

SOLOW OU THIRLWALL: QUAL DAS DUAS ABORDAGENS É MAIS ADEQUADA PARA EXPLICAR O CRESCIMENTO DO REINO UNIDO NO PERÍODO RECENTE.

SOLOW OR THIRLWALL: WHICH OF THE TWO APPROACHES IS MORE SUITABLE TO EXPLAIN THE GROWTH OF THE UNITED KINGDOM IN THE RECENT PERIOD.

EDUARDO ROCHA DANTAS

Bacharel em Economia pela Universidade Católica de Brasília.
eduardodantas095@gmail.com

MATHEUS SILVA DE PAIVA

Professor do Mestrado em Governança, Tecnologia e Inovação.
Universidade Católica de Brasília.
matheus.paiva@ucb.br

RESUMO

O trabalho possui um objetivo principal, qual seja, verificar qual teoria de crescimento econômico melhor explica a evolução do PIB per capita do Reino Unido entre os anos de 1981 e 2016. Através da base de dados do Banco Mundial, foi possível calcular a taxa de crescimento segundo o modelo de Solow com progresso técnico (1957) e estimar econometricamente as elasticidades-renda necessárias para a obtenção da taxa de crescimento econômico, segundo o modelo de Thirlwall (1979). Pode-se observar que no período entre 1981 e 2016, ao comparar os erros-absolutos das taxas, o modelo de Thirlwall foi mais preciso na previsão da taxa de crescimento do PIB per capita do Reino Unido.

PALAVRAS-CHAVE: Desenvolvimento; Modelo de Solow; Progresso Técnico; Modelo de Thirlwall; Reino Unido.

ABSTRACT

The main objective of the study is to verify which theory of economic growth best explains the evolution of GDP per capita in the United Kingdom between 1981 and 2016. Through the World Bank database, it was possible to calculate the growth model according to Solow's model with technical progress (1957) and to econometric estimate the income elasticities necessary to obtain the economic growth rate, according to Thirlwall's (1979) model. It can be observed that in the period between 1981 and 2016, when comparing the absolute errors of the rates, the Thirlwall's model was more accurate in predicting the per capita GDP growth rate of the United Kingdom.

KEYWORDS: *Development; Solow Growth Model; Technological Progress; Thirlwall Growth Model; United Kingdom.*

INTRODUÇÃO

As diferenças entre os países, principalmente aquelas que dizem respeito ao desempenho das economias, é assunto de investigação dos economistas há muito tempo. Essa agenda de pesquisa gerou trabalhos seminais, como o “An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations” de Adam Smith e a alcunha da teoria de crescimento, “a ciência lúgubre”, graças às previsões nada precisas de Thomas Malthus (JONES, 2000, p. 1).

Para Acemoglu (2008, p. 8), não há dúvidas de que a diferença de renda per capita entre as nações seja algo extremamente valioso em se pesquisar. Os níveis de renda refletem o padrão de vida, de forma que os países com altas taxas de crescimento desfrutam de um padrão de vida elevado (ACEMOGLU, 2008, p. 8). O mesmo autor vai além dessa explicação e afirma que entender como alguns países podem ser tão pobres e outros tão ricos é o mais importante desafio das ciências sociais (ACEMOGLU, 2008, p. 10).

O impacto do crescimento no padrão de vida das pessoas já foi bem estudado, mas existem outros motivos para investigar esses assuntos, quais sejam, as diferenças que estão sendo discutidas têm grandes consequências no bem-estar e o conhecimento adquirido sobre esse assunto pode revelar como as economias funcionam, como são organizadas e como elas falham (ACEMOGLU, 2008, p. 8).

Um exemplo de como o desempenho das nações diferem pode ser observado por dados coletados em 2016. Nesse ano, a Alemanha apresentou um Produto Interno Bruto (PIB) per capita, ajustado pela Paridade do Poder de Compra (PPC) de \$48.860,50. A República Centro-Africana, no mesmo ano, obteve o PIB por trabalhador de \$698,70 (THE WORLD BANK, 2018).

O exemplo dado no parágrafo anterior é uma ilustração do por que o estudo da teoria do crescimento e desenvolvimento é crucial. O exame dessa temática, por parte dos economistas, é normalmente realizado com a criação de modelos e uma simplificação da realidade (VARIAN, 2016, p. 1), que visam à extração de informações e a inferência de conclusões sobre o tema.

Este trabalho analisa dois modelos de crescimento econômico e verifica qual é o mais preciso ao explicar a taxa de crescimento do PIB per capita do Reino Unido entre 1981 e 2016. O primeiro modelo a ser abordado será o Modelo de Solow com progresso técnico, suas

hipóteses simplificadoras, equações e conceitos. A mesma coisa é feita para a abordagem heterodoxa do assunto, O modelo de Thirlwall.

Este trabalho está dividido em 4 partes. A primeira tratará da explicação dos modelos de crescimento; a segunda versa sobre a metodologia econométrica; a terceira parte expõe os resultados dos cálculos e estimações e a quarta parte conclui o estudo.

1 – ABORDAGEM ORTODOXA – MODELO DE SOLOW COM PROGRESSO TÉCNICO

O conteúdo deste tópico será dedicado à explicação das variáveis, funções fundamentais e dos conceitos do modelo de Solow com progresso técnico.

Robert Merton Solow publicou o “A Contribution to the Theory of Economic Growth”, que foi muito bem recebido pela academia. Foi esse trabalho que iniciou a moderna discussão sobre o crescimento pelos estudiosos da área de macroeconomia (JONES, 2000, p. 1) e é considerado, por David Romer, como a base da vasta análise de crescimento e, por essa razão, deve ser bem compreendida para entender as demais teorias (ROMER, 1996, p. 6).

A simplicidade do modelo é uma característica marcante, pois retira muitas das complicações do mundo real, como indivíduos com funções diferentes e os diversos setores, apresentando uma economia simples (ACEMOGLU, 2008, p. 38).

A explicação dos fenômenos pode ser feita através da adoção de modelos, que são representações matemáticas simplificadas dos fenômenos da economia (VARIAN, 2016, p. 1). Os modelos adotam hipóteses simplificadoras para facilitar a análise econômica, bem como remover da análise aspectos irrelevantes. Solow fez algumas simplificações do mundo real para entender a razão da diferença de renda entre as nações. Entre elas está a hipótese de existência de apenas um setor econômico e de apenas um produto. Além disso, a economia no modelo de Solow é fechada, isto é, não realiza trocas com outros países (JONES, 2000, p. 16). Além dessas, as firmas operam em um mercado perfeitamente competitivo, possuem a mesma tecnologia e são tomadoras de preços para os fatores de produção e do bem final (JONES, 2000, p. 18).

O processo de produção, dada a tecnologia, é a combinação de insumos para que se tenha o bem final. A função de produção determina como o estoque de capital físico (K) e o número de trabalhadores (L) são utilizados para a obtenção do produto. A equação utilizada

nesse modelo é do tipo Cobb-Douglas (MANKIW, ROMER, WEIL, 1992, p. 409) e possui a seguinte forma:

$$Y = F(K, L) = K^\alpha (AL)^{1-\alpha} \quad (1)$$

Em que α é um número entre 0 e 1.

Essa expressão possui uma condição chamada rendimentos constantes de escala: o produto dobra quando a duplicação de todos os insumos ocorre (PINDYCK, RUBINFELD, 2013, p. 213):

$$(zK)^\alpha (zAL)^{1-\alpha} = z^\alpha z^{1-\alpha} K^\alpha AL^{1-\alpha} = zK^\alpha AL^{1-\alpha} = zY \quad (2)$$

O fator de produção K é remunerado com um aluguel, r , e o trabalhador recebe um salário, w . As firmas tentam maximizar o lucro de acordo com a seguinte equação:

$$\Pi = K^\alpha (AL)^{1-\alpha} - rK - wL \quad (3)$$

O modelo de Solow (1956) sem progresso técnico faz com que a taxa de crescimento econômico per capita seja zero no estado estacionário. Não existe variação do estoque de capital no estado estacionário, logo a taxa de crescimento do produto per capita é zero, $\frac{\dot{y}}{y} = 0$. Para evitar esse tipo de conclusão, que não encontra respaldo empírico, é necessária a inclusão da variável tecnológica, A . (JONES, 2000, p. 29).

O progresso técnico é definido da seguinte forma (MANKIW, 2015, p. 333):

$$\frac{\dot{A}}{A} = g \leftrightarrow A = A_0 e^{gt} \quad (4)$$

A função de produção será transformada para expressar o produto per capita. Há duas razões para utilizar esse indicador, quais sejam, é comum encontrá-lo em modelos de crescimento e é uma medida que possui alta correlação com outros indicadores de qualidade de vida (JONES, 2000, p. 3):

$$y = k^\alpha A^{1-\alpha} \quad (5)$$

Com a função de produção por trabalhador é possível encontrar a taxa de crescimento do produto per capita em qualquer instante:

$$\frac{\dot{y}}{y} = \alpha \frac{\dot{k}}{k} + (1 - \alpha) \frac{\dot{A}}{A} \quad (6)$$

Uma situação denominada trajetória de crescimento equilibrado acontece quando o capital, o produto e o consumo crescem à mesma taxa. É possível demonstrar essa situação a partir da equação de acumulação de capital, apresentada abaixo:

$$\frac{\dot{k}}{k} = s \frac{y}{k} - (d + n) \quad (7)$$

A taxa de capital por trabalhador será constante quando $\frac{\dot{y}}{y} = \frac{\dot{k}}{k}$:

$$\frac{\dot{y}}{y} = \alpha \frac{\dot{y}}{y} + (1 - \alpha)g \quad (8)$$

$$\frac{\dot{y}}{y} = g \quad (9)$$

A taxa de crescimento do produto por trabalhador será chamada de g_y e a taxa $\frac{\dot{k}}{k}$ de g_k .

O resultado da substituição dessa relação na equação (6) é:

$$g_y = g_k = g \quad (10)$$

É perceptível, com a adição da tecnologia no modelo, que a razão capital-trabalho não é mais constante no longo prazo, sendo definida da seguinte forma:

$$\tilde{k} \equiv \frac{K}{AL} \equiv \frac{k}{A} \quad (11)$$

Essa expressão é chamada de razão capital-tecnologia e é constante ao longo da trajetória de crescimento equilibrado, pois $g_k = g_A = g$.

Escrevendo a função de produção em termos de \tilde{k} :

$$\tilde{y} = \tilde{k}^\alpha \quad (12)$$

Na qual a razão produto-tecnologia é descrita por $\tilde{y} \equiv \frac{Y}{AL} \equiv \frac{y}{A}$. O próximo passo é reescrever a equação do capital por trabalhador com a nova variável:

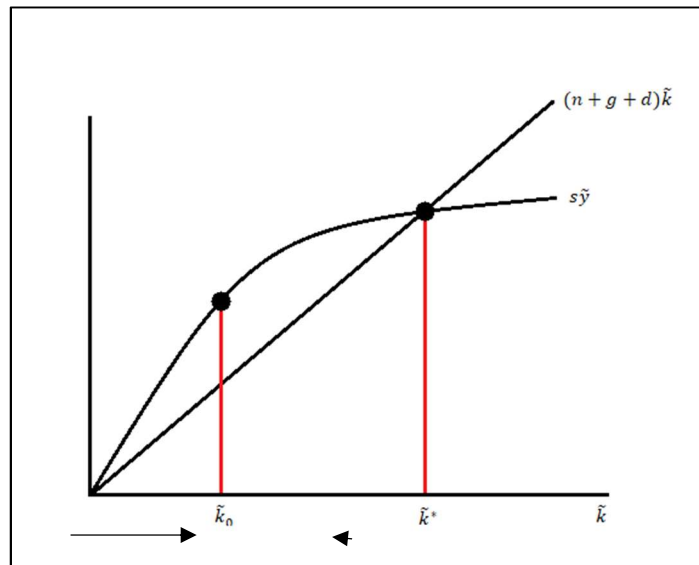
$$\frac{\dot{\tilde{k}}}{\tilde{k}} = \frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{A}}{A} - \frac{\dot{L}}{L} \quad (13)$$

O resultado da combinação entre a equação (13) e a função de acumulação de acumulação de capital é:

$$\dot{\tilde{k}} = s\tilde{y} - (n + g + d)\tilde{k} \quad (14)$$

É possível responder como a economia reage - com um estoque de capital inicial \tilde{k}_0 , as taxas de investimento, de crescimento populacional e de depreciação - às mudanças na quantidade de capital. A análise dessas questões é feita através de um gráfico chamado diagrama de Solow.

O diagrama é composto por duas curvas, a primeira representa o montante de investimento per capita, $s\tilde{y} = s\tilde{k}^\alpha$. A segunda curva, $(n + g + d)\tilde{k}$, reproduz a depreciação do maquinário. O Gráfico 1 mostra três situações para uma economia. Se o k for menor que o \tilde{k}^* , é constatado um aprofundamento do capital, o montante do investimento é maior que a depreciação do capital e o k vai em direção ao \tilde{k}^* . O k pode ser maior do que o \tilde{k}^* . Nessa situação o desgaste das máquinas é superior ao investimento e é observado um alargamento do capital. A terceira possibilidade é a igualdade das duas parcelas, na qual o investimento compensa a depreciação e o crescimento populacional e $\dot{\tilde{k}} = 0$. O ponto de intercessão entre as duas curvas é chamado de estado estacionário.

Gráfico 1 - Modelo de Solow com Tecnologia

Fonte: Elaboração própria

O estado estacionário é caracterizado pela condição $\dot{\tilde{k}} = 0$ (MANKIWI, 1995, P. 276). O valor de k no ponto de igualdade entre as suas parcelas é encontrado quando a função de produção e a condição $\dot{\tilde{k}} = 0$ são utilizadas:

$$\tilde{k}^* = \left(\frac{s}{n+g+d}\right)^{1/(1-\alpha)} \quad (15)$$

Substituindo a equação (22) na função de produção:

$$y = k^\alpha A^{1-\alpha} \quad (16)$$

$$y = A\left(\frac{k}{A}\right)^\alpha \quad (17)$$

$$y = A\left(\frac{s}{n+g+d}\right)^{\alpha/(1-\alpha)} \quad (18)$$

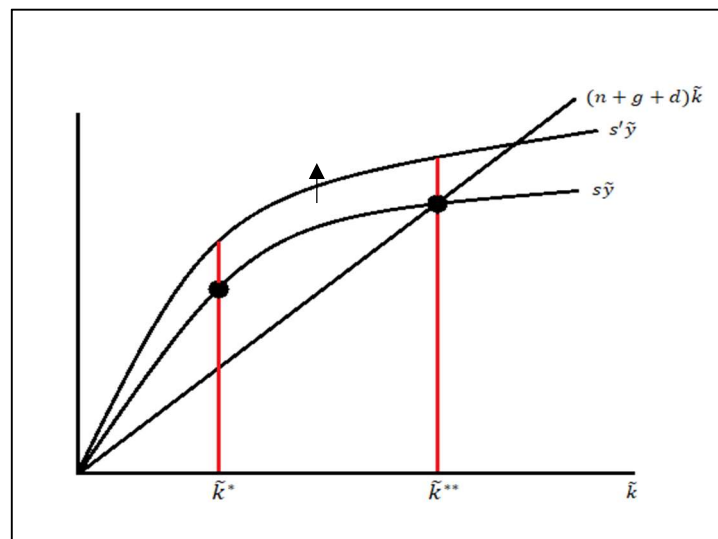
As implicações para o produto por trabalhador podem ser vistas por uma alteração na expressão anterior:

$$y^*(t) = A(t) \left(\frac{s}{n+g+d} \right)^{\alpha/(1-\alpha)} \quad (19)$$

As variáveis exógenas “taxa de poupança” e “taxa de crescimento populacional” possuem efeitos de nível no produto por trabalhador, isto é, podem deslocar o produto, mas não alteram a taxa de crescimento dessa variável.

O Gráfico 2 apresenta o efeito de um aumento na taxa de poupança de uma economia, de s para s' . Repare que, nesse caso, aumenta-se o estoque de capital por trabalhador no estado estacionário.

Gráfico 2 - Modelo de Solow com tecnologia - Estática comparativa.



Fonte: Elaboração própria

Este tópico apresentou uma breve revisão sobre o modelo de Solow.

2 – ABORDAGEM HETERODOXA – MODELO DE THIRLWALL

Neste tópico serão apresentadas as equações e conceitos do modelo de Anthony Thirlwall.

Os cientistas neoclássicos tratavam a questão da diferença das taxas de crescimento entre os países do globo pelo lado da oferta e com o auxílio de duas equações: a função de produção e a equação de acumulação do capital. Por outro lado, a abordagem padrão da teoria

neoclássica era interessante, mas não respondia o porquê as taxas de crescimento entre os Estados diferirem (THIRLWALL, 1979, p. 1).

Os Keynesianos acreditam que a economia é liderada pela demanda e que a oferta acompanha os movimentos da primeira. A consequência dessa afirmação é que as taxas de crescimento são distintas entre as nações porque as taxas de crescimento da demanda são diferentes (THIRLWALL, 1979, p. 1). Observando que a resposta dos Keynesianos não era completamente satisfatória, Thirlwall desenvolveu um modelo econômico para explicar o crescimento, baseando-se na demanda por exportações, por importações e no Balanço de Pagamentos, doravante BP.

Luciano Nakabashi, em seu trabalho “Thirlwall ou Solow? Uma análise para a economia brasileira entre 1947 e 2008”, observa que alguns economistas estão confrontando o saldo da balança comercial e de serviços com o crescimento econômico (NAKABASHI, 2012, p. 559). Essa relação, Lei de Thirlwall, defende que o setor exportador deve possuir uma alta elasticidade-renda das exportações para que haja a ocorrência de altos níveis de crescimento e investimento (NAKABASHI, 2012, p. 560).

Segundo Thirlwall, fortes restrições no crescimento econômico poderiam ser resultado do comportamento do BP, mais especificamente as exportações (VERGOLINO et al., 2000, p. 853). A relevância do BP pode ser facilmente visualizada com um exemplo: Uma nação que enfrenta dificuldades em seu balanço de pagamentos ao expandir a demanda, antes que a taxa de crescimento de curto prazo seja alcançada, passará por reduções na demanda e investimento, o progresso tecnológico é freado e os produtos nacionais se tornam menos atrativos do que os estrangeiros, piorando a situação do BP e criando um ciclo vicioso (THIRLWALL, 1979, 430). A capacidade produtiva de um país é importante; se ele aumentar a demanda até esse nível e não houver prejuízos em seu BP, a economia pode observar aumentos em sua taxa de crescimento (THIRLWALL, 1979, p. 430). Possíveis razões para essa elevação podem ser: a expansão da oferta de trabalho, o estímulo ao investimento, a transferência dos fatores de produção de um setor pouco produtivo para um setor com produtividade elevada (THIRLWALL, 1979, p. 430).

O modelo de Thirlwall (1979) define que o BP está em equilíbrio. Essa suposição pode ser expressa em uma equação, medida em moeda doméstica:

$$P_{dt}X_t = P_{ft}M_tE_t \quad (20)$$

O valor de “X” significa a quantidade de exportações; o preço das exportações em moeda doméstica é P_d ; P_f é o preço dos produtos importados em moeda estrangeira; o montante de importações é representado por “M”; a taxa de câmbio nominal é “E”, e “t” corresponde ao tempo (THIRLWALL, 2011, p. 322).

Dada a condição para que o BP esteja em equilíbrio, pode derivar a equação (20) em relação ao tempo para encontrar o BP equilibrado em termos de taxas de crescimento (HALICIOGLU, 2012, p. 4):

$$P_{dt} + x_t = p_{ft} + m_t + e_t \quad (21)$$

A expressão que descreve a demanda por importações é:

$$M_t = (P_{ft} E_t)^\Psi P_{dt}^\Phi Y_t^\pi \quad (22)$$

Em que Ψ é a elasticidade-preço da demanda por importados ($\Psi < 0$); Φ é a elasticidade-preço da demanda por importações cruzada ($\Phi > 0$); Y é a renda doméstica e π é a elasticidade-renda da demanda por importações ($\pi > 0$).

A taxa de crescimento das importações é (SETTERFIELD, 2011, p. 398):

$$m_t = \Psi(p_{ft}) + \Psi(e_t) + \Phi(p_{dt}) + \pi(y_t) \quad (23)$$

A demanda por exportação é definida pela seguinte equação:

$$X_t = \left(\frac{P_{dt}}{E_t}\right)^\eta P_{ft}^\delta Z_t^\epsilon \quad (24)$$

Na qual X_t é a quantidade de exportações; a fração $\frac{1}{E_t}$ é o preço da moeda estrangeira em valores da moeda doméstica; P_{dt} e P_{ft} são os preços dos bens em moeda doméstica e estrangeira, respectivamente; A letra “Z” representa a renda mundial; η é a elasticidade preço da demanda das exportações ($\eta < 0$); δ é a elasticidade-cruzada da demanda por exportações

($\delta > 0$); A elasticidade-renda da demanda é um valor maior que zero e é retratada pela letra grega ε (THIRLWALL, 1979, p. 431).

A equação das exportações passa pelo mesmo procedimento para a obtenção das taxas, aplicação de logaritmos e, em seguida, a derivação dos itens da equação. Após a execução dos métodos, obtém-se a taxa de crescimento das exportações; as letras minúsculas são as taxas:

$$x_t = \eta P_{dt} - \eta e_t + \delta P_{ft} + \varepsilon z_t \quad (25)$$

As equações (23) e (25) são substituídas na expressão do BP para a obtenção da taxa de crescimento da renda no equilíbrio de longo prazo:

$$yB_t = \frac{P_{dt}(1 + \eta - \Phi) - P_{ft}(1 - \delta + \Psi) - e_t(1 + \eta + \Psi) + \varepsilon(z_t)}{\pi} \quad (26)$$

Algumas informações podem ser retiradas da função (26) (SILVEIRA et al., 2017, p. 4):

1. A taxa yB_t reduz com o crescimento dos preços domésticos, se $|\eta + \Phi > 1|$;
2. A taxa yB_t aumenta com a elevação dos preços internacionais se a soma da elasticidade-preço cruzada da demanda por exportações com elasticidade-preço da demanda por importados for maior que uma unidade, $|\delta + \Psi > 1|$;
3. A desvalorização da moeda doméstica eleva o valor da taxa de crescimento do balanço de pagamentos no equilíbrio se a soma das elasticidades da demanda por exportações e importações for maior do que uma unidade em valor absoluto $|\eta + \Psi > 1|$. Uma observação feita por Thirlwall diz respeito à taxa yB_t : a desvalorização não eleva a taxa de crescimento do balanço de pagamentos no equilíbrio para sempre, é necessária uma desvalorização contínua da moeda em períodos sucessivos, pois o nível de yB_t volta para o ponto inicial após a primeira mudança de valor de P_{dt} (THIRLWALL, 1979);
4. A taxa de crescimento do balanço de pagamentos no equilíbrio acompanha o crescimento da renda mundial, Z ;
5. A elasticidade-renda da demanda por importações π reduz yB_t .

Thirlwall fez uma simplificação na equação (26) ao assumir as relações das elasticidades, $\Phi = \Psi$ e $\eta = \delta$. Os valores indicados fazem com que as elasticidades-preço se igualem às elasticidades-preço cruzadas. Duas condições são possíveis para reduzir ainda mais a equação da taxa de crescimento do balanço de pagamentos no equilíbrio: a observação

da condição de Marshall-Lerner ou a estabilidade dos preços no longo prazo (VIEIRA, HOLLAND, 2008, p. 27). A expressão recebe a seguinte forma:

$$yB_t = \frac{x_t}{\pi} \quad (27)$$

A interpretação da expressão matemática (27) é de que a taxa de crescimento do balanço de pagamentos no equilíbrio é igual à ponderação da taxa de crescimento das exportações com a elasticidade-renda das importações (VERGOLINO et al., 2000, p. 854).

Boas aproximações podem ser feitas com a aplicação do novo formato da equação (27) com os dados das economias dos países e uma explicação do por que as nações possuem taxas de crescimento diferentes (THIRLWALL, 1979, p. 434).

3 – METODOLOGIA ECONÔMETRICA E BASE DE DADOS

O termo “medição econômica” expressa o sentido literal da Econometria. Segundo Gujarati (2011, p. 25), a medição é uma parte importante da Econometria, mas possui um objetivo maior do que a simples mensuração econômica. Samuelson, Koopmans e Stone (SAMUELSON; KOOPSMANS e STONE, 1954, p. 141), definem a Econometria como a análise quantitativa voltada para os fenômenos econômicos, baseada na evolução da teoria e da observação, combinada ao uso de métodos inferenciais adequados.

Os dados utilizados para o cálculo da taxa de crescimento, segundo o modelo de Solow, e a estimação econométrica (Mínimos Quadrados Ordinários) dos parâmetros das funções de exportação e importação, segundo o modelo de Thirlwall, foram coletados do banco de dados do Banco Mundial, WDI: <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators>.

Tabela 1 - Definição das variáveis.

| CÓDIGO DA VARIÁVEL | NOME DA VARIÁVEL | FONTE |
|--------------------|---|----------------------|
| GVA | Valor adicionado bruto a custo de fator (US\$ 2010 constante) | Base de dados do WDI |
| PEA | População entre 15 – 64 anos | Base de dados do WDI |
| GVA/PEA | Valor adicionado per capita | Base de dados do WDI |

| | | |
|---------|---|----------------------|
| GPRODUK | Produtividade do Reino Unido | Base de dados do WDI |
| GDP_W | Crescimento do PIB mundial (anual %) | Base de dados do WDI |
| GDP_UK | Crescimento do PIB do Reino Unido (anual %) | Base de dados do WDI |
| EXP_UK | Exportações de bens e serviços (anual % crescimento) | Base de dados do WDI |
| IMP_UK | Importações de bens e serviços (anual % crescimento) | Base de dados do WDI |
| CAM_UK | Taxa de câmbio real efetivo (2010 = 100) | Base de dados do WDI |

Fonte: Elaboração própria.

É necessária a satisfação de três condições para que haja a presença de um processo estocástico estacionário: I) não possuir heterocedasticidade, II) apresentar média constante no tempo e III) uma variável deve apresentar uma autocorrelação dependente do intervalo de tempo em que os valores foram coletados e não do próprio tempo (PAIVA, 2015).

O teste de Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) de raiz unitária foi utilizado para determinar se as variáveis são estacionárias. A construção do teste KPSS, proposto por Denis Kwiatkowski, Peter C. B. Phillips, Peter Schmidt e Yongcheol Shin, é feita pela decomposição de uma variável y (ANDRADE, 2001, p. 42). A expressão matemática (28) ilustra a decomposição da variável y :

$$y_t = \beta_t + r_t + \mu_t \quad (28)$$

Na qual r simboliza um passeio aleatório, o componente estacionário é descrito por μ e a tendência é retratada por t .

O valor da estatística KPSS foi computado após derivações matemáticas e pode ser descrito deste modo:

$$KPSS = \frac{\sum_{t=1}^T s_t^2}{T^2 \hat{\sigma}^2} \quad (29)$$

Em que o estimador eficiente de Newey-west é representado por $\hat{\sigma}^2$.

Para interpretar os resultados do teste KPSS, toma-se como hipótese nula a estacionariedade da série e como hipótese alternativa a presença de raiz unitária na variável. Se o módulo do KPSS calculado for menor do que o módulo do KPSS crítico, a série é estacionária.

A tabela 2 (ver Apêndice A) ilustra os resultados do teste KPSS para as variáveis usadas na estimação das equações de exportação e importação do modelo de Thirlwall.

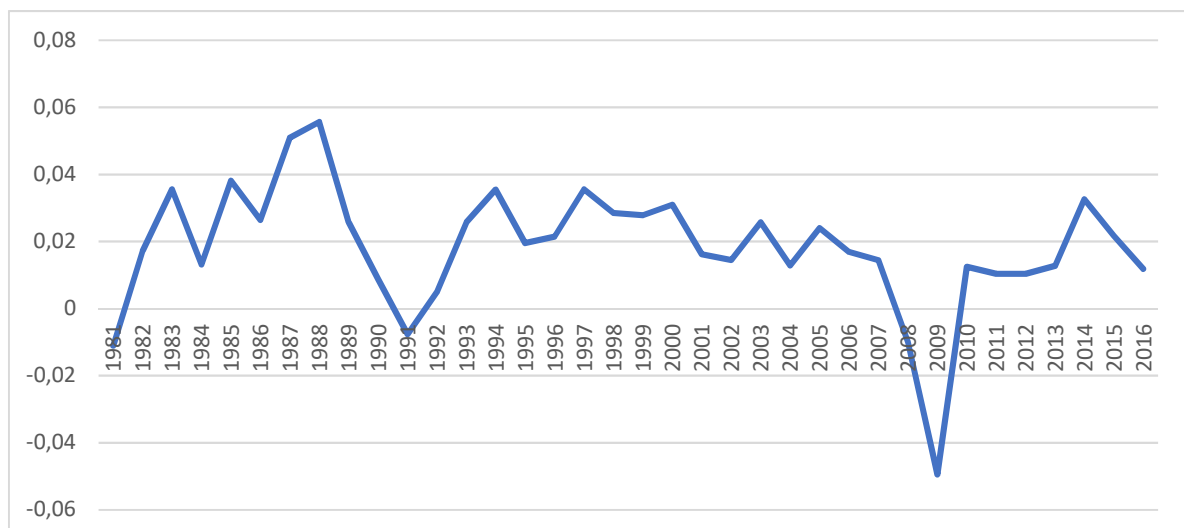
4 – RESULTADOS

4.1 – MODELO DE SOLOW

A taxa de crescimento da produtividade do trabalho, g , foi calculada com a utilização de três variáveis: o valor adicionado bruto a custo de fator, a população com idades entre 15 a 64 anos e o valor adicionado bruto a custo de fator per capita (GVA/PEA), obtido através da divisão entre as duas primeiras séries. Para encontrar a taxa de crescimento é necessário fazer duas operações, a diferença entre os valores adicionados per capita em t e $t-1$ e a divisão do resultado pelo valor do GVA/PEA de $t-1$ (PAIVA, 2015).

O Gráfico 3 mostra a taxa de crescimento da produtividade do trabalho (%) no período compreendido pelos anos de 1981 e 2016.

Gráfico 3 - Taxa de crescimento da produtividade do trabalho (%).



Fonte: Elaboração própria.

Sabe-se que no estado estacionário, o crescimento econômico per capita é igual ao crescimento do progresso técnico. Como o progresso técnico no modelo de Solow é

usualmente poupador de mão-de-obra, à medida em que ele aumenta, aumenta também a produtividade do trabalho. Nesse sentido, a taxa de crescimento da produtividade do trabalho equivale à taxa de crescimento econômico per capita (no estado estacionário), à luz da Teoria de Crescimento de Solow.

Nesse aspecto, o Gráfico 3 apresenta a previsão dessa teoria para o crescimento do Reino Unido entre os anos de 1981 e 2016.

4.2 – MODELO DE THIRLWALL

A taxa de crescimento do produto per capita do Reino Unido foi encontrada através da estimação de duas regressões: a regressão das exportações de bens e serviços e a de importações de bens e serviços.

O objetivo da estimação das regressões de exportação e importação é a determinação das elasticidades necessárias para o cálculo da taxa de crescimento do produto per capita. A equação (27) pode ser reescrita da seguinte maneira:

$$\hat{y}_t = \frac{\varepsilon}{\pi} \hat{z}_t \quad (30)$$

Em que \hat{y}_t é o crescimento calculado, ε é o coeficiente da renda do mundo retirado da regressão de exportação, π representa o coeficiente da renda do Reino Unido estimado na regressão de importação e \hat{z}_t é o GDP_UK observado.

A primeira equação econométrica a ser estimada é a regressão de exportações de bens e serviços. O objetivo dessa estimação é encontrar a elasticidade-renda do PIB mundial, ε . A regressão que será estimada pode ser observada na equação (31):

$$\widehat{EXP_UK} = \widehat{constante} + \widehat{\varphi}_2 * CAM_UK + \hat{\varepsilon} * GDP_UK + u_i \quad (31)$$

Na qual $\widehat{EXP_UK}$ é a variável dependente da regressão, CAM_UK é a primeira variável independente e GDP_W a segunda variável independente do modelo. A regressão estimou três betas: a constante, a elasticidade do câmbio do Reino Unido e a elasticidade-renda do PIB mundial. O valor da elasticidade ε foi 2,04235.

A tabela 3 resume os resultados da estimação por MQO da regressão de exportações de bens e serviços.

Tabela 3 - Resultado da estimação - Variável dependente: Exportações de bens e serviços.

| VARIÁVEL | MQO |
|-----------------|---------------------------|
| CAM_UK | -0,0251665 (0,0483811) |
| GDP_W | 2,04235 *** (0,359579) |
| CONSTANTE | 0,891241 (6,2187) |
| R2 | 0,440301 |
| R2 ajustado | 0,406380 |
| DURBIN - WATSON | 1,680071 |

Fonte: Elaboração própria

(1) Erros-padrões robustos entre parênteses.

(2) * significante a 10%; ** significante a 5%; *** significante a 1%.

A Tabela 3 mostra o resultado da aplicação do Método do Mínimos Quadrados na estimação da regressão de exportação de bens e serviços.

O coeficiente do GDP_W indica que uma variação de 1 unidade no Produto Interno Bruto mundial gera, em média, uma variação de 2,04 nas exportações de bens e serviços. A qualidade do ajustamento de uma regressão ou o nível de adequação de uma linha de regressão pode ser inferido da estatística R2. O R2, na regressão em análise, demonstra que o GDP_W explica 44% das exportações (GUJARATI, 2011, p. 101).

Para verificar a presença ou não da autocorrelação na regressão, foi empregado o teste Breusch-Godfrey (BG). A hipótese nula do teste BG é a de ausência de autocorrelação serial, enquanto a hipótese alternativa indica a presença de autocorrelação. Se a estatística do teste BG for superior a 5% ou 0,05, o modelo não é influenciado pela autocorrelação serial (PAIVA, 2015).

A heterocedasticidade é um dos problemas que podem ser observados em uma regressão. Para averiguar a existência desse problema foi aplicado o teste de White. Analogamente ao teste BG, se a estatística do teste for maior que 5%, pode-se dizer que o modelo é homocedástico ou todos os níveis possuem a mesma variância (MORETTIN, 2017, p. 455). Os resultados dos testes BG e de White estão plotados na Tabela 4 (Ver Apêndice B).

A Tabela 4 ilustra os resultados dos testes BG e de White para a regressão de exportação. Os valores das estatísticas são maiores do que 5%, portanto, não possuem problemas de autocorrelação serial e heterocedasticidade.

A próxima equação a ser estimada é a regressão de importação de bens e serviços. O intuito da estimação da regressão de importações de bens e serviços é encontrar a elasticidade-renda do PIB do Reino Unido, π . A regressão a ser estimada possui a seguinte forma:

$$\widehat{IMP_UK} = constante + \gamma * CAM_UK + \pi * GDP_UK + u_i \quad (32)$$

Na qual $\widehat{IMP_UK}$ é a variável dependente, CAM_UK representa a primeira variável independente e GDP_W é a segunda variável independente do modelo. Foram estimados três betas: a constante, a elasticidade do câmbio do Reino Unido e a elasticidade-renda do PIB do Reino Unido. O valor estimado da elasticidade-renda, π , foi 1,93976.

A Tabela 5 resume os resultados da estimação da regressão de importações de bens e serviços.

Tabela 5 - Resultados da estimação - Variável dependente: Importações de bens e serviços.

| VARIÁVEL | MQO |
|-----------------|---------------------------|
| CAM_UK | 0,00212145 (0,0318475) |
| GDP_UK | 1,93976*** (0,220778) |
| CONSTANTE | 0,0993277 (3,49088) |
| R2 | 0,609010 |
| R2 AJUSTADO | 0,585313 |
| DURBIN - WATSON | 2,761644 |

Fonte: Elaboração própria

(1) Erros-padrões robustos entre parênteses.

(2) * significante a 10%; ** significante a 5%; *** significante a 1%.

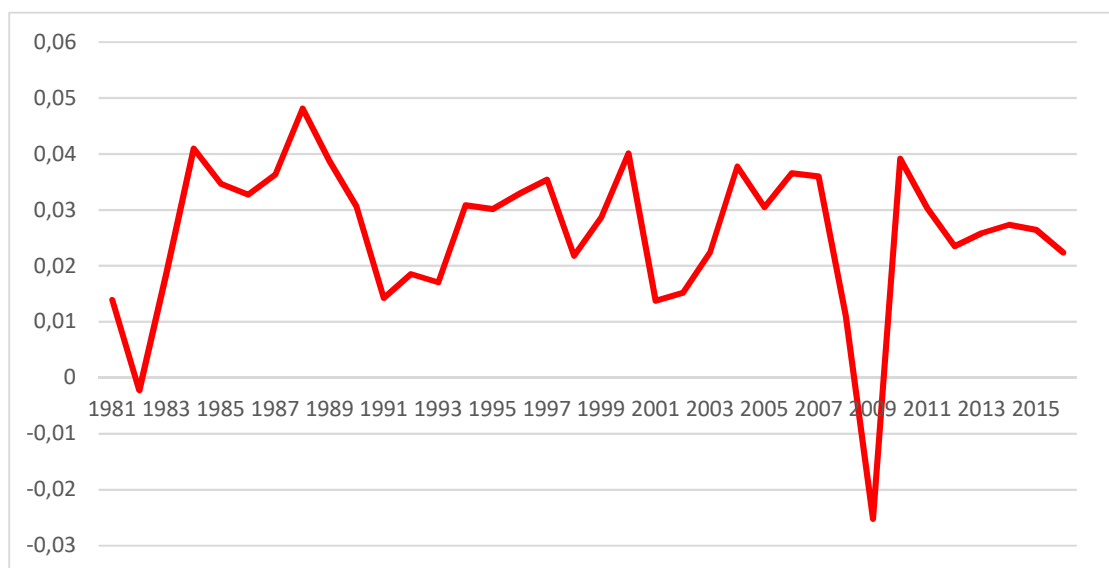
Pode-se inferir que uma variação de 1 unidade em GDP_UK gera uma alteração média de 1,93 nas importações. O R2, a qualidade do ajustamento da regressão, é de 0,60, o modelo explica 60% das importações de bens e serviços do Reino Unido.

Para verificar a robustez da regressão foram aplicados os testes de Breusch-Godfrey para autocorrelação e o teste de White para Heterocedasticidade. Os resultados estão plotados na tabela 4 (Apêndice B).

As estatísticas dos testes demonstram que as hipóteses nulas não são rejeitadas, ou seja, não há a presença de autocorrelação serial e heterocedasticidade.

Com as regressões estimadas e os testes necessários realizados, passa-se ao cálculo da taxa de crescimento do produto per capita do Reino Unido. A taxa de crescimento é encontrada pela divisão das elasticidades-renda estimadas nas regressões de exportação e importação, seguida pela multiplicação da taxa de crescimento do PIB per capita do resto do mundo. As taxas calculadas estão resumidas no gráfico abaixo.

Figura 4 - Taxa de crescimento do produto per capita estimado segundo o modelo de Thirlwall.



Fonte: Elaboração própria.

5 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Após a definição dos valores das taxas de crescimento do PIB per capita, é necessário compará-los entre si. A comparação é realizada através dos erros absolutos das taxas de crescimento.

Erro absoluto é a diferença, em módulo, entre o valor real e o valor calculado/estimado. Quanto menor for o erro, melhor é a explicação teórica. A equação do erro absoluto possui a seguinte forma:

$$EA = |x - \bar{x}| \quad (33)$$

Em que EA representa o erro absoluto, x é o valor real e \bar{x} simboliza o valor calculado ou estimado. Os resultados dos cálculos estão plotados na tabela 6.

Tabela 6 - Taxas de crescimento calculadas segundo os modelos de Solow e Thirlwall.

| DATA | TX. CRESC DO PIB % (OBSERVADO) | TX. CRESC DO PIB % (THIRLWALL) | TX. CRESC DO PIB % (SOLOW) | ERRO ABSOLUTO % (THIRLWALL) | ERRO ABSOLUTO % (SOLOW) |
|------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| 1981 | 1,32 | 1,39 | -1,11 | 0,07 | 2,43 |
| 1982 | -0,21 | -0,23 | 1,72 | 0,01 | 1,93 |
| 1983 | 1,79 | 1,88 | 3,55 | 0,09 | 1,77 |
| 1984 | 3,89 | 4,09 | 1,31 | 0,21 | 2,58 |
| 1985 | 3,30 | 3,46 | 3,82 | 0,17 | 0,52 |
| 1986 | 3,11 | 3,27 | 2,64 | 0,16 | 0,47 |
| 1987 | 3,45 | 3,63 | 5,09 | 0,18 | 1,64 |
| 1988 | 4,57 | 4,81 | 5,57 | 0,24 | 0,99 |
| 1989 | 3,68 | 3,87 | 2,57 | 0,19 | 1,11 |
| 1990 | 2,90 | 3,05 | 0,87 | 0,15 | 2,03 |
| 1991 | 1,35 | 1,42 | -0,77 | 0,07 | 2,12 |
| 1992 | 1,76 | 1,85 | 0,50 | 0,09 | 1,26 |
| 1993 | 1,62 | 1,70 | 2,57 | 0,09 | 0,95 |
| 1994 | 2,93 | 3,08 | 3,55 | 0,15 | 0,63 |
| 1995 | 2,87 | 3,01 | 1,96 | 0,15 | 0,91 |
| 1996 | 3,13 | 3,29 | 2,14 | 0,17 | 0,99 |
| 1997 | 3,36 | 3,54 | 3,55 | 0,18 | 0,19 |

| | | | | | |
|-------|-------|---------|-------|------|------|
| 1998 | 2,07 | 2,17 | 2,85 | 0,11 | 0,78 |
| 1999 | 2,73 | 2,87 | 2,78 | 0,14 | 0,06 |
| 2000 | 3,81 | 4,00 | 3,10 | 0,20 | 0,71 |
| 2001 | 1,31 | 1,374 | 1,62 | 0,07 | 0,31 |
| 2002 | 1,44 | 1,515 | 1,44 | 0,08 | 0,01 |
| 2003 | 2,13 | 2,242 | 2,57 | 0,11 | 0,44 |
| 2004 | 3,59 | 3,776 | 1,28 | 0,19 | 2,30 |
| 2005 | 2,90 | 3,049 | 2,40 | 0,15 | 0,50 |
| 2006 | 3,47 | 3,655 | 1,68 | 0,18 | 1,79 |
| 2007 | 3,42 | 3,6 | 1,44 | 0,18 | 1,98 |
| 2008 | 1,05 | 1,103 | -0,99 | 0,06 | 2,04 |
| 2009 | -2,40 | -2,52 | -4,95 | 0,13 | 2,55 |
| 2010 | 3,72 | 3,91 | 1,25 | 0,20 | 2,47 |
| 2011 | 2,88 | 3,02 | 1,04 | 0,15 | 1,83 |
| 2012 | 2,23 | 2,35 | 1,04 | 0,12 | 1,19 |
| 2013 | 2,45 | 2,58 | 1,27 | 0,13 | 1,18 |
| 2014 | 2,60 | 2,73 | 3,26 | 0,14 | 0,67 |
| 2015 | 2,51 | 2,64 | 2,17 | 0,13 | 0,34 |
| 2016 | 2,12 | 2,23 | 1,18 | 0,11 | 0,94 |
| MÉDIA | 2,47 | 2,59764 | 1,83 | 0,14 | 1,24 |

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 6 resume o resultado dos cálculos e da estimação das taxas de crescimento per capita dos dois modelos de crescimento expostos neste trabalho, a taxa de crescimento per capita observada e os erros absolutos das taxas calculadas dos dois modelos.

Os erros absolutos foram calculados para averiguar qual modelo explicou a taxa de crescimento do PIB com mais precisão. As médias dos erros absolutos das taxas segundo os modelos de Solow e Thirlwall foram, respectivamente, 1,24% e 0,14%.

Os dois modelos explicaram bem a taxa de crescimento do PIB, o que pode ser observado pelo valor dos erros. Mas, o Modelo de Thirlwall explicou com maior precisão o caso da taxa de crescimento do PIB per capita para o Reino Unido entre os anos de 1981 e 2016.

O resultado dos coeficientes β_1 e β_2 da regressão empregada para medir a precisão da taxa de crescimento da produtividade do trabalho ou a taxa de crescimento do PIB per capita segundo o modelo de Solow foram, respectivamente: 0,0157671 e 0,485809. O valor esperado para β_1 não foi satisfeito, mas o resultado é próximo de 0. O valor de β_2 também não é o esperado, mas indica que o modelo pode explicar relativamente bem, 40%, o caso da taxa de crescimento do PIB.

Já a regressão que mede a qualidade da estimação da taxa de crescimento seguindo o modelo de Thirlwall, satisfaz todas as expectativas, seu β_1 foi 0 e o β_2 foi 0,949769. Pode-se observar, segundo os resultados das regressões, que o modelo de Thirlwall obteve uma qualidade de ajustamento 100% ao modelo de Solow.

Pode-se observar, com base nos erros absolutos e nas regressões estimadas para medir a qualidade das estimações, que a taxa de crescimento do produto per capita calculada seguindo o modelo de Thirlwall explicou com maior precisão a taxa de crescimento do PIB per capita do Reino Unido observada nos anos de 1981-2016.

6 – CONCLUSÃO

A literatura que versa sobre o desenvolvimento das nações procura descobrir a causa da diferença de renda entre os países do mundo. Esse trabalho teve o seguinte objetivo: verificar qual teoria do crescimento econômico é mais adequada para explicar o crescimento econômico do Reino Unido entre os anos de 1981 e 2016. Para tanto, utilizou-se o modelo de Solow com progresso técnico (1957) e o modelo de Thirlwall (1979).

Após a apresentação dos modelos foi, também, demonstrada a metodologia econométrica, importante para lançar as bases para a estimação das elasticidades-rendas do modelo de Thirlwall. As taxas de crescimento do PIB per capita do Reino Unido, segundo os modelos de Solow e Thirlwall, foram calculadas e pôde-se observar, com base nos erros

absolutos das estimativas e em regressões, que o modelo de Thirlwall foi mais preciso ao explicar a taxa de crescimento do PIB per capita do Reino Unido entre 1981 e 2016.

Portanto, esse trabalho traz evidências de que o comércio internacional foi o grande orientador do crescimento do Reino Unido no período analisado, ainda que o progresso técnico tenha sua importância.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acemoglu, D. **Introduction to Modern Economic Growth**, Princeton University Press, 2008, 1005 p.

Aghion, P; Howitt, P. **Endogeneous Growth Theory**, The MIT Press Cambridge, 1997, 708 p.

Andrade, J. S. **Apontamentos de Econometria Aplicada**. 2001.

Bussab, W. O; Morettin, P. A. **Estatística Básica**. Editora Saraiva, 2017, 554 p.

Gujarati, D. **Econometria Básica**. Editora Campus, 2006.

Gujarati, D. N; Porter, D. C. **Econometria Básica**. McGraw-Hill, 2011, 924 p.

Halicioglu, F. **Balance-of-Payments Constrained Growth: the Case of Turkey**, Journal of Post Keynesian Economics, Vol. 35, N.1, 2012, p. 65-78.

Jones, C. I. **Introdução à Teoria do Crescimento Econômico**, Editora Campus, 2000, 178 p.

Mankiw, G. N; Romer, David; Weil David N. **A contribution to the Empirics of the Economic Growth**, The Quarterly Journal of Economics, Vol.107, N.2, 1992, p. 407-437.

Mankiw, G. N. **The Growth of Nations**, Brookings Papers on Economic Activity, N.1, 1995, p. 275-326.

Mankiw, G. N. **Macroeconomia**, Editora LTC, 2015, 468 p.

Nakabashi, L. **O Modelo de Thirlwall com variações nas elasticidades**, Economia e Sociedade, Vol. 16, N.1, 2007, p. 93-110.

Nakabashi, L. **Thirlwall ou Solow? Uma análise para a economia brasileira entre 1947 e 2008**, Economia e Sociedade, V.21, N.3, 2012, p. 559-584.

Paiva, M. S. **Estratégia de localização ótima dos bancos públicos no Brasil: Uma abordagem alternativa**. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Uberlândia. Minas Gerais, p. 64, 2013.

Paiva, M. S. **Causação cumulativa, taxa de câmbio real e progresso tecnológico endógeno em uma abordagem dinâmica de mudança estrutural multilateral: Uma análise teórica e empírica**. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Uberlândia. Minas Gerais, p. 74, 2015.

Pindyck, R; Rubinfeld, D. **Microeconomia**, Pearson, 2013, 742 p.

Romer, D. **Advanced Macroeconomics**, McGraw-Hill, 1996, 540 p.

Samuelson, P. A.; Koopmans, T. C; Stone, J. R. N. **Report of an evaluative Committee e Econometrica**. N. 22, 1954, p. 141-146.

Setterfield, M. **The remarkable durability of Thirlwall's Law**, PSL Quartely Review, Vol.64, n.259, 2011, p. 393-427.

Silveira, E. M. C. et al. **Economic growth and balance -of-payments constraint in Brazil: An analysis of the 1995-2013 period**, Revista Economia da ANPEC, Vol.19, 2018, p. 38-56.

Solow, R. M. **Technical Change and the Aggregate Production Function**, The Review of Economics and Statistics, Vol. 39, No. 3, p. 312-320, 1957.

The World Bank, GDP per capita, PPP (current international \$).2018. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.CD?order=wbapi>>. Acesso em: 02 jun. 2018.

Thirlwall, A. P. **The balance of payments constraint as na explanation of international growth rate differences**, PSL Quartely Review, Vol. 64, N. 259, 1979, p. 429-438.

Thirlwall, A. P. **Balance of payments constraint growth models: history and overview**, PSL Quartely Review, Vol. 64, N.259, 2011, p. 307-351.

Varian, H. R. **Microeconomia: Uma abordagem moderna**, Editora Elsevier, 2016, 806 p.

Vergolino, J. R.O; Silva, Gomes da; Lima, Ricardo Chaves. **A Lei de Thirlwall e a Economia Brasileira: Uma Breve Consideração**, Revista Econômica do Nordeste, Vol. 31, N.Especial, 2000, p. 852-864.

Vieira, F. A. C; Holland, Márcio. **Crescimento econômico secular do Brasil, modelo de Thirlwall e termos de troca**, Economia e Sociedade, Vol.17, N.2, 2008, p. 17-46.

APÊNDICE A – TESTE DE ESTACIONARIEDADE KPSS.

Tabela 2 - Teste KPSS sem tendência e com tendência.

| Variável | KPSS | KPSS - tend | Interpretação |
|----------|-----------|-------------|---------------|
| GDP_W | 0,0943082 | 0,0902497 | Estacionária |
| GDP_UK | 0,184588 | 0,0770856 | Estacionária |
| EXP_UK | 0,183208 | 0,141091 | Estacionária |
| IMP_UK | 0,175347 | 0,0939809 | Estacionária |
| CAM_UK | 0,296963 | 0,0833685 | Estacionária |

Fonte: Elaboração própria

APÊNDICE B – TESTES DE AUTOCORRELAÇÃO E HETEROCEDASTICIDADE

Tabela 4 - Testes de autocorrelação e heterocedasticidade.

| TESTE | ESTATÍSTICA | INTERPRETAÇÃO |
|----------------------------------|-------------|--------------------------|
| BREUSCH-GODFREY (EXPORTAÇÕES) | 0,731 | NÃO HÁ AUTOCORRELAÇÃO |
| BREUSCH-GODFREY (IMPORTAÇÕES) | 2,076378 | NÃO HÁ AUTOCORRELAÇÃO |
| WHITE (EXPORTAÇÕES) | 6,943417 | HOMOCEDÁSTICO |
| WHITE (IMPORTAÇÕES) | 1,246010 | HOMOCEDÁSTICO |

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE C – RESULTADO DAS REGRESSÕES PARA MEDIR A QUALIDADE DO AJUSTAMENTO DAS ESTIMAÇÕES DAS TAXAS DE CRESCIMENTO DO PIB PER CAPITA DO REINO UNIDO.

Tabela 2 - Resultado da estimação - Regressão do ajustamento da taxa de crescimento do PIB per capita segundo o modelo de Solow.

| VARIÁVEL | MQO |
|--|------------------------------|
| TX DE CRESCIMENTO DO PIB PER CAPITA (SOLOW) | 0,485809*** (0,0892076) |
| CONSTANTE | 0,0157671*** (0,00208401) |
| R2 | 0,487261 |
| R2 AJUSTADO | 0,472180 |
| DURBIN - WATSON | 1,858209 |

Fonte: Elaboração própria

(1) Erros-padrões robustos entre parênteses.

(2) * significante a 10%; ** significante a 5%; *** significante a 1%.

Tabela 3 - Resultado da estimação – Regressão do ajustamento da taxa de crescimento do PIB per capita segundo o modelo de Thirlwall.

| VARIÁVEL | MQO |
|---|---------------------------|
| TX DE CRESIMENTO DO PIB PER CAPITA (THIRLWALL) | 0,949769*** (0,000000) |
| CONSTANTE | 0,000000 (0,000000) |
| R2 | 1,000000 |
| R2 AJUSTADO | 0,472180 |
| DURBIN - WATSON | 1,000000 |

Fonte: Elaboração própria

(1) Erros-padrões robustos entre parênteses.

(2) * significante a 10%; ** significante a 5%; *** significante a 1%.

APÊNDICE D – TESTES DE AUTOCORRELAÇÃO E HETEROCEDASTICIDADE DAS REGRESSÕES PARA MEDIR A QUALIDADE DO AJUSTAMENTO DAS ESTIMAÇÕES DAS TAXAS DE CRESCIMENTO DO PIB PER CAPITA DO REINO UNIDO.

Tabela 4 - Testes de autocorrelação e heterocedasticidade das regressões para medir a qualidade do ajustamento das estimções das taxas de crescimento do PIB per capita do Reino Unido.

| TESTE | ESTATÍSTICA | INTERPRETAÇÃO |
|--------------------------------|-------------|-----------------------------|
| BREUSCH-GODFREY (SOLOW) | 0,522737 | NÃO HÁ AUTOCORRELAÇÃO |
| BREUSCH-GODFREY (THIRLWALL) | - | AJUSTAMENTO LINEAR EXATO |
| WHITE (SOLOW) | 1,014123 | HOMOCEDÁSTICO |
| WHITE (THIRLWALL) | - | AJUSTAMENTO LINEAR EXATO |

Fonte: Elaboração própria.