, \quad \gamma_{3t} = 0 \quad (33)$$

As equações das quotas dos factores obtêm-se aplicando derivadas logarítmicas à expressão de c ; usando o Lema de Shephard, admitindo que o *output* e os preços dos factores são fixos vem

· para o factor i ($i=1,2,3$):

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln p_i} = q_i \equiv \frac{p_i X_i}{cY} = \alpha_i + \gamma_{ii} \ln p_i + \gamma_{i2} \ln p_2 + \gamma_{i3} \ln p_3 + \gamma_{iy} \ln Y + \gamma_{it} T \quad (34)$$

Como referem E. Berndt e D Wood uma interpretação útil dos parâmetros da translog γ_{ij} está relacionada com a definição de “share elasticity”. Como já se viu a primeira derivada (parcial) de $\ln c$ em relação a $\ln p_i$ é a equação da quota (“share”) de custo do i -ésimo factor. Por sua vez a derivada da equação da quota de custo em relação a $\ln p_j$ é igual a γ_{ij} o que quer dizer que os parâmetros da função translog

$$\gamma_{ij} = \frac{\partial^2 \ln c}{\partial \ln p_i \partial \ln p_j} \quad (35)$$

nos dão a resposta da *i*-ésima quota de custo a variações de $\ln p_j$.

As elasticidades parciais de substituição de Allen entre os *inputs* *i* e *j* (*i, j* = 1, 2, 3) para a função translog são:

$$\sigma_{ii} = \frac{\gamma_{ii} + q_i^2 - q_i}{q_i^2} \quad i = 1, 2, 3 \quad (36)$$

$$\sigma_{ij} = \frac{\gamma_{ij}}{q_i q_j} + 1 \quad i, j = 1, 2, 3 \quad i \neq j$$

Por sua vez a elasticidade procura do *input* *i* (X_i) em relação ao preço do *input* *j* definidas como

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\partial \ln X_i}{\partial \ln p_j} \quad (37)$$

vem, no caso da função translog, dada por

$$\varepsilon_{ij} = q_j \cdot \sigma_{ij} \quad i, j = 1, 2, 3 \quad (38)$$

com

$$\sum_j \varepsilon_{ij} = 0 \quad i = 1, 2, \dots$$

A intensidade de economias de escala calcula-se ou mede-se recorrendo à expressão (Caves, Christensen e Swanson, 1981)

$$RTS = \frac{1 - \frac{\partial \ln C}{\partial \ln K}}{\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Y}} \quad (38')$$

De notar que quando $\gamma_{ij} = 0$ para todo o *i, j* então a translog converte-se na função Cobb-Douglas, caso em que $\sigma_{ij} = 1$ para todo o *i, j* com $i \neq j$.

Os valores das quotas de custo do capital, do trabalho e dos *inputs* intermédios importados, relativos ao primeiro período, que vão servir de base aos nossos cálculos são¹⁶ os constantes do anexo 1, enquanto os valores das quotas de custo do capital, do trabalho e dos *inputs* energéticos importados, relativos ao segundo período, se podem ver no anexo 2.

¹⁶ Séries referidas por M. J. Vilarés e extraídas, para o capital e o trabalho, de Cartaxo e Rosa (com base nas Contas Nacionais do INE), e para os *inputs* intermédios importados dos Anuários do Comércio Externo também do INE.

Também os valores dos índices de preços relativos ao primeiro período e *inputs* se podem ver no anexo 1 enquanto os relativos ao segundo período e *inputs* se podem encontrar no anexo 2.

Antes de levarmos a cabo as respectivas estimações convém ter em atenção que a estimação dos parâmetros não é uma questão fácil dado o facto de ser necessário respeitar todas as restrições já antes enunciadas e de as perturbações das equações estarem interrelacionadas. Ora atendendo a essas restrições o sistema de 3 equações que acabamos de escrever converte-se, por integração de algumas dessas restrições, em:

· para o factor 1 (por exemplo, o capital):

$$q_1 = \alpha_1 + \gamma_{11} \ln\left(\frac{p_1}{p_3}\right) + \gamma_{12} \ln\left(\frac{p_2}{p_3}\right) + \gamma_{1t} T \quad (39)$$

· para o factor 2 (trabalho):

$$q_2 = \alpha_2 + \gamma_{21} \ln\left(\frac{p_1}{p_3}\right) + \gamma_{22} \ln\left(\frac{p_2}{p_3}\right) + \gamma_{2t} T \quad (40)$$

· para os *inputs* intermédios importados estimam-se os seus parâmetros indirectamente recorrendo ao sistema de equações seguinte:

$$\begin{aligned} \alpha_3 &= 1 - \alpha_1 - \alpha_2, & \gamma_{31} &= -(\gamma_{11} + \gamma_{21}), & \gamma_{32} &= -(\gamma_{12} + \gamma_{22}) \\ \gamma_{33} &= \gamma_{11} + \gamma_{22} + 2\gamma_{12}, & \gamma_{3t} &= -(\gamma_{1t} + \gamma_{2t}) \end{aligned} \quad (41)$$

O efeito do progresso tecnológico na função custo pode analisar-se derivando a expressão $\ln C$ em relação à variável tempo (T):

$$\frac{\partial \ln C}{\partial T} = \gamma_i + \gamma_{1t} \ln p_1 + \gamma_{2t} \ln p_2 + \gamma_{3t} \ln p_3 + \gamma_{Yt} \ln Y + \gamma_{it} T \quad (42)$$

Esta equação quantifica a taxa de variação (diminuição) do custo.

Por sua vez o efeito do progresso técnico sobre a procura dos factores é dado pela evolução da taxa de crescimento da quota de custo do respectivo factor, ou seja, para o factor i ($i=1,2,3$), por

$$b_i \equiv \frac{\partial \ln q_i}{\partial t} = \frac{\partial \ln q_i}{q_i} ; \quad (43)$$

como estas taxas se podem escrever para o mesmo factor i como

$$b_i \equiv \frac{\partial q_i}{\partial t} \cdot \frac{1}{q_i} \quad (44)$$

e derivando as expressões das três quotas de custo em ordem a T vem

$$\frac{\partial q_i}{\partial t} = \gamma_{it} \quad (45)$$

então para o i -ésimo factor vem

$$b_i \equiv \gamma_{it} \cdot \frac{1}{q_i} = \frac{\gamma_{it}}{q_i} \quad (46)$$

As variâncias dos parâmetros da terceira equação obtêm-se recorrendo às seguintes expressões

$$\begin{aligned} \text{var}(\alpha_3) &= \text{var}(\alpha_1) + \text{var}(\alpha_2) + 2co \text{var}(\alpha_1, \alpha_2) \\ \text{var}(\gamma_{31}) &= \text{var}(\gamma_{11}) + \text{var}(\gamma_{21}) + 2co \text{var}(\gamma_{11}, \gamma_{21}) \\ \text{var}(\gamma_{32}) &= \text{var}(\gamma_{12}) + \text{var}(\gamma_{22}) + 2co \text{var}(\gamma_{12}, \gamma_{22}) \\ \text{var}(\gamma_{33}) &= \text{var}(\gamma_{11}) + \text{var}(\gamma_{22}) + 4 \text{var}(\gamma_{12}) + 2co \text{var}(\gamma_{11}, \gamma_{22}) + \\ &+ 4co \text{var}(\gamma_{11}, \gamma_{12}) + 4co \text{var}(\gamma_{12}, \gamma_{22}) \\ \text{var}(\gamma_{3t}) &= \text{var}(\gamma_{1t}) + \text{var}(\gamma_{2t}) + 2co \text{var}(\gamma_{1t}, \gamma_{2t}) \end{aligned} \quad (47)$$

2.2. OS RESULTADOS EMPÍRICOS PROPRIAMENTE DITOS

Levada a cabo a respectiva estimação recorrendo ao método de Zellner para estimação de parâmetros de sistemas de equações aparentemente não relacionadas (SURE) vem, para o primeiro período:

* Para o factor capital (factor 1) encontrou-se:

$$\hat{q}_1 = 0,348638995 - 0,16819021 \ln\left(\frac{p_1}{p_3}\right) + 0,193835607 \ln\left(\frac{p_2}{p_3}\right) - 0,019859591T$$

* Para o factor trabalho (factor 2) os resultados encontrados foram

$$\hat{q}_2 = 0,488993008 + 0,168497096 \ln\left(\frac{p_1}{p_3}\right) - 0,16819021 \ln\left(\frac{p_2}{p_3}\right) + 0,00590515T$$

Para obter as estimativas dos parâmetros da equação dos *inputs* intermédios importados (factor 3), procedeu-se como já antes se referiu chegando-se aos seguintes valores:

$$\begin{aligned} \hat{\alpha}_3 &= 0,162367997, & \hat{\gamma}_{31} &= -0,025645396, & \hat{\gamma}_{32} &= -0,000306885 \\ \hat{\gamma}_{33} &= -0,275439608, & \hat{\gamma}_{3t} &= -0,013954438 \end{aligned}$$

O seguinte quadro dá-nos os valores das estimativas dos parâmetros estimados directamente e já antes referidos, os desvios padrões de cada um dos parâmetros e os valores que a estatística t toma na hipótese nula em que cada um dos parâmetros isoladamente considerado é nulo:

QUADRO Nº 7

QUADRO DAS ESTIMATIVAS E SUAS SIGNIFICÂNCIAS (PERÍODO 1)

Parâmetros estimados	Estimativa	Desvio padrão	Valor da t
α_1	0,348638995	0,008769763	39,75467
γ_{1t}	-0,019859591	0,003406871	-5,82928
γ_{11}	0,193835607	0,026137343	7,41604
γ_{12}	-0,168190211	0,025061567	-6,71108
α_2	0,0488993008	0,010974698	44,55640
γ_{2t}	0,005905153	0,003817388	1,54691*
γ_{22}	0,168497096	0,033656182	5,00642

Nota: o * identifica valores não significativos ao nível de significância de 5%.

De notar que, de entre os coeficientes estimados directamente, apenas o coeficiente obtido para a variável γ_{2t} é não significativo ao nível de significância de 5%.

As expressões das elasticidades parciais de substituição de Allen proporcionaram os seguintes valores:

- Elasticidades médias de substituição próprias:

$$\sigma_{11} = -0,24404535, \sigma_{22} = -0,3893771, \sigma_{33} = -9,01379718$$

- Elasticidades médias de substituição cruzadas:

$$\sigma_{12} = -0,14404219, \sigma_{13} = 0,6477189, \sigma_{23} = 0,99694784.$$

O primeiro grupo de valores mostra uma sensibilidade particular da elasticidade de substituição própria relativa aos *inputs* intermédios importados com um valor absoluto de 9, situação que já não ocorre com tanta intensidade nem com o trabalho nem com o capital com 0,24 e 0,39, respectivamente.

O segundo grupo de valores garante-nos que na economia portuguesa, e durante o período 1980-89, os factores capital e trabalho são complementares enquanto o capital e os *inputs* intermédios importados, por um lado, e o trabalho e os *inputs* intermédios importados, por outro, são substituíveis, que os módulos dessas elasticidades são inferiores à unidade, situação que já ocorreu nos períodos 1953-65 e 1960-70, e que a que tem maior valor absoluto é a elasticidade de substituição entre o *input* capital e os *inputs* intermédios importados.

Estes valores traduzem a complementaridade dos factores trabalho e capital, que o capital e os *inputs* intermédios importados podem ser substituídos (são substituíveis) entre si e ainda que o trabalho e os referidos *inputs* importados são também substituíveis entre si.

As expressões das elasticidades procura-preço permitem-nos encontrar os seguintes valores:

· Elasticidades (médias) procura-preço próprias $\epsilon_{11} = -0,10997001$, $\epsilon_{22} = -0,12703558$, $\epsilon_{33} = -2,01128162$;

· Elasticidades (médias) procura-preço cruzadas:

$\epsilon_{12} = -0,04699424$, $\epsilon_{13} = 0,14452789$, $\epsilon_{23} = 0,22245263$,

$\epsilon_{21} = -0,06490728$, $\epsilon_{32} = 0,32525756$ e $\epsilon_{31} = 0,29187055$.

Os resultados das elasticidades procura-preço próprias demonstram que a elevações dos preços dos *inputs* correspondem reduções das suas procuras e em particular no caso dos inputs intermédios importados, o que traduz, neste caso, um mercado bastante “price responsive”, confirmando o que já se disse a propósito da elasticidade de substituição própria deste mesmo factor; no caso das elasticidades procura-preço cruzada a elevações dos preços de alguns *inputs* correspondem quer reduções da procura do *input* cruzado - é o caso quando se eleva o preço do capital (trabalho) que se reduz a procura de mão-de-obra (capital), o que se explicará pela complementaridade trabalho-capital - quer aumentos da procura do *input* cruzado - é o caso quando se eleva o preço dos inputs intermédios importados, do capital e do trabalho cujos reflexos sobre a procura de trabalho, do capital e dos *inputs* intermédios, respectivamente, são de aumento; o reduzido valor das elasticidades procura-preço cruzadas permitem-nos afirmar que em geral a nossa economia não é muito “price-responsive” dependendo essa capacidade de resposta do binómio de *inputs* em causa.

A qualidade das regressões estimadas pelo método SURE é bastante boa porquanto os coeficientes de determinação da primeira e da segunda equações são, respectivamente, 89% e o 94% (coeficientes de determinação corrigidos de 82% e de 91%).

Analisada a questão da autocorrelação para ambas as equações obteve-se o valor de $d_1 = 1,95281$ para a primeira equação e o valor $d_2 = 2,376909$ para a segunda o que, comparado com os valores da tabela de Durbin-Watson com $k=3$ (variáveis explicativas por equação) e nível de significância de 5% - $d_L = 0,455$ e $d_U = 2,128$ -, nada nos permite concluir quanto a essa questão uma vez que em qualquer dos casos caiem em regiões inconclusivas.

Para analisar o efeito do progresso técnico sobre a procura dos factores, efeito esse dado pela evolução da taxa de crescimento da quota de custo do respectivo factor, vamos substituir, nas expressões respectivas, γ_{it} pelas suas estimativas e concluir em conformidade. Assim:

- Para o factor capital

$$\hat{b}_1 < 0$$

Este resultado, sendo sempre negativo uma vez que a quota de custo do capital é sempre positiva e o numerador é negativo para o período em análise, denota um progresso técnico *poupador* do *input* capital, situação que se deverá explicar pelas elevadas taxas de juro em vigor no período.

- Para o factor trabalho

$$\hat{b}_2 > 0$$

resultado que é sempre positivo uma vez que a quota de custo do trabalho e o numerador também o são, o que denota um progresso técnico utilizador ou gastador do *input* trabalho, conclusão que representa uma inversão em relação ao que acontecia e nos relata A. de Sousa nos anos 1953-1970. A justificação deste facto poderá ficar a dever-se por um lado à introdução dos contratos a prazo no mercado laboral português o que permitiu um maior recurso a este factor, por outro às já referidas taxas de juro (que tornavam difícil o recurso a novos investimentos mais capital-intensivos) e ainda à carência de divisas (necessárias para pagar as nossas importações quer de equipamentos quer de *inputs* intermédios importados) que na altura muito nos afligia.

- Para o factor identificado como *inputs* intermédios importados vem

$$\hat{b}_3 < 0$$

Esta inequação garante que o valor estimado é sempre negativo uma vez que a quota de custo dos *inputs* intermédios é sempre positiva e o numerador é negativo para o período em análise; denota um progresso técnico *mais poupador* dos *inputs* intermédios importados, situação a que não será certamente estranho o facto de durante o lapso de tempo em causa as reservas em ouro e divisas (com que as importações necessitam ser pagas) de Portugal serem escassas, ao encerramento de algumas unidades industriais que assim deixaram de ser consumidoras, à crise energética de finais dos anos setenta princípio dos anos oitenta e também a alguma inactividade do sector produtivo.

Seguindo um procedimento exactamente igual ao que se acaba de relatar mas agora para o segundo período referido e com os factores trabalho, capital e *inputs* energéticos importados vem:

- Para o factor capital:

$$\hat{q}_1 = 0,362424 - 0,04642 \ln \left(\frac{p_1}{p_3} \right) + 0,015685 \ln \left(\frac{p_2}{p_3} \right) + 0,004387T$$

· Para o factor trabalho:

$$\hat{\alpha}_2 = 0,536562 + 0,100773 \ln\left(\frac{p_1}{p_3}\right) - 0,04642 \ln\left(\frac{p_2}{p_3}\right) + 0,011819T$$

· Para os *inputs* energéticos importados:

$$\hat{\alpha}_3 = 0,101014, \quad \hat{\gamma}_{31} = -0,05435, \quad \hat{\gamma}_{32} = 0,030737, \quad \hat{\gamma}_{33} = -0,06534$$

$$\hat{\gamma}_{3t} = -0,01621.$$

O seguinte quadro dá-nos os valores das estimativas dos parâmetros estimados directamente e já antes referidos, os desvios padrões de cada um dos parâmetros e os valores que a estatística t toma na hipótese nula em que cada um dos parâmetros isoladamente considerado é nulo:

QUADRO Nº 8
QUADRO DAS ESTIMATIVAS E SUAS SIGNIFICÂNCIAS (PERÍODO 2)

Parâmetros	Estimativa	Desvio padrão	Valor de t
α_1	0,362424	0,13474	2,689801
γ_{1t}	0,004387	0,098327	0,044618*
γ_{11}	0,015685	0,723562	0,021677*
γ_{12}	-0,04642	0,520943	-0,08911*
α_2	0,536562	0,186703	2,873877
γ_{2t}	0,011819	0,07736	0,152776*
γ_{22}	0,100773	0,416642	0,241869*

Notas: o * identifica valores não significativos aos níveis de significância de 5%.

De notar que, de entre estes coeficientes estimados directamente, praticamente todos eles serem não significativos aos níveis de significância habituais (o que retira algum significado às conclusões extraídas a partir dos valores encontrados) se bem que as significâncias globais das regressões iniciais sejam significativas (n.s. 5%). A pouca significância dos parâmetros estimados precisa assim de ser convenientemente aprofundada, aprofundamento que poderá passar pela consideração de outras metodologias na confecção dos índices de preços, em especial dos dos inputs energéticos e do capital.

As expressões das elasticidades parciais de substituição de Allen proporcionaram os seguintes valores (médios) estimados para este período:

· Elasticidades de substituição próprias: $\sigma_{11} = -1,23654$, $\sigma_{22} = -0,58097$, $\sigma_{33} = -31,7874$ onde o 1 indica o capital, o 2 o trabalho e o 3 os inputs intermédios importados;

· Elasticidades médias de substituição cruzadas:

$$\sigma_{12}=0,787371, \sigma_{13}=2,142851, \sigma_{23}=-0,71823.$$

O primeiro grupo de valores mostra uma sensibilidade particular da elasticidade de substituição própria dos *inputs* energéticos importados com um valor absoluto de 31,79, situação que já não ocorre com tanta intensidade com o trabalho e do capital com 0,58 e 1,24, respectivamente.

O segundo grupo de valores garante-nos que na economia portuguesa, e durante o período 1980-89, os factores capital e trabalho, por um lado, e capital e energia, por outro, *são substituíveis*, embora em pequeno grau no primeiro caso e em maior grau no segundo (elasticidades 0,79 e 2,15, respectivamente). Este último valor corrobora as conclusões levadas a cabo por alguns autores segundo os quais estes dois factores são substituíveis na maior parte dos países da Europa, conclusão, que contraria a por nós próprios extraída em estudo anterior e com exactamente os mesmos dados¹⁷, dando assim razão a outros autores que afirmam que os valores encontrados para estas elasticidades vem influenciado pelo número de variáveis explicativas que se consideram (neste caso considerou-se a mais a variável T)). A elasticidade de substituição encontrada para o binómio trabalho-energia (-0,71) denota uma fraca complementaridade entre eles.

Deste grupo de valores se pode ainda concluir que os factores trabalho e capital são, na economia portuguesa, *substituíveis*, pelo que se escassear um deles pode substituir-se pelo outro sem prejuízo para a produção, que o capital e a energia importada podem igualmente *substituir-se* entre si e que trabalho e energia são *complementares*. Este último resultado contradiz aos resultados conhecidos (Manso, 1991), resultados que haviam permitido alinhar a economia portuguesa pela dos EUA e com a tese da complementaridade energia-capital de Berndt e Wood - ao contrário da maioria dos países da Europa Ocidental, levando agora ao alinhamento desta economia com a dos seus pares da União Europeia – *tese da substituíbilidade energia-capital*.

Como justificação para esta alteração apenas poderemos avançar a já avançada pela terceira *escola, a da conciliação*, segundo a qual, o facto de se considerar mais um ou menos um factor de produção e, acrescentamos nós, de se considerar a variável T como variável independente, pode introduzir alterações significativas nos resultados e nas conclusões extraídas. Estas alterações poderão eventualmen-

¹⁷ J. R. Pires Manso (1991) – “A Substituição entre Factores na Economia Portuguesa – Uma Aplicação da Função Translog Considerando a Energia como Factor de Produção Autónomo”, TM, ISEG, UTL, Lisboa

te ter alguma coisa a ver com a pouca significância de algumas estimativas dos parâmetros encontradas.

As expressões das elasticidades (médias) procura-preço permitem-nos encontrar os seguintes valores:

· Elasticidades procura-preço próprias: $\epsilon_{11} = -0,53275$, $\epsilon_{22} = -0,2944$, $\epsilon_{33} = -1,98429$ onde o 1 e o 2 continuam a indicar o capital e o trabalho, respectivamente, e o 3 a energia importada;

· Elasticidades procura-preço cruzadas:

$$\epsilon_{12} = 0,398989, \epsilon_{13} = 0,133765, \epsilon_{23} = -0,04483,$$

$$\epsilon_{21} = 0,339232, \epsilon_{31} = 0,923229 \text{ e } \epsilon_{32} = -0,36295.$$

Os resultados das elasticidades procura-preço próprias demonstram, como era de esperar, que a elevações (reduções) dos preços dos *inputs* correspondem reduções (elevações) das suas próprias procuras maiores em valor absoluto para a energia e pouco significativas para os outros dois factores; estes últimos valores, próximos de zero, demonstram que a economia portuguesa deste período é pouco “*price responsive*” no que diz respeito a estes dois inputs, sendo já mais reagente a variações dos preços da energia.

Os valores das elasticidades procura-preço cruzadas encontrados permitem-nos concluir que:

- a elevações dos preços do factor capital correspondem acréscimos da procura do factor trabalho e acréscimos do factor energia importada;
- a elevações dos preços do factor trabalho correspondem acréscimos da procura do factor capital; e decréscimos da procura do factor energia importada;
- a elevações dos preços do factor energia importada correspondem decréscimos da procura do factor trabalho; e acréscimos da procura do factor capital.

Os reduzidos valores encontrados para estas elasticidades exprimem, mais uma vez, a pouca resposta do nosso mercado a variações dos preços dos factores concorrentes.

A qualidade das regressões estimadas pelo método de Zellner para estimar modelos conhecidos como SURE não é tão boa como na obtida com os dados do primeiro período, se bem que, como já firmamos anteriormente, sejam significativas em termos estatísticos; os coeficientes de determinação das duas equações vêm iguais a 91,65% e 76,55%, respectivamente.

Analisando a questão da autocorrelação para ambas as equações obteve-se o

valor de $d_1 = 1,48$ para a equação da quota de custo do capital e o valor $d_2 = 1,80$ para a quota de custo do trabalho, valores que, comparados com os valores críticos fornecidos pela tabela de Durbin-Watson com $k=3$ (variáveis explicativas por equação) e nível de significância de 5% - $d_L = 0,525$ e $d_U = 2,016$ -, nada nos permitem concluir, quer num caso quer no outro, quanto a essa questão uma vez que em ambos os casos caem em regiões inconclusivas.

Para apreciar as características do progresso técnico ao longo desta década vamos substituir os valores de γ_{it} pelas suas estimativas para obter as expressões de b_i . Assim:

Para o factor capital: introduzindo na expressão respectiva o valor estimado do parâmetro γ_{1t} vem

$$\hat{b}_1 > 0$$

resultado que traduz, para o período em análise, um progresso técnico relativamente *utilizador* do *input* capital. Este facto tem que ver com as ainda elevadas (em termos nominais) taxas de juro mas baixas em termos reais, com o mais elevado, em termos relativos, preço do factor mão-de-obra, e ainda com as menores dificuldades em termos de disponibilidades em ouro e divisas para custear as nossas importações, dificuldades que já foram substancialmente abrandadas na fase final do período, altura em que já se passou a dispor das ajudas de pré e de adesão à União Europeia.

· Para o factor trabalho: introduzindo nesta expressão o valor estimado do parâmetro γ_{2t} vem

$$\hat{b}_2 > 0$$

resultado que denota um progresso técnico relativamente *utilizador* do *input* trabalho. A razão de ser deste facto poderá ter que ver com a entrada em vigor da lei dos contratos a prazo, lei que trouxe menor rigidez da legislação ao mercado do trabalho e com os baixos custos horários do trabalho relativamente a outros factores como a energia, por exemplo.

· Para o factor *inputs* intermédios importados: introduzindo nesta expressão o valor estimado do parâmetro γ_{3t} vem

$$\hat{b}_3 < 0$$

Esta expressão, negativa, demonstra que o progresso técnico tem sido *poupador* dos *inputs* energéticos importados, situação a que não será certamente estranho o facto de durante o lapso de tempo em causa esse progresso técnico associado a uma maior e melhor utilização dos factores trabalho e do equipamento disponível, factos que levaram a uma redução da utilização dos *inputs* energéticos; este

período caracterizava-se também por durante uma parte razoável do seu tempo o país ter falta de ouro e divisas com que custear as suas importações de *inputs* energéticos importados.

Vê-se assim, comparando as conclusões que agora extraímos com as expressas a propósito do primeiro período, que elas no geral são coincidentes, o que não admira face aos valores das taxas de juro (activas) de ambos os períodos, ao encerramento de diversas unidades industriais que não souberam adaptar-se às novas condições de mercado decorrentes do 25 de Abril - nomeadamente, perda dos mercados das ex-colónias e subida generalizada, logo em seguida, dos salários dos trabalhadores, à rigidez da estrutura produtiva, à escassez de ouro e divisas para pagar as importações, situação que tendeu a atenuar-se na fase final do segundo período com as transferências de verbas da ex-Comunidade Económica Europeia no âmbito das ajudas de pré-adesão de Portugal a esta comunidade económica.

De referir ainda que estas conclusões têm que ser tiradas com algum cuidado porquanto as variáveis usadas nos dois períodos não são cem por cento coincidentes, como acontece com o terceiro factor considerado, factor que foi os *inputs* intermédios importados, no primeiro período, e os *inputs* energéticos importados, no segundo; também os índices de preços usados, particularmente no caso deste terceiro factor, mas também no caso do capital, foram calculados de maneira diferente nos dois períodos, o que poderá provocar coeficientes tecnológicos e interpretações diferentes.

3. CONCLUSÕES

Em síntese pode dizer-se que a evolução tecnológica recente na economia portuguesa, uma economia periférica em relação à Europa, se caracterizou:

Por ser poupadora de capital na primeira parte do período – era a fase da escassez de ouro e divisas e de taxas de juro elevadas –, e gastadora deste input na fase seguinte; por ser utilizadora do input trabalho nos dois períodos, facto que tem que ver com a progressiva redução da rigidez da legislação do trabalho e com a entrada em vigor dos contratos de trabalho a prazo certo; por ser poupadora de importações (inputs intermédios ou energéticos importado), isto é, pela utilização mais racional dos recursos disponíveis – em ambos os períodos, circunstâncias que têm que ver igualmente com a escassez de ouro e divisas;

Pela complementaridade dos factores capital e trabalho, por um lado, e capital

e importações, por outro, e pela substituibilidade do trabalho e inputs intermédios importados – isto no primeiro período temporal; pela substituibilidade igualmente dos inputs capital e trabalho e capital e energia importada, e pela complementaridade – ainda que fraca – dos inputs trabalho e importações de energia;

Por um maior alinhamento da economia e da tecnologia portuguesa com as do resto da Europa no que diz respeito à substituibilidade capital-energia, contrariando, aliás, resultados obtidos em estudos anteriores; este maior alinhamento com a Europa e com a tese da substituibilidade capital-energia – alinhando assim, com a tese defendida entre outros por Gregory e Griffin e em contradição quer com a tese defendida por Berndt e Wood quer com resultados obtidos anteriormente para a mesma economia¹⁸ – tem que ser visto com algum cuidado porquanto alguns dos parâmetros estimados são pouco significativos, em termos estatísticos, apesar dos elevados valores dos coeficientes de determinação (normais e ajustados) e das elevadas significâncias globais das regressões realizadas, elementos que conjugados são sintoma, em geral, de multicolinearidade entre variáveis explicativas do modelo;

Pela pouca sensibilidade – medida pelas elasticidades de substituição e procura-preços próprias – da tecnologia utilizada face a variações dos próprios preços dos inputs capital e trabalho, e por alguma sensibilidade em relação a variações do preço dos inputs importados e dos inputs energéticos igualmente importados; estes factos permitem classificar a economia portuguesa como *pouco price-responsive* no caso dos inputs capital e trabalho e *price-responsive* no caso dos inputs intermédios e inputs energéticos importados, se bem que menor neste último caso; estas ilações mantêm-se nos dois períodos;

Que, medidos pelas elasticidades de substituição e procura-preço, a tecnologia usada e a economia têm sido pouco sensíveis a variações dos preços dos factores concorrentes se bem que as intensidades de reacção divirjam consoante o binómio de inputs em causa; esta ilação é comum aos dois períodos em estudo.

¹⁸ Parece, assim, confirmar-se o ponto de vista da escola conciliatória que entende que a complementaridade ou substituibilidade energia-capital numa economia pode ser alterada quando se consideram outros inputs.

4. BIBLIOGRAFIA

BERNDT, ERNST R. E WOOD, DAVID O. (1982) - "The Specification and Measurement of Technical Change in the U. S. Manufacturing" in Moroney (edt) "Advances in the Economics of Energy and Resources, Greenwich, Connecticut, Jai Press, v4.

BERNDT, ERNST R. E WOOD, DAVID O. (1985) - "Concavity and the Specification of Technical Change in the U. S. Manufacturing" in Fericeli e Lésourd (edts) "Energie: Modélisation et Econométrie", Actes du Colloque d'Aix-en-Provence, Economica, Paris, pp. 444-471.

BERNDT, ERNST R. E TRIPLETT, JACK E. (edts) (1990) - "Fifty Years of Economic Measurement - The Jubilee of the Conference on Research in Income and Wealth", National Bureau of Economic Research, v. 64.

CHRISTENSEN, LAURITS, R. DALE, W. JORGENSON E LAWRENCE W. LAU (1973) - "Transcendental Logarithmic Production Frontiers", Review of Economics of Statistics, 55(1), February, pp. 28-45.

DOWLING, EDWARD T. (1994) - "Cálculo para Economia, Gestão e Ciências Sociais", Schaum, McGraw-Hill de Portugal, Lda.

FAGAN, MARIE N. (1997) - "Resource Depletion and Technical Change on U. S. Crude Oil Findings Costs from 1977 to 1994", The Energy Journal, IAEE, v18, 4, pp.91-106.

FORBES, KEVIN E ERNST M. ZAMPELLI (1995) - "Technological Progress, Technical Efficiency and the Surch for Oil and Gas in the U. S. Onshore", Proceedings of 18th International Association for Energy Economics, International Conference, July 5, Washington D. C.

FRANK, ROBERT H. (1994) - "Microeconomia e Comportamento", McGraw-Hill de Portugal, Lda.

GUJARATI, DAMODAR N. (1995) - "Basic Econometrics", 3^a ed, Economic Series, McGraw-Hill International Editions.

JORGENSON, DALE W. (edt) (1995) - "Productivity - Postwar U. S. Economic Growth", v1, MIT Press, MIT, Cambridge, Massachussetts.

JORGENSON, DALE W. (edt) (1995) - "Productivity - International Comparisons of Economic Growth", v2, MIT Press, MIT, Cambridge, Massachussetts.

KREIJGER, R.G. (1980) - "Imports as a Factor of Production: The Substitution Characteristics of Labor, Capital and Material Inputs", Univ. de Amsterdão, Report AE/70.

MAKOTA OHTA (1974) - "A Note on the Duality Between Production and Cost Function: Rate of Returns to Scale and Rate of Technical Progress", Economics Studies Quarterly, v25,12,pp. 63-65.

MANSFIELD, E E MANSFIELD, E (1993) - "The Economics of Technical Change", The International Library of Critical Writings in Economics 31, Edward Elgar Publishing, Inc.

MANSO, J. R. PIRES (1991) - "A Substituição Entre Factores na Economia Portuguesa - Uma Aplicação da Função Translog Considerando a Energia um Factor de Produção Autónomo", T. M., ISEG, Lisboa.

MANSO, J. R. PIRES (1996) - "A Dinâmica Estrutural e a Substituição Interfactorial e Interenergética - Metodologia de Análise e Aplicação à Substituição entre Energias em Portugal", T.D., ISEG, Lisboa.

MANSO, J. R. PIRES (1997) - "Complementos de Econometria: O Modelo de Equações Aparentemente Não Relacionadas (Apontamentos)", texto policopiado destinado aos alunos dos Mestrados em C. Económicas e Gestão, UBI.

MANSO, J. R. PIRES (1998) - "Curso de Econometria", UBI, Covilhã.

MANSO, J. R. PIREs (1998) - "Trajectórias Tecnológicas E Funções De Produção - Aspectos Metodológicos E Aplicação", Revista de Estatística, 1º quadrimestre, INE, 1998.

MARTINS, ÁLVARO G. (1993) - "Lição Síntese: A Tarificação do Gás Natural", Provas para Obtenção do Título de Agregado, (Disciplina: Economia de Energia), ISEG, UTL.

MARTINS, ÁLVARO G. (1993) - "Relatório da Disciplina de Economia de Energia", Provas para Obtenção do Título de Agregado, ISEG, UTL.

MORONEY, J. R. E J. M. TRAPANI (1981) - "Alternative Models of Substitution and Technical Change in Natural Resource Intensive Industries" in Ernst R. Berndt e Barry C. Field "Modeling and Measuring Natural Resource Substitution", Cambridge, Massachusetts, MIT Press.

NORSWORTHY E JANG, S. L. (1992) - "Empirical Measurement and Analysis of Productivity and Technological Change - Applications in High-Technology and Services Industries", Contribution to Economic Analysis, North Holland.

SOUSA, ALFREDO DE (1970) - "As Funções de Produção Cobb-Douglas na Indústria Transformadora Portuguesa", Centro de Estudos de Planeamento, nº 2, Lisboa.

SOUSA, ALFREDO DE (1977) - "As Funções de Produção CES na Indústria Transformadora Portuguesa", Economia, v.1, 1, 01/77, Lisboa.

VILARES, M. JOSÉ (1989) - "Os Bens Intermédios Importados Como Factor de Produção - Aplicação à Economia Portuguesa", in Sousa *et alii* "Nova Economia Portuguesa - Estudos em Homenagem a António Manuel Pinto Barbosa", Univ. Nova de Lisboa, pp. 499-539.