

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE ECONOMIA**

**MATHEUS SILVA DE PAIVA**

**CAUSAÇÃO CUMULATIVA, TAXA DE CÂMBIO REAL E PROGRESSO  
TECNOLÓGICO ENDÓGENO EM UMA ABORDAGEM DINÂMICA DE MUDANÇA  
ESTRUTURAL MULTILATERAL: Uma Análise Teórica e Empírica**

**Uberlândia  
2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

P149c Paiva, Matheus Silva de, 1988-  
2015 Causação cumulativa, taxa de câmbio real e progresso tecnológico endógeno em uma abordagem dinâmica de mudança estrutural multilateral : uma análise teórica e empírica / Matheus Silva de Paiva. – 2015.

74 f. : il.

Orientador: Guilherme Jonas Costa da Silva  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Economia.  
Inclui bibliografia.

1. Economia - Teses. 2. Câmbio - Teses. 3. Desenvolvimento econômico - Teses. 4. Política comercial - Teses. I. Silva, Guilherme, Jonas Costa da. II. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Economia. III. Título.

---

CDU: 330

**MATHEUS SILVA DE PAIVA**

**CAUSAÇÃO CUMULATIVA, TAXA DE CÂMBIO REAL E PROGRESSO  
TECNOLÓGICO ENDÓGENO EM UMA ABORDAGEM DINÂMICA DE MUDANÇA  
ESTRUTURAL MULTILATERAL: Uma Análise Teórica e Empírica**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciências Econômicas.

Área de concentração: Desenvolvimento Econômico

Orientador: Professor Dr. Guilherme Jonas Costa da Silva

**Uberlândia  
2015**

## AGRADECIMENTOS

Esta seção talvez seja uma das partes mais complexas e importantes de um trabalho. Isto se deve ao fato de que nada conseguiríamos sozinhos. Comigo não seria diferente e neste sentido, não há como mencionar nominalmente todas as pessoas que me ajudaram a concretizar este trabalho, por isto me desculpo. Às outras cujo nome me recordo e aqui menciono, o meu sincero muito obrigado!

Inicialmente, porque não poderia ser diferente, agradeço Àquele que nos deu a vida e que assiste a todos nós: Deus. É fato pacífico que, sem Ele, eu jamais teria feito este trabalho nem sequer a parte mais simples. Deus, muito obrigado!

Agora dirijo minha gratidão à minha família, meus pais e irmão. Versol, Cida e Lucas. Estes, para mim, sintetizam todo o princípio cristão em um só lar, em uma só família. À vocês, minha família que tanto admiro e com a qual tanto aprendi, muito obrigado! Neste grupo não posso me esquecer dos meus padrinhos queridos, Paulo e Fátima que, carinhosamente, podem ser conhecidos por Dinho e Dinha. Agradeço-lhes profundamente, pois vocês são meus pais também! Agradeço às minhas avós queridas Nilda e Maria Aparecida (esta me assistindo todo o tempo), aos meus tios maternos e paternos, aos meus primos e, em especial, ao meu primo Raphael. Muito obrigado!

Agora elevo meu pensamento e agradeço à minha querida namorada, Marília, a qual tive a sorte de conhecer por acaso na porta de um toalete (risos!) e que, desde então, mudou a minha vida, sendo companheira em momentos de alegria e de tristeza. Não menos importantes são os meus amigos de Uberaba, entre eles destaco o Rodrigo que, desde cedo, me mostrou o sentido que há no estudo e no conhecimento. Eu também não poderia me esquecer dos meus amigos de Uberlândia, Douglas, Heldrino, Theo e Júlio. Estes acompanharam toda a minha jornada acadêmica e foram fiéis companheiros por todo este trajeto. Além disto, proporcionaram-me força para continuar enfrentando os desafios e boas risadas fora da sala de aula. Muito obrigado a vocês!

Dando continuidade, agradeço agora àquele que começou como meu professor, passou por orientador bravo, orientador legal, desorientador e hoje é meu amigo, Guilherme Jonas. Talvez demore muito tempo para que o Instituto de Economia da UFU veja uma dupla com tanta sinergia como esta (risos). Não poderia me esquecer do prof. Henrique Neder que tanto me ajudou também, seja me ensinando matemática ou estatística, seja me passando sua rica experiência de vida. Muito obrigado! Estendo minha gratidão ao prof. Ricardo Araujo por me trazer inspiração e motivação para continuar trilhando a vida acadêmica.

Agradeço também à todos os professores que me proporcionaram desafio e aprendizado durante esta fase da minha formação acadêmica e a todos os companheiros de classe pelas trocas de experiências. Por fim, agradeço à CAPES pelo apoio financeiro.

## RESUMO

O trabalho tem por objetivo desenvolver um modelo multisetorial e multilateral de causação cumulativa com progresso tecnológico endógeno e taxa de câmbio real. A literatura *export-led growth*, baseada inicialmente no modelo Dixon and Thirlwall (1979), avançou para uma abordagem multisetorial segundo Araujo (2013). Entretanto, o modelo multisetorial originalmente desenvolvido por Araujo e Lima (2007), desconsidera a taxa de câmbio real, bem como a presença de múltiplos parceiros comerciais e mantém a taxa de variação da produtividade do trabalho nula. Assim, pretende-se avançar no debate teórico, introduzindo no modelo Pasinettiano o progresso tecnológico endógeno e a taxa de câmbio real na Lei de Thirlwall Multisetorial. Essa contribuição torna-se importante por possibilitar aos *policy makers* identificar quais os setores e parceiros comerciais que mais contribuem para o crescimento de longo prazo da economia doméstica, bem como propor políticas que melhorem as relações comerciais e a competitividade da economia, a fim de conduzir a economia para um estágio superior de desenvolvimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mudança Estrutural; Causação Cumulativa; Progresso Tecnológico Endógeno; Taxa de Câmbio Real; Crescimento Econômico.

## **ABSTRACT**

The work aims to develop a multi-sectoral cumulative causation model with endogenous technological progress. The export-led growth literature, originally based in Dixon and Thirlwall (1979) model, advanced to a multi-sectoral approach by Araujo (2013). However, the multisectoral model originally developed by Araujo and Lima (2007), disregards the exchange rate and keeps the rate of change of labor productivity null. Thus, we intend to advance the theoretical debate by introducing the Pasinettiano model endogenous technological progress and the real exchange rate in the Law of Multi-Sectoral Thirlwall. This contribution becomes important to enable policy makers to identify which sectors contribute most to the long-term growth of the domestic economy as well as providing economic and industrial policies to improve trade relations and the competitiveness of the economy, to drive the economy to a higher stage of development.

**KEYWORDS:** Structural Change; Cumulative Causation; Endogenous Technological Progress; Real Exchange Rate; Economic Growth.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Progresso Técnico Setorial Guiado Pela Demanda – Países Estilizados .....	28
Gráfico 2 – Produtividade da Agricultura a Preços Constantes de 2005 de Países Selecionados (U\$ 2005) .....	38
Gráfico 3 – Produtividade da Indústria a Preços Constantes de 2005 de Países Selecionados (U\$ 2005) .....	39
Gráfico 4 – Taxa de Crescimento da Produtividade do Trabalho Por Setor e Taxa de Crescimento Econômico: Brasil. Entre 1979 e 2012 (% a.a.) .....	40
Gráfico 5 – Taxa de Crescimento da Produtividade do Trabalho e Taxa de Crescimento Econômico Brasileiro entre 1979 e 2012 (% a.a.) .....	41
Gráfico 6 – Taxa de crescimento econômico real per capita de países selecionados entre os anos de 1979 e 2012 .....	42
Gráfico 7 – Taxas de Crescimento Econômico <i>Per Capita</i> Simuladas Para Brasil e China .....	57
Gráfico 8 – Simulação da evolução do PIB per capita de países selecionados .....	58
Gráfico 9 – Simulações de Taxas de Crescimento Econômico de Brasil e China Sob o Contexto de Mudança Estrutural Brasileira .....	61
Gráfico 10 – Simulação da Evolução do PIB <i>Per Capita</i> de Países Selecionados Sob o Contexto de Mudança Estrutural Brasileira .....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado do Teste de Causalidade de Granger – 1980-2012 .....	42
Tabela 2 – Testes de Estacionariedade para Diversas Séries Temporais .....	45
Tabela 3 – Resultado das Estimações – Variável Dependente: Taxa de Crescimento do PIB <i>Per Capita</i> do Brasil (GDPBRASIL) – 1980-2012 .....	47
Tabela 4 – Resultado dos Testes de Heterocedasticidade e Autocorrelação Serial .....	48
Tabela 5 – Coeficientes Estimados por MQO .....	49
Tabela 6 – VAR <i>Residual Serial Correlation LM Test</i> .....	50
Tabela 7 – Critérios de Seleção de Defasagem do VAR .....	51
Tabela 8 – Análise de Decomposição da Variância para GDPBRASIL .....	52
Tabela 9 – Parâmetros Utilizados na Simulação Numérica – Cenário Vigente .....	55
Tabela 10 – Parâmetros Utilizados na Simulação Numérica – Cenário com Mudança Estrutural ..	60

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Teste de Estabilidade do VAR .....	50
Figura 2 – Função Resposta ao Impulso do Modelo VAR.....	54
Figura 3 – Simulação da Participação Relativa na Taxa de Crescimento do Produto Brasileiro ....	59
Figura 4 – Simulação da Participação Relativa na Taxa de Crescimento do Produto Brasileiro Sob Contexto de Mudança Estrutural .....	63

## SUMÁRIO

Lista de Gráficos .....	8
Lista de Tabelas .....	9
Lista de Figuras .....	10
INTRODUÇÃO .....	12
CAPÍTULO 1 – REVISÃO DA LITERATURA .....	17
1.1. – A Lei de Thirlwall (1979) .....	17
1.2. – A Lei de Thirlwall Multisetorial: O Modelo de Araujo e Lima (2007) e Seus Desdobramentos .....	22
1.3. – A Demanda Setorial Pasinettiana .....	25
1.4. – O Progresso Técnico – A Lei de Kaldor-Verdoorn .....	27
CAPÍTULO 2 – O MODELO DE ARAUJO E LIMA (2007) AMPLIADO.....	30
2.1. – O Modelo Multissetorial e Multilateral com Progresso Técnico Endógeno .....	30
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA ECONOMÉTRICA .....	36
3.1. – Base de Dados .....	36
3.2. – Hipóteses do Modelo .....	37
3.3. – Tratamento Econométrico das Séries .....	37
3.4. – Estacionariedade .....	42
3.5. – Modelo de Regressão .....	45
3.5.1. – Mínimos Quadrados Ordinários .....	45
3.5.2. – Vetores Autoregressivos .....	49
CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA NUMÉRICA .....	55
4.1. – Implementação do Modelo em Matlab .....	55
4.2. – Simulações Numéricas em Matlab .....	55
4.2.1. – Cenário com a Estrutura Econômica Vigente .....	55
4.2.2. – Cenário com Mudança Estrutural .....	59
Considerações Finais .....	64
Referências Bibliográficas.....	66
ANEXO A .....	69

## INTRODUÇÃO

A causação cumulativa e mudança estrutural são conceitos até certo ponto ausentes na economia ortodoxa, mas centrais da escola de pensamento pós-Keynesiana, em que o crescimento econômico é liderado pela demanda e não pela oferta (Ocampo, 2005 e Setterfield, 1997).

O conceito de causação cumulativa foi utilizado por vários autores, tais como Kaldor (1966, 1988), McCombie e Thirlwall (1994), para descrever um dos efeitos dos retornos crescentes de escala. Segundo Kaldor (1966) a causação cumulativa é um processo que tem origem no crescimento da produção nos setores mais dinâmicos, quais sejam, aqueles que apresentam retornos crescentes de escala – setores industriais. De acordo com ele, este aumento na produção promove um aumento da produtividade, estimulando a transferência de trabalhadores de setores não-industriais para os setores industriais (mais dinâmicos). Se o país adota a estratégia de *export-led growth*, então as exportações dos bens destes setores industriais aumentam, elevando a produção e a produtividade num ciclo virtuoso cumulativo. Logo, este processo recebe o nome de causação cumulativa porque a causa que dá origem ao ganho de produtividade e produção no setor mais dinâmico é periodicamente realimentada quando o país adota uma estratégia de crescimento econômico liderado pelas exportações. De acordo com essa visão, portanto, as manufaturas desempenham uma função especial no aumento da produtividade da economia como um todo e no crescimento econômico, como consequência da existência de retornos crescentes de escala que se espalham ao longo da economia devido aos seus encadeamentos produtivos para frente e para trás.

Nesses modelos, a demanda desempenha papel mais importante no crescimento econômico do que a oferta. Neste sentido, se houver um aumento da mesma, por meio de uma elevação das exportações, criam-se condições favoráveis para o aumento da oferta, induzindo-a, e, portanto, para o crescimento econômico. Essa linha de argumentação foi utilizada, por exemplo, como suporte de estratégias de crescimento econômico que são conhecidas como “crescimento voltado para fora”. De acordo com essa abordagem, a conquista de novos mercados consumidores é crucial não apenas para a criação de um ambiente propício ao crescimento econômico, senão para a própria apropriação de progresso tecnológico (Bruton, 1998).

O problema da abordagem é que, apesar de os escritos formais de Kaldor terem uma forte ênfase na questão setorial da economia, os modelos de causação cumulativa geralmente são construídos de forma agregada, ficando sujeitos então à mesma crítica do modelo de Solow. Uma forma de se contornar essa dificuldade é se construir uma ponte entre as abordagens Pasinettiana e Kaldoriana, introduzindo-se funções de Kaldor-Verdoorn setoriais. Essa abordagem permite criar um link entre a oferta e a demanda no modelo Pasinettiano e, também, permite que se conduza a

análise de causação cumulativa em um esquema analítico multi-setorial, onde as mudanças estruturais passam a ser endogeneizadas. Esse é um dos objetivos da abordagem de dinâmica de mudança estrutural estendida para o comércio internacional. O primeiro passo nessa ligação entre as teorias Pasinettianas e Kaldorianas, foi sem dúvida a derivação de uma versão multi-setorial da Lei de Thirwall a partir do modelo Pasinettiano. [Araujo e Lima (2007)].

Para se compreender a chamada mudança estrutural é necessário entender o que os autores pós-Keynesianos denominam por estrutura econômica. Neste sentido, Perroux (1939, p. 194) define estrutura econômica como “*proportions and relationships that characterize an economic set in space and time*”<sup>1</sup>. Em suma, pode-se entender estrutura econômica como a parte da composição da produção que não se altera a partir de choques externos acidentais e, por isto, é persistente no tempo. Neste sentido, uma estrutura econômica não-Kaldoriana pode ser entendida como uma produção que é, em sua maior parte, concretizada por setores não-industriais. Além disto, seguindo a tradição de Kaldor, Pasinetti (1993, p. 1) mostra que o nível das variáveis macroeconômicas (PIB, consumo agregado, investimento agregado, nível de emprego) estão invariavelmente associadas às mudanças na composição setorial do produto agregado. Neste contexto que emerge o conceito de mudança estrutural como tentativa de resgatar a produção manufatureira como principal componente da produção agregada e estabelecer o setor industrial como o motor do crescimento econômico.

Apesar de o modelo Pasinettiano apresentar uma economia multi-setorial, em sua versão original, o progresso tecnológico é exógeno e, desse modo, se exclui qualquer relação circular entre o motor do crescimento econômico, ou seja, o aumento da produtividade do trabalho, e variações na demanda motivadas pela Lei de Engel<sup>2</sup>. Isso é problemático, uma vez que o progresso tecnológico é o responsável pelo aumento da produtividade do trabalho e da renda per capita que, por sua vez, se traduz em aumentos da demanda que favorecem bens com elasticidade renda da demanda maior. Na medida em que não há nenhum mecanismo de “*feedback*” desse aumento da demanda em relação à nova geração de progresso tecnológico, as mudanças estruturais permanecem exógenas, dependendo muito mais de parâmetros como taxa exógena de progresso tecnológico do que da interação cumulativa entre os lados da oferta e demanda. Numa perspectiva mais inclusiva, deve-se considerar a existência de eventuais canais de ligação entre oferta e demanda no sentido de se permitir uma endogeneização do progresso tecnológico. Na medida em que essa tarefa for

---

<sup>1</sup> Proporções e relações que caracterizam um complexo econômico no espaço e no tempo.

<sup>2</sup> Quando a renda per capita aumenta, uma tendência de não aumentar proporcionalmente a demanda por diversos produtos, emerge para cada consumidor. Assim, cada consumidor segue uma certa ordem hierárquica de satisfação de necessidades, começando pelo bem mais essencial, em seguida, movem-se gradualmente para a satisfação dessas necessidades cada vez menos essenciais (ARAUJO e TEIXEIRA, 2011, p. 335).

cumprida, pode-se almejar uma teoria endógena de mudanças estruturais e não uma em que de antemão já se saibam quais são as causas da mudança estrutural, sejam elas de oferta ou de demanda.

Apesar de a abordagem Pasinettiana apresentar a clara vantagem de permitir que se atribua a cada setor uma taxa particular de aumento da produtividade, o progresso tecnológico é tratado ainda de forma exógena no seu esquema. Alguns autores tentaram endogeneizar o progresso tecnológico. Araujo e Teixeira (2011) buscaram essa endogeneização, mas considerando uma abordagem evolucionária de “*dynamic capabilities*” como uma força fundamental determinando o progresso tecnológico. Embora essas abordagens tenham se mostrado úteis, elas não levam em consideração a interação entre demanda e oferta na geração do progresso tecnológico e, nesse sentido, não são capazes de abordar as conexões entre crescimento da produtividade e do produto apontadas pela tradição Kaldoriana e enfatizadas por Setterfield (2007). De acordo com esses autores há, na verdade, uma concepção de aumento da produtividade endógeno associada com a noção de causação cumulativa, em que a taxa de progresso tecnológico é sensível à taxa de crescimento do produto. De acordo com essa noção, “o crescimento depende do crescimento” e, adicionando uma dimensão temporal a essa relação, o crescimento em um determinado ponto do tempo depende da sua própria trajetória passada em um esquema de causação cumulativa.

Ao ignorar a causação cumulativa, a abordagem de Dinâmica de Mudança Estrutural não leva em consideração uma importante dimensão do crescimento econômico, o que coloca em cheque tal abordagem. Nesse sentido, um dos objetivos do terceiro tópico é endogeneizar o progresso tecnológico no modelo Pasinettiano, tornando-o sensível aos desenvolvimentos da teoria do crescimento puxado pela demanda em que a taxa de aumento da produtividade é função da taxa de crescimento da economia através da operação da Lei de Kaldor-Verdoorn. O próprio Pasinetti (1983, p. 69) reconhece a importância de se considerar o lado da demanda quando se estuda as origens do progresso tecnológico. De acordo com ele,

*this means that any investigation into technical progress, must necessarily imply some hypothesis on the evolution of consumers' preferences as income increases. Not to make such hypothesis and to pretend to discuss technical progress without considering the evolution of demand would make it impossible to evaluate the very relevance of technical progress and would render the investigation itself meaningless.<sup>3</sup>*

---

<sup>3</sup> Isto significa que qualquer investigação sobre o progresso técnico, deve necessariamente implicar algumas hipóteses sobre a evolução das preferências dos consumidores quando aumenta a renda. Não fazer tal hipótese e discutir o progresso técnico sem considerar a evolução da demanda tornaria impossível avaliar a grande relevância do progresso técnico e tornaria a própria investigação sem sentido.

Através dessa abordagem, uma noção mais aprofundada de progresso tecnológico, como ressaltada por Setterfield (2007) é levada em conta, fazendo com que o modelo Pasinettiano se torne consistente com a ideia de causação cumulativa. O resultado é o surgimento de um modelo multi-setorial de mudança estrutural e causação cumulativa, em que o ritmo do progresso tecnológico pode ser determinado endogenamente.

Note-se que alguns autores já tentaram estabelecer essa ligação entre mudança estrutural e causação cumulativa. Botta (2009), por exemplo, enfatiza essa ligação em um modelo Kaldoriano de crescimento restrito pelo balanço de pagamentos, onde as elasticidades renda das exportações e importações são funções do hiato tecnológico entre duas regiões (Norte e Sul), de modo que a expansão do setor industrial e da economia como um todo se alimentam mutuamente, dando origem a um processo cumulativo. Contudo, essa análise enfrenta limitações, já que é conduzida em um esquema agregado. Processos como o de “*learning by doing*”, que surgem a partir de retornos de escala, podem permitir a aquisição e a assimilação de novas técnicas de produção que podem aumentar significativamente a produtividade. Como consequência, podem surgir mudanças estruturais em que a mão-de-obra esteja migrando de setores de baixa produtividade para aqueles com mais alta produtividade.

Outro autor que também trata da questão é Fiorillo (2001). Esse autor simula como a taxa de crescimento e de especialização da economia evoluem no decorrer do tempo em um modelo de crescimento liderado pelas exportações num estilo Kaldoriano. O seu foco é sobre a interação entre as taxas de crescimento do produto e as elasticidades renda das exportações, levando em consideração a presença de taxas endógenas de crescimento nos regimes de acumulação. Isso significa que o padrão de especialização de um país em um determinado setor faz com que esse padrão seja reforçado no decorrer do tempo. Esse resultado é confirmado aqui tanto do ponto de vista analítico quanto computacional. Uma vez que um dos países é capaz de obter vantagens comparativas em um determinado setor, a tendência é que essa vantagem seja mantida no decorrer do tempo, uma vez que ela dará origem a um processo de causação cumulativa que tende a aumentar não apenas a competitividade como também a produtividade do país naquele setor específico. Essa visão está de acordo também com o que foi reportado por Krugman (1987, p. 46-47):

*Basically, once a pattern of specialization is established, it remains unchanged, with changes in relative productivity acting to further lock the pattern in. (...) Like a river which digs its own bed deeper, a pattern of specialization, once established, will induce relative productivity changes which strengthen the forces preserving that pattern.<sup>4</sup>*

---

<sup>4</sup> Basicamente, uma vez que um padrão de especialização é estabelecido, ele permanece inalterado, com as mudanças na produtividade relativa agindo para travar ainda mais o padrão. (...) Como um rio que cava a sua própria cama mais

Ante o exposto, tem-se que a hipótese é de que a estrutura econômica atual é incapaz de garantir um crescimento econômico sustentável para o Brasil. Tal hipótese será testada a partir dos resultados da simulação computacional e da análise da Função Impulso-Resposta, já que estes instrumentos tornam possível conhecer o valor estimado da taxa de crescimento econômico restringida pelo Balanço de Pagamentos e se tal taxa é sustentável no tempo.

Para tanto, o trabalho está estruturado em quatro capítulos, além desta introdução e da conclusão. No primeiro capítulo, apresenta-se uma breve revisão da literatura em torno da Lei de Thirlwall. Na sequência, a atenção volta-se para a endogeneização do progresso tecnológico no modelo Pasinettiano e, portanto, na formulação do novo modelo multisetorial e multilateral. No terceiro capítulo, apresentam-se as análises econométricas. No último capítulo, apresenta-se as simulações computacionais. Por fim, algumas considerações são apresentadas.

---

profunda, um padrão de especialização, uma vez estabelecido, induzirá mudanças de produtividade relativa que reforçam as forças preservando esse padrão.

## CAPÍTULO 1 – REVISÃO DA LITERATURA

### 1.1. A LEI DE THIRLWALL (1979)

O presente tópico apresenta a origem do debate acerca dos modelos de crescimento econômico de longo prazo conduzido pelas exportações. Apresenta-se a obra seminal de Thirlwall (1979) e as principais contribuições feitas posteriormente até a discussão avançar para uma abordagem multi-setorial, em 2007.

O modelo de Thirlwall (1979), parte inicialmente de uma situação de equilíbrio no balanço de pagamentos, onde determina-se a taxa de crescimento com o equilíbrio no balanço de pagamentos, o qual é medido em moeda doméstica:

$$P_{dt}X_t = P_{ft}M_tE_t \quad (1)$$

Onde  $P_{dt}$  representa o preço das exportações em moeda doméstica no período  $t$ ,  $X_t$  é o volume de exportações no período  $t$ ,  $P_{ft}$  indica o preço das importações em moeda estrangeira em  $t$  e  $E_t$  representa a taxa nominal de câmbio no instante  $t$ .

Ao passar o logaritmo neperiano em ambos os lados da equação (1) e derivá-la em relação ao tempo  $t$ , encontra-se a condição teórica para se concretizar o crescimento da produção com equilíbrio na balança de pagamentos. Desta forma, tem-se:

$$g_{pd_t} + g_{X_t} = g_{pft} + g_{Mt} + g_{Et} \quad (2)$$

Onde  $g_{pd_t}$  é a inflação do preço das exportações em moeda doméstica em  $t$ ,  $g_{X_t}$  representa a taxa de crescimento das exportações no período  $t$ ,  $g_{pft}$  indica a inflação do preço das importações em moeda estrangeira no período  $t$ ,  $g_{Mt}$  é a taxa de crescimento das importações no período  $t$ , e  $g_{Et}$  representa a taxa de variação cambial em  $t$ .

A função de importação será expressa da seguinte forma:

$$M_t = a \left( \frac{P_{ft}E_t}{P_{dt}} \right)^\varphi Y_t^\pi; \text{ com } \varphi < 0 \text{ e } \pi > 0 \quad (3)$$

Onde  $Y_t$  é a renda doméstica no período considerado,  $\varphi$  representa a elasticidade-preço da demanda por importações, e  $\pi$  indica a elasticidade-renda da demanda por importações.

Destarte, calculando-se a taxa de crescimento das importações, tem-se:

$$g_{M_t} = \varphi(g_{Pf_t} + g_{E_t} - g_{Pd_t}) + \pi g_{Y_t} \quad (4)$$

Onde  $g_{M_t}$  representa a taxa de crescimento das importações no período considerado,  $g_{Y_t}$  é a taxa de crescimento econômico do país no período  $t$ , e  $\varphi$  representa a elasticidade-preço da demanda por importações. Além disto,  $\pi$  é a elasticidade-renda da demanda por importações e  $g_{Y_t}$  representa a taxa de crescimento do produto doméstico.

Em relação à função exportação, considera-se sua expressão da seguinte forma:

$$X_t = b \left( \frac{P_{dt}}{P_{ft} E_t} \right)^\mu Z_t^\varepsilon; \text{ com } \varphi < 0 \text{ e } \pi > 0 \quad (5)$$

Onde  $Z_t^\varepsilon$  é a renda do resto do mundo no período considerado,  $\mu$  representa a elasticidade-preço da demanda por exportações, e  $\varepsilon$  indica a elasticidade-renda da demanda por exportações.

Assim, calculando-se a taxa de crescimento das exportações, tem-se:

$$g_{X_t} = \mu(g_{Pd_t} - g_{E_t} - g_{Pf_t}) + \varepsilon g_{Z_t} \quad (6)$$

Onde  $g_{X_t}$  representa a taxa de crescimento das exportações no período considerado,  $g_{Z_t}$  é a taxa de crescimento econômico do resto do mundo no período  $t$ , e  $\mu$  representa a elasticidade-preço da por exportações.

Além disto,  $\varepsilon$  é a elasticidade-renda da demanda por exportações. Substituindo as equações (4) e (6) em (2), obtém-se:

$$g_{Y_t} = \frac{\varepsilon}{\pi} g_{Z_t} + \frac{(1+\mu+\varphi)}{\pi} (g_{Pd_t} - g_{E_t} - g_{Pf_t}) \quad (7)$$

Apresentada a Lei de Thirlwall através da equação (7), é possível inferir algumas propriedades da taxa de crescimento de longo prazo condizente com o equilíbrio no balanço de pagamentos, quais sejam:

- a) Se a condição de Marshall-Lerner for satisfeita,  $(g_{Pd_t} - g_{E_t} - g_{Pf_t}) > 0$ , melhora nos termos de troca implica melhora na taxa de crescimento econômico condizente com o equilíbrio no balanço de pagamentos;
- b) Como  $\frac{\varepsilon}{\pi} > 0$ , crescimento maior da economia mundial implica crescimento maior da economia doméstica;
- c) O produto doméstico possui relação inversa com a elasticidade-renda das importações.

Pressupondo que os preços relativos são mensurados numa moeda comum ao longo do tempo, isto é,  $(g_{Pd_t} - g_{E_t} - g_{Pf_t}) = 0$ , a equação se reduz a:

$$g_{Y_t} = \frac{\varepsilon}{\pi} g_{Z_t} = \frac{x}{\pi} \quad (8)$$

Portanto, a taxa de crescimento com equilíbrio no balanço de pagamentos é igual à taxa de crescimento do volume das exportações dividido pela elasticidade-renda da demanda por importações.

Diversos trabalhos empíricos desenvolvidos em muitos países demonstraram a veracidade da “Lei de Thirlwall”, mas alguns países em desenvolvimento apresentaram taxas de crescimento significativamente diferentes da estabelecida anteriormente, isso porque o fluxo de capital não era considerado<sup>5</sup>. Cientes disso, Thirlwall & Hussain (1982) apresentam uma versão estendida do modelo anterior, que incorpora os fluxos de capitais, pois o endividamento fazia com que os países em desenvolvimento crescessem mais rápido que a restrição no balanço de pagamentos permitiria. A ideia é que a taxa de crescimento com restrição no balanço de pagamentos começa com um desequilíbrio em transações correntes, devido às importações, mas é financiada pela soma ponderada do crescimento das exportações com o crescimento do fluxo de capitais, dividido pela elasticidade-renda da demanda por importações:

$$y_b = \frac{(\theta\eta + \Psi)(p_d - p_f - e) + (p_d - p_f - e) + \theta\varepsilon.z + (1-\theta)(f - p_d)}{\pi} \quad (9)$$

onde  $(1 + \theta\eta + \Psi)$  demonstra a magnitude do efeito de uma variação nos preços relativos no crescimento da renda doméstica com restrição no balanço de pagamentos;  $(p_d - p_f - e)$  demonstra o efeito dos termos de troca sobre a renda doméstica;  $\theta\varepsilon$  demonstra o impacto do crescimento da

---

<sup>5</sup> McCombie & Thirlwall (1994).

renda mundial sobre a renda doméstica; e  $(f - p_d)$  demonstra o efeito do fluxo de capitais sobre a renda doméstica.

Assumindo a hipótese da paridade do poder de compra, isto é, que os preços são mensurados em moeda comum e esta não varia no longo prazo, a equação (9) reduz-se a:

$$y_b = \frac{\theta \varepsilon z + (1-\theta)(f-p_d)}{\pi} \quad (10)$$

Em outras palavras, a taxa de crescimento com restrição no balanço de pagamentos começa com um desequilíbrio em transações correntes e é ponderado pela soma do crescimento das exportações com o crescimento do fluxo de capitais, dividido pela elasticidade-renda da demanda por importações. Como não há informações sobre a renda mundial, assume-se que  $\varepsilon.z = x$ , assim, obteremos:

$$y_b = \frac{\theta x + (1-\theta)(f-p_d)}{\pi} \quad (11)$$

A equação demonstra que a taxa de crescimento com restrição no balanço de pagamentos se iguala à soma das taxas de crescimentos das exportações e do fluxo de capital dividida pela elasticidade-renda das importações. Esse resultado pode ser comparado com o resultado de um modelo simples com equilíbrio inicial no balanço de pagamentos, quando assumimos a ausência de variação na taxa de crescimento do volume de entrada de capital.

O modelo desenvolvido por Thirlwall & Hussain (1982) é sem dúvida uma estrutura de crescimento muito útil para a análise empírica das economias em desenvolvimento. No entanto, seu tratamento do capital estrangeiro ignora as potenciais complicações introduzidas pela acumulação do endividamento externo, que têm frequentemente desorganizado processos de crescimento de economias aparentemente saudáveis e fortes.

Assim, Moreno-Brid (1998-99) tentou aperfeiçoar o modelo de crescimento com restrição no balanço de pagamentos levando em consideração a trajetória da acumulação da dívida externa.

A solução encontrada foi incorporar uma restrição simples da evolução de certos agregados macroeconômicos que poderiam manter constante a relação entre o déficit em transações correntes/PIB:

*Various elements support the convenience of adopting this specification of long-term equilibrium of the balance of payments. It can be easily proved that, in the context of the Model (balance-of-payments constraints), this specification implies*

*that the equilibrium growth path of the economy is consistent too with a constant long-term ratio of external debt to domestic income* (Moreno-Brid, 1998/99, p. 286).<sup>6</sup>

Formalmente, Moreno-Brid apresentou a solução modelo de crescimento com restrição no balanço de pagamentos da renda doméstica ( $y_{ca}$ ) como segue:

$$y_{ca} = \frac{(\mu-1)\varepsilon z + [\mu(\eta+\psi+1)-\eta](p_d-p_f)}{\pi\mu-1} \quad (12)$$

onde, o subscrito  $ca$  serve para lembrar a restrição da razão fixa da conta corrente em relação à renda doméstica. Por hipótese, assumimos  $\pi\mu - 1 \neq 0$ . Multiplicando o numerador e o denominador da equação (12) por  $1/\mu$  e recordando que  $\mu = \frac{1}{1-\theta}$ , tem-se um equivalente mais familiar para a expressão de crescimento econômico a longo prazo ( $y_{ca}$ ):

$$y_{ca} = \frac{\theta\varepsilon\left(\frac{dz}{z}\right) + (\theta\eta+\psi+1)\left(\frac{dp_d}{p_d} - \frac{dp_f}{p_f}\right)}{\pi - (1-\theta)} \quad (13)$$

Por hipótese assumimos que  $\pi - (1-\theta) \neq 0$ .

Em 2003, Moreno-Brid, apresentou uma nova versão do seu modelo, que incorpora o pagamento de juros ao exterior, a fim de adequar o seu modelo aos países emergentes, em particular, os latinos americanos, mantendo a restrição sobre a acumulação sustentável de dívida externa. A nova equação para cálculo da taxa de crescimento do produto para o modelo pode ser expressa por:

$$y_b = \frac{\theta_1\xi z - \theta_2 r + (\theta_1\eta+\psi+1)(p_d-p_f)}{\pi - (1-\theta_1+\theta_2)} \quad (14)$$

Esse trabalho demonstrou que a taxa de crescimento da renda depende do nível de renda mundial, do pagamento de juros ao exterior, assim como dos preços domésticos e dos preços externos. Note que as variáveis  $r$  e  $p_f$  estão negativamente relacionadas com  $y_b$ .

---

<sup>6</sup> Várias evidências apoiam a conveniência da adoção desta especificação de equilíbrio de longo prazo do balanço de pagamentos. Ele pode ser facilmente provado que, no contexto do Modelo (restrições de balanço de pagamentos), esta especificação implica que o caminho de crescimento do equilíbrio da economia é consistente também com uma relação constante de longo prazo da dívida externa com a renda doméstica.

## **1.2. A LEI DE THIRLWALL MULTI-SETORIAL: O MODELO DE ARAUJO E LIMA (2007) E SEUS DESDOBRAMENTOS**

A fim de escapar de uma prolixa revisão da literatura dos diversos modelos teóricos, apresenta-se, no presente tópico, uma explicação sumária acerca das principais obras sobre o tema. Inicialmente, coube a Thirlwall (1979) propor o primeiro modelo *export-led-growth* e, após este trabalho seminal, várias outras contribuições foram feitas, ora expandindo o modelo original e se adaptando melhor à realidade, ora propondo modelos que se assemelham. A primeira contribuição realizada foi a inserção dos fluxos de capitais. Este empreendimento foi conduzido por Thirlwall e Hussain (1982), que descobriram que a atração de capitais pode contribuir para uma flexibilização da restrição no balanço de pagamentos, permitindo que o país cresça a um ritmo superior ao de equilíbrio no balanço de pagamentos.

Contudo, a própria literatura estava ciente dos limites impostos ao crescimento econômico pelo contínuo endividamento externo. De fato, foi proposto por Moreno-Brid (1998) uma alternativa capaz de garantir a condição de sustentabilidade da dívida externa no longo prazo. Com o intento de aprimorar e adaptar seu modelo à realidade das economias latino-americanas, Moreno-Brid (2003) inclui em seu modelo o pagamento de juros, chegando à seguinte conclusão: "*if, on the one hand, capital flows can relax external constraints on a first date, in future debt and interest payments may aggravate the problem of balance of payments [...]*" BRITTO e ROMERO, 2011, p. 19)<sup>7</sup>.

Araujo e Lima, em 2007, apresentaram uma extensão multisetorial da "Lei de Thirlwall". Os autores defendem a ideia de que a superação da restrição externa envolve a modificação da estrutura produtiva, o que é possível de duas maneiras: i) por uma mudança na produtividade por meio de políticas que estimulem a inovação e tecnologia, ii) pela taxa de câmbio real, que afeta a estrutura de custos e pode baratear a produção, reduzindo os salários reais, proporcionando vantagem competitiva através de preços mais baixos. Mas se há uma apreciação da taxa de câmbio real, haverá um aumento dos salários reais, o que aumenta os custos de produção, tornando o país a reduzir as exportações e passar a importar esses produtos. Claro, existem várias outras contribuições que não estão sendo levados em consideração neste artigo, porque o mesmo não tem a intenção de mudar o foco da abordagem multisetorial, que será o objetivo da análise. Este modelo permite o estudo das relações comerciais entre os países. Neste trabalho, este modelo multisetorial proposto por Araújo e Lima será ampliado para se considerar as relações multilaterais existentes em sua

---

<sup>7</sup> Se, por um lado, os fluxos de capital podem relaxar as restrições externas em um primeiro momento, em futuros pagamentos da dívida e de juros pode agravar o problema da balança de pagamentos.

totalidade, isto é, não apenas entre o Brasil e seu principal parceiro comercial, senão entre o Brasil e todos os demais parceiros comerciais.

Recentemente, Araujo e Lima (2007) mostraram uma extensão multissetorial da "Lei de Thirlwall" (LTMS). Os autores defendem a tese de que a superação da restrição externa envolve a modificação da estrutura produtiva, o que é possível de duas maneiras: 1) por uma mudança na produtividade por meio de políticas que estimulem a inovação e tecnologia, 2) pela taxa de câmbio real, que afeta a estrutura de custos e pode baratear a produção, reduzindo os salários reais, proporcionando vantagem competitiva através de preços. Mas se há uma apreciação da taxa de câmbio real, haverá um aumento dos salários reais, o que aumenta os custos de produção, obrigando o país a reduzir as exportações e passar a importar esses produtos. Os autores assumem, por simplicidade, que o trabalho é o único fator de produção. Salários dependem da produtividade para definir os custos unitários de produção. As condições básicas podem ser resumidas em três: i) a condição de pleno emprego de mão de obra; ii) a despesa total da renda nacional e iii) o equilíbrio da balança comercial. *"The conditions for full employment, full expenditure of national income and trade balance, equilibrium are established along with solutions for the systems of physical quantities and prices in an open economy"* (ARAUJO e TEIXEIRA, 2004, p. 117)<sup>8</sup>.

Como mostrado por Araújo e Teixeira (2004) em um sistema econômico dinâmico e aberto, a condição de demanda efetiva é dividida em duas condições, quais sejam, uma para o pleno emprego e uma para a despesa total da renda nacional. A razão pela qual temos duas condições, em vez de uma é clara: em uma economia aberta, o rendimento nacional pode ser gasto em produtos importados e, em caso afirmativo, o cumprimento da condição de renda total gasto não implica a satisfação da condição de pleno emprego. Como apontado por esses autores, quando encontram-se as duas condições simultaneamente, outra é automaticamente satisfeita, uma vez que é o equilíbrio do balanço de pagamentos. (ARAÚJO E TEIXEIRA (2004) *apud* ARAUJO, 2012, p. 597).

O modelo proposto por Araujo e Lima (2007) e conhecido na literatura por LTMS é summarizado pela seguinte equação:

$$g_y = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \frac{L_{it}}{Y_t} \xi \frac{X_{it}}{M_t} \varepsilon_{it}}{\sum_{i=1}^{n-1} \frac{L_{it}}{Y_t} M_{it} \pi_i} Z_y \quad (15)$$

A equação (15) é o primeiro resultado importante do trabalho de Araújo e Lima (2007), que mostra a relação entre a taxa de crescimento da renda per capita da economia brasileira. A partir

---

<sup>8</sup> As condições para o pleno emprego, despesa total da renda nacional e balança comercial, são tais que o equilíbrio está estabelecido junto com soluções para os sistemas de quantidades físicas e de preços em uma economia aberta.

desta equação, conclui-se que a taxa de crescimento da renda per capita da economia brasileira é diretamente proporcional ao crescimento das exportações.

Os benefícios do comércio internacional para o crescimento econômico dependem em grande parte de elasticidades-renda das exportações e importações, em termos setoriais, ou seja, quanto maior a elasticidade-renda da demanda para o setor de exportação e menor são as elasticidades-renda da demanda setorial de importação, maiores serão os benefícios dessa relação bilateral com o resto do mundo. Em suma, os autores encontraram um resultado semelhante ao apresentado por Thirlwall (1979), mas considerando as elasticidades-renda ponderadas por coeficientes que medem a participação de cada setor no total das importações e exportações. A literatura empírica dessa abordagem multisetorial é escassa, uma vez que havia apenas quatro obras sobre o tema: Gouvêa e Lima (2010), Carbinato (2010), Soares (2012), Soares e Teixeira (2012) e Santos (2014).

O artigo desenvolvido por Gouvêa e Lima (2009) estima as elasticidades setoriais para vários países da América Latina e da Ásia, chegando à conclusão de que mais setores intensivos em tecnologia têm maior elasticidade-renda. Com esta análise, os autores apresentaram a primeira evidência de que para a superação da restrição externa é necessário aumentar a participação da produção de bens de média e alta intensidade tecnológica, o que aumentaria a elasticidade-renda das exportações na economia e reduziria a elasticidade-renda da importações, uma vez que haveria uma queda da necessidade de importar esses bens de maior conteúdo tecnológico.

O trabalho de Gouvêa (2010), que utiliza testes empíricos para validar a Lei de Thirlwall Multisetorial para o Brasil entre 1962 e 2006, chega à conclusão de que o crescimento econômico foi restringido pelo setor externo. Carbinato (2010) analisa a relação entre os padrões da indústria e da restrição externa no Brasil. Do modelo de Araújo e Lima (2007), que leva em conta a importância do setor para o crescimento econômico, os autores enfatizam a importância da especialização e da necessidade de direcionar esforços para impulsionar as exportações em setores com elevada elasticidade renda.

Queiroz et al. (2011) também concluiu que, entre a Lei original de Thirlwall e a Multisetorial, o modelo que melhor se ajustou à economia brasileira foi o último, porque houve um erro de previsão estatística de 0,69 % do modelo multisetorial, contra 1,26 % do modelo original da Lei de Thirlwall. Assim, a versão multisetorial se ajusta melhor na determinação da taxa de crescimento do Brasil entre 1962 e 2008. De fato, para os autores, o crescimento da economia brasileira entre 1962 e 2008 ocorreu sob restrição externa e que mudanças na participação tarifária setorial do importador e do exportador no país resultarão em taxas de crescimento mais elevadas para o país, dirigindo a maioria de suas exportações para bens com maior intensidade tecnológica.

Soares (2012) e Soares e Teixeira (2012) analisaram e confirmaram a LTMS para o Brasil, e mais, eles provaram que os efeitos dos movimentos na taxa de câmbio real são significativos. O modelo brasileiro é perverso, já que o país importa produtos com maior intensidade tecnológica (maior elasticidade-renda) e exporta produtos com menor valor agregado (menor elasticidade-renda), colocando em risco o crescimento econômico do país. Os resultados empíricos confirmaram a validade da Lei de Thirlwall Multisetorial no caso brasileiro, que se encaixa melhor do que a Lei de Thirlwall original. Note que existem diferentes métodos para estimar as elasticidades-renda, mas, em geral, os bens de alta tecnologia têm elasticidades mais elevadas. Também pode-se concluir que o padrão de especialização de uma economia afeta a sua taxa de crescimento restringido pelo saldo de pagamentos.

Santos (2014) analisa empiricamente a relação entre o Brasil e seu principal parceiro comercial, a China. A hipótese do trabalho é que uma estratégia liderada pelo setor manufatureiro pode melhorar a balança comercial e o crescimento de longo prazo da economia brasileira. A autora realiza uma análise econométrica de dados em painel, utilizando dados anuais dos estados brasileiros para o período de 1995-2010. Os resultados demonstraram que o setor manufatureiro é o mais dinâmico, já que apresentou a maior razão das elasticidades, indicando que uma mudança na estratégia de crescimento em favor da indústria deve ser privilegiada, o que não acontece atualmente no país.

### **1.3. A DEMANDA SETORIAL PASINETTIANA (PASINETTI, 1993)**

De acordo com Pasinetti (1993) e amplamente utilizado por Araujo (2011), a taxa de crescimento da demanda setorial é exponencial, isto é, os autores entendem que a demanda de cada setor aumenta a taxas crescentes irrestritamente até o infinito, assumindo a seguinte forma:

$$\frac{\dot{a}_{in}}{a_{in}} = r_i \quad (16)$$

onde  $r_i$  é a taxa de crescimento da demanda setorial.

A proposta, ainda que interessante, pode ser aperfeiçoada, já que esta concepção é aparentemente um caso particular de um caso mais geral. Ademais, o próprio Pasinetti reconhece que há um nível de saturação para cada mercadoria em função da Lei de Engel (PASINETTI, 1993, p. 39). Com efeito, a função que melhor descreve o comportamento dos coeficientes de demanda setoriais é a logística, tal como proposta por Verhulst (1838):

$$a_{in} = \frac{a_{in}(0)e^{r_i t}}{1+a_{in}(0)(e^{r_i t}-1)/a_{in}^*} \quad (17)$$

onde  $r_i$  é a taxa máxima de variação da demanda setorial (mesma taxa do modelo de Pasinetti) e  $a_{in}^*$  é o nível de saturação da demanda pelo bem  $i$ . Do exposto, pode-se afirmar que a taxa de crescimento da demanda setorial terá seguinte forma:

$$\frac{\dot{a}_{in}}{a_{in}} = r_i \left(1 - \frac{a_{in}}{a_{in}^*}\right) \quad (18)$$

A equação (18) mostra que, se o nível de demanda setorial de um país estiver próximo ao nível de saturação, então, a taxa de crescimento da demanda será pequena. Destarte, quanto mais próximo do nível de saturação estiver o setor, em termos de demanda, menor será a taxa de crescimento da demanda deste setor. Analogamente, se o nível de demanda setorial for nulo (ou próximo disso), a taxa de crescimento da demanda deste setor será a proposta por Pasinetti (1993), isto é, exponencial. Assim, à medida que a demanda pelo bem  $i$  se expande, aumenta o consumo total desta mercadoria, que se aproxima do seu nível de saturação. Portanto, caso a demanda se aproxime do nível de saturação, a taxa de variação diminuirá, ou seja,  $\lim_{a_{in} \rightarrow a_{in}^*} \dot{a}_{in} = 0$ , a menos que o nível de saturação da demanda setorial aumente [ $\Delta a_{in}^* > 0$ ].

Da equação (18), nota-se que o nível de  $a_{in}$  aumenta progressivamente de  $a_{in}(0)$ , no tempo  $t = 0$ , até o limite  $a_{in}^*$  que é apenas alcançado quando  $t \rightarrow \infty$ . Assim, em resumo, têm-se três possíveis cenários para a variação da demanda setorial, a saber:

$$\begin{cases} \text{Se } a_{in} \rightarrow a_{in}^* \Rightarrow \dot{a}_{in} \rightarrow 0 \\ \text{Se } 0 < a_{in} < a_{in}^* \Rightarrow 0 < \dot{a}_{in} < r_i \\ \text{Se } a_{in} \rightarrow 0 \Rightarrow \dot{a}_{in} \rightarrow r_i \end{cases} \quad (19)$$

Posto isto, define-se a taxa de crescimento da produtividade em cada setor,  $\frac{\dot{q}_i}{q_i}$ , como o inverso da taxa de crescimento do coeficiente de trabalho,  $\frac{\dot{a}_{ni}}{a_{ni}}$ , chegando à seguinte identidade:

$$\frac{\dot{q}_i}{q_i} \equiv -\frac{\dot{a}_{ni}}{a_{ni}} \quad (20)$$

Pela equação (20), percebe-se que a taxa de crescimento da produtividade setorial é equivalente ao inverso da taxa de crescimento do requisito unitário de trabalho.

Assim, este tópico apresentou uma função de demanda setorial abrangente, ainda que compatível com a Lei de Engel e com a proposta por Pasinetti.

#### **1.4. O PROGRESSO TÉCNICO – A LEI DE KALDOR-VERDOORN (1966-67)**

De acordo com Setterfield (1997, p. 367) a produtividade varia de acordo com a Lei de Kaldor-Verdoorn. Isto implica que a taxa de crescimento da produtividade setorial depende da taxa de crescimento da produção setorial que, dada a hipótese do gasto total, é equivalente à demanda setorial:

$$\frac{\dot{q}_i}{q_i} = \theta_i + \alpha_i \frac{\dot{a}_{in}}{a_{in}} \quad (21)$$

onde  $\alpha_i$  é o coeficiente de Verdoorn e  $\theta_i$  denota o componente exógeno do progresso técnico setorial.

Para explicar a produtividade ou progresso tecnológico como a razão do produto do setor  $i$  sobre a força de trabalho alocado em  $i$ , deve-se recorrer a Kaldor (1966). O autor afirma em uma série de generalizações empíricas que: i) existe uma forte relação da produção manufatureira e o crescimento do PIB real; ii) há uma relação positiva entre a taxa de crescimento da produtividade no setor manufatureiro e o crescimento da produção manufatureira, como resultado de rendimentos crescentes; e iii) quanto mais rápido for o crescimento da produção do setor manufatureiro, maior a taxa de transferência de trabalhadores dos demais setores para o setor manufatureiro, consequentemente, maior a produtividade e o crescimento do país.

A contribuição é compatível com a teoria neoschumpeteriana, na qual os mecanismos de *learning by doing*, dentre outros, tornam-se importantes fontes de *catch up* e de redução do hiato tecnológico entre os países. Nessa perspectiva teórica, a difusão tecnológica é uma função crescente da distância do nível total de apropriação do conhecimento de um país em relação ao país que está na fronteira tecnológica. Assim, o desenvolvimento tecnológico de um país pode ser obtido por meio de atividades imitativas, mas este gera resultados inferiores se comparado àqueles países que desenvolvem atividades inovativas internamente. O nível de atividades inovativas pode ser mensurado por medidas de esforço, gasto em P&D ou por variáveis de resultados, como números de patentes e índices de inovação.

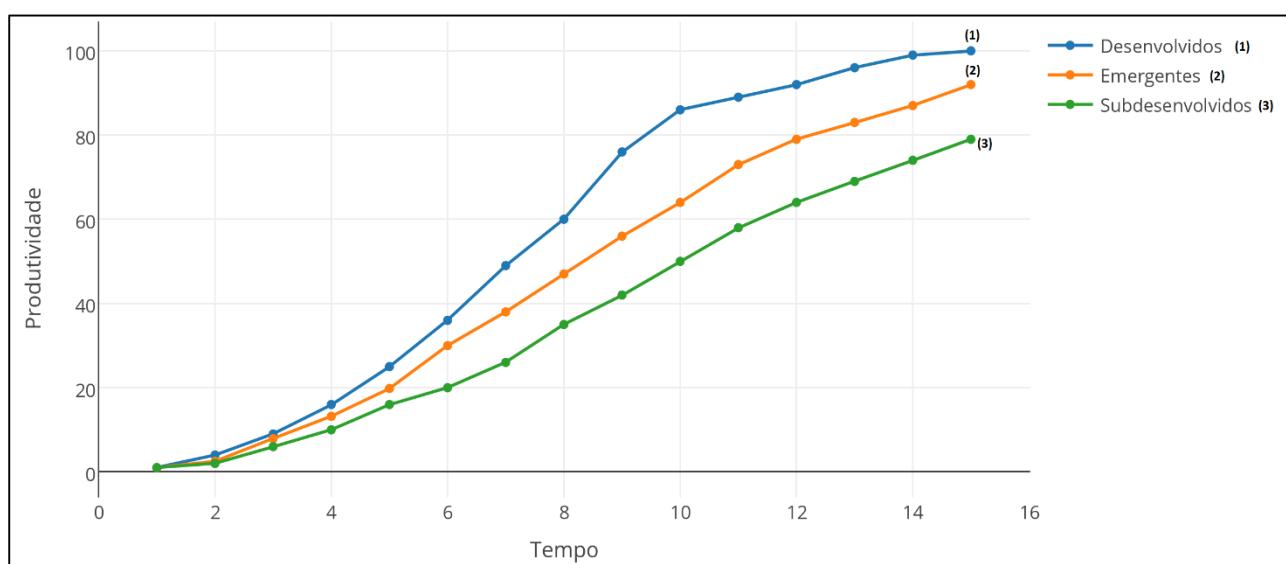
Destarte, substituindo (18) em (21), tem-se a taxa de crescimento do progresso técnico setorial, dado por:

$$\frac{\dot{q}_i}{q_i} = \theta_i + \alpha_i r_i \left(1 - \frac{a_{in}}{a_{in}^*}\right) \quad (22)$$

Onde  $\theta_i$  representa a parte do progresso técnico setorial que não depende do nível de demanda,  $\alpha_i r_i$  representa a taxa máxima de crescimento do progresso técnico setorial e  $\frac{a_{in}}{a_{in}^*}$  representa o nível de saturação da demanda *per capita* setorial.

No Gráfico 1, tem-se a representação do comportamento do progresso tecnológico de cada um dos países estilizados, considerando  $\theta_i = 0$ . Por ser endógena e explicada pelo comportamento da demanda, ela possui um formato funcional similar ao da demanda setorial. A curva da produtividade ou progresso tecnológico setorial azul (número 1) representa os países desenvolvidos, que atingem a fronteira tecnológica mais rapidamente. Esses países são exatamente aqueles da fronteira tecnológica na maioria dos setores da atividade econômica. A curva laranja (número 2), referente ao progresso tecnológico setorial dos países emergentes, indica que a evolução é relativamente mais lenta que aquela observada nos países ricos, porém alcança o estágio de desenvolvimento tecnológico com mais velocidade que os países subdesenvolvidos, representados pela curva verde (número 3). Esses países menos desenvolvidos, por sua vez, se beneficiam do progresso tecnológico de duas maneiras, através da inovação e da difusão tecnológica, sendo que esta última tem uma importância relativamente maior quanto menos desenvolvido o país.

Gráfico 1: Progresso Técnico Setorial Guiado Pela Demanda – Países Estilizados.



Fonte: Elaboração Própria

Em suma, na presente dissertação, apresenta-se o comportamento da taxa de crescimento da demanda setorial como uma função logística, diferentemente da proposta originalmente por Pasinetti, conferindo um tratamento mais realista ao modelo. Assim, ainda que possa assumir valores negativos ou positivos, a taxa de crescimento da demanda setorial tenderá a se tornar nula no ponto onde o nível de demanda setorial for compatível com a Lei de Engel.

## CAPÍTULO 2 – O MODELO DE ARAUJO E LIMA (2007) AMPLIADO

### 2.1. O Modelo Multissetorial e Multilateral com Progresso Técnico Endógeno

Neste tópico será apresentada uma versão estendida do modelo de (ARAUJO E LIMA, 2007), considerando também a multilateralidade, a produtividade e a taxa de câmbio real. Dito isto, a condição de pleno emprego é dado por:

$$\sum_{i=1}^{n-1} (a_{in} + \sum_{j=1}^J \xi^j a_{i\hat{n}}^j) a_{ni} = 1 \quad (23)$$

Onde  $a_{in}$  é o coeficiente de demanda doméstica pelo bem  $i$  produzido internamente,  $a_{i\hat{n}}^j$  representa o coeficiente de demanda externa dos  $j = 1, \dots, J$  parceiros comerciais pelo bem  $i$ , com  $i = 1, \dots, n - 1$ . Os coeficientes de produção dos  $i$  bens de consumo são dados por  $a_{ni}$ . A quantidade de emprego no setor  $i$  externo é denotado por  $\hat{n}$  e o tamanho da população, em ambos os países está relacionada, bilateralmente, por um coeficiente de proporcionalidade  $\xi^j$ .

A condição de gasto total é dada por:

$$\sum_{i=1}^{n-1} (a_{in} + \sum_{j=1}^J a_{i\hat{n}}^j) a_{ni} = 1 \quad (24)$$

onde  $a_{in}$  representa o coeficiente de demanda doméstica pelo bem  $i$  produzido externamente.

A terceira e última condição imposta ao modelo é a de equilíbrio na balança comercial por setor, possuindo a seguinte expressão:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J (\xi^j a_{i\hat{n}}^j - a_{i\hat{n}}^j) a_{ni} = 0 \quad (25)$$

Diante do exposto, uma importante propriedade deste modelo é que o equilíbrio da balança comercial não pode ser escrito em termos de preço como é usual, mas em termos de coeficiente de trabalho  $a_{ni}$ . Diante disso, cabe apresentar as funções exportação e importação. Destarte, a função exportação do país para os  $J$  parceiros comerciais possui a seguinte forma:

$$x_{i\hat{n}}^j = \begin{cases} \left(\frac{p_i}{e^j p_i^j}\right)^{\eta_i^j} (Y^j)^{\beta_i^j} & \text{se } e^j p_i^j \geq p_i, j = 1, \dots, J \\ 0 & \text{se } e^j p_i^j < p_i, j = 1, \dots, J \end{cases} \quad (26)$$

Onde  $x_{i\hat{n}}^j$  representa demanda externa pelo bem  $i$  produzido domesticamente,  $\eta_i^j$  é a elasticidade preço da demanda para exportação do bem  $i$ , com  $\eta_i^j < 0$ , enquanto  $\beta_i^j$  é a elasticidade-renda da demanda por exportações e  $Y^j$  é a renda do país  $j$ . Dividindo ambos os lados de (26) pela população do país  $j$ , dado por  $X_j$ , tem-se o coeficiente *per capita* da demanda externa  $j$  pelo bem doméstico  $i$ :

$$a_{i\hat{n}}^j = \begin{cases} \left(\frac{p_i}{e^j p_i^j}\right)^{\eta_i^j} (y^j)^{\beta_i^j} X_j^{\beta_i^j - 1} & \text{se } e^j p_i^j \geq p_i, j = 1, \dots, J \\ 0 & \text{se } e^j p_i^j < p_i, j = 1, \dots, J \end{cases} \quad (27)$$

Além disto, se o parceiro comercial não possuir vantagem comparativa em produzir o bem  $i$ , a importação doméstica *per capita* do bem  $i$  será zero. Mas se  $p_i > e^j p_i^j$  então é necessário considerar os coeficientes de demanda de importação, sendo dado por uma função padrão demanda doméstica por importação, que possui a seguinte forma funcional:

$$x_{in}^j = \begin{cases} \left(\frac{e^j p_i^j}{p_i^k}\right)^{\psi_i^j} (Y)^{\phi_i^j} & \text{se } p_i \geq e^j p_i^j, j = 1, \dots, J \\ 0 & \text{se } p_i < e^j p_i^j, j = 1, \dots, J \end{cases} \quad (28)$$

Onde  $\psi_i^j$  é a elasticidade preço da demanda por importações pelo bem  $i$ , com  $\psi_i^j < 0$  e  $\phi_i^j$  é a elasticidade renda da demanda doméstica do setor  $i$  por importações e  $Y$  é a renda real doméstica.

Dividindo ambos os lados de (28) pela população doméstica, dada por  $X$ , encontra-se o coeficiente de importação per capita do bem  $i$ :

$$a_{in}^j = \begin{cases} \left(\frac{e^j p_i^j}{p_i^k}\right)^{\psi_i^j} y^{\phi_i^j} X^{\phi_i^j - 1} & \text{se } p_i \geq e^j p_i^j, j = 1, \dots, J \\ 0 & \text{se } p_i < e^j p_i^j, j = 1, \dots, J \end{cases} \quad (29)$$

No caso de  $e^j p_i^j \geq p_i$  pode-se aplicar o logaritmo natural em ambos os lados de (29) e diferenciar em relação ao tempo  $t$ . Adotando a seguinte convenção:  $\frac{\dot{p}_i}{p_i} = \hat{p}_i$ ,  $\frac{\dot{p}_i^j}{p_i^j} = \hat{p}_i^j$ ,  $\frac{\dot{e}^j}{e^j} = \hat{e}^j$ ,

$\frac{\dot{y}}{y} = \sigma_y$ ,  $\frac{\dot{y}^j}{y^j} = \sigma_y^j$ ,  $\frac{\dot{X}_j}{X_j} = \hat{g}$ , este procedimento proporciona a seguinte taxa de crescimento per capita da demanda por exportações do bem  $i$ . Passando o log e derivando (27) em relação ao tempo, tem-se:

$$\frac{\dot{a}_{in}^j}{a_{in}^j} = \begin{cases} \eta_i^j (\hat{p}_i - \hat{p}_i^j - \hat{e}^j) + \beta_i^j \sigma_y^j + (\beta_i^j - 1) \hat{g} & \text{se } e^j p_i^j \geq p_i, j = 1, \dots, J \\ 0 & \text{se } e^j p_i^j < p_i, j = 1, \dots, J \end{cases} \quad (30)$$

Para efeito de simplificação, adota-se que  $g = \hat{g} = 0$ , portanto:

$$\dot{a}_{in}^j = \begin{cases} \eta_i^j a_{in}^j (\hat{p}_i - \hat{p}_i^j - \hat{e}^j) + a_{in}^j \beta_i^j \sigma_y^j & \text{se } e^j p_i^j \geq p_i, j = 1, \dots, J \\ 0 & \text{se } e^j p_i^j < p_i, j = 1, \dots, J \end{cases} \quad (31)$$

Adotando o mesmo procedimento para a equação (31) para o caso  $p_i \geq e^j p_i^j$  tem-se:

$$\frac{\dot{a}_{in}^j}{a_{in}^j} = \begin{cases} \Psi_i^j (\hat{p}_i^j + \hat{e}^j - \hat{p}_i) + \phi_i^j \sigma_y + (\phi_i^j - 1) g & \text{se } p_i \geq e^j p_i^j, j = 1, \dots, J \\ 0 & \text{se } p_i < e^j p_i^j, j = 1, \dots, J \end{cases} \quad (32)$$

E, portanto:

$$\dot{a}_{in}^j = \begin{cases} a_{in}^j \Psi_i^j (\hat{p}_i^j + \hat{e}^j - \hat{p}_i) + a_{in}^j \phi_i^j \sigma_y & \text{se } p_i \geq e^j p_i^j, j = 1, \dots, J \\ 0 & \text{se } p_i < e^j p_i^j, j = 1, \dots, J \end{cases} \quad (33)$$

Para que a condição de equilíbrio na balança comercial permaneça válida à medida que o tempo passa, é necessário que a seguinte condição seja satisfeita:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J (\xi^j \dot{a}_{in}^j - \dot{a}_{in}^j) a_{ni} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J (\xi^j a_{in}^j - a_{in}^j) \dot{a}_{ni} = 0 \quad (34)$$

Note que embora  $\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J (\xi^j a_{i\hat{n}}^j - a_{i\hat{n}}^j) a_{ni} = 0$  não se pode concluir que  $\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J (\xi^j a_{i\hat{n}}^j - a_{i\hat{n}}^j) \dot{a}_{ni} = 0$ , pois  $\dot{a}_{ni} \xi^j - \dot{a}_{ni} a_{i\hat{n}}^j \neq a_{ni} \xi^j - a_{ni} a_{i\hat{n}}^j$  para todos os setores e todos os parceiros. Ainda assim há uma chance de  $\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J (\xi^j a_{i\hat{n}}^j - a_{i\hat{n}}^j) \dot{a}_{ni}$  ser nulo, basta considerar que as contribuições que a produtividade traz para um determinado conjunto de setores superavitários, ponderados pela balança comercial de cada destes setores, são completamente anuladas pelas contribuições trazidas pela produtividade ao conjunto de setores cuja balança comercial é deficitária. De tão raro de acontecer, no entanto, este caso particular será desconsiderado, pois é altamente improvável que ele se realize na prática. Portanto,  $\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J (\xi^j a_{i\hat{n}}^j - a_{i\hat{n}}^j) \dot{a}_{ni} > 0$ . Destarte, o modelo não faz nenhuma restrição sobre o valor da taxa de crescimento da produtividade setorial, podendo inclusive ser nula. Nestes setores, obviamente, não haverá contribuição do crescimento da produtividade sobre o produto doméstico.

Substituindo (20), (22), (31) e (33) em (34), bem como fazendo os algebrismos necessários, tem-se:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J (\xi^j \eta_i^j a_{i\hat{n}}^j (\hat{p}_i - \hat{p}_i^j - \hat{e}^j) + \xi^j a_{i\hat{n}}^j \beta_i^j \sigma_y^j - a_{i\hat{n}}^j \Psi_i^j (\hat{p}_i^j + \hat{e}^j - \hat{p}_i) - a_{i\hat{n}}^j \phi_i^j \sigma_y) a_{ni} \\ & + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J (\xi^j a_{i\hat{n}}^j - a_{i\hat{n}}^j) \left[ q_i \theta_i + q_i \alpha_i r_i \left( 1 - \frac{a_{in}}{a_{in}^*} \right) \right] = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J (\xi^j \eta_i^j a_{i\hat{n}}^j (\hat{p}_i - \hat{p}_i^j - \hat{e}^j) a_{ni} + \xi^j a_{i\hat{n}}^j \beta_i^j \sigma_y^j a_{ni} - a_{i\hat{n}}^j \Psi_i^j (\hat{p}_i^j + \hat{e}^j - \hat{p}_i) a_{ni} - a_{ni} a_{i\hat{n}}^j \phi_i^j \sigma_y) \\ & + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J -(\xi^j a_{i\hat{n}}^j - a_{i\hat{n}}^j) q_i \theta_i - \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J -(\xi^j a_{i\hat{n}}^j - a_{i\hat{n}}^j) q_i \alpha_i r_i \left( 1 - \frac{a_{in}}{a_{in}^*} \right) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & - \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J a_{ni} a_{i\hat{n}}^j \phi_i^j \sigma_y = - \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J (\xi^j \eta_i^j a_{ni} a_{i\hat{n}}^j + a_{ni} a_{i\hat{n}}^j \Psi_i^j) (\hat{p}_i - \hat{p}_i^j - \hat{e}^j) \\ & - \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J \xi^j a_{i\hat{n}}^j \beta_i^j \sigma_y^j a_{ni} - \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J (\xi^j a_{i\hat{n}}^j - a_{i\hat{n}}^j) q_i \theta_i \\ & - \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J (\xi^j a_{i\hat{n}}^j - a_{i\hat{n}}^j) q_i \alpha_i r_i \left( 1 - \frac{a_{in}}{a_{in}^*} \right) \end{aligned}$$

Por fim, chega-se a Lei de Thirlwall Multisetorial Multilateral, que é representada da seguinte maneira:

$$\sigma_y = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J (\xi^j \eta_i^j a_{ni} a_{in}^j + a_{ni} a_{in}^j \psi_i^j)}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J a_{ni} a_{in}^j \phi_i^j} (\hat{p}_i - \hat{p}_i^j - \hat{e}^j) + \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J \xi^j a_{in}^j \beta_i^j a_{ni}}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J a_{ni} a_{in}^j \phi_i^j} \sigma_y^j \\ + \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J (\xi^j a_{in}^j q_i - a_{in}^j q_i)}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J a_{ni} a_{in}^j \phi_i^j} \theta_i + \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J (\xi^j a_{in}^j q_i - a_{in}^j q_i)}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J a_{ni} a_{in}^j \phi_i^j} \alpha_i r_i \left(1 - \frac{a_{in}}{a_{in}^*}\right) \quad (35)$$

Onde  $\sigma_y$  depende da taxa de crescimento econômico dos parceiros comerciais,  $\sigma_y^j$ , da taxa de crescimento do progresso técnico setorial exógena,  $\theta_i$ , da taxa de crescimento da demanda setorial,  $\alpha_i r_i \left(1 - \frac{a_{in}}{a_{in}^*}\right)$ , e da taxa de crescimento do câmbio real setorial bilateral,  $(\hat{p}_i - \hat{p}_i^j - \hat{e}^j)$ .

Por conveniência e para melhor compreensão da equação (35), define-se o seguinte:  $\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J a_{ni} a_{in}^j \phi_i^j = \Sigma_\phi$ ,  $\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J (\xi^j \eta_i^j a_{ni} a_{in}^j + a_{ni} a_{in}^j \psi_i^j) = \Sigma_{\psi\eta}$ ,  $\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J \xi^j a_{in}^j \beta_i^j a_{ni} = \Sigma_\beta$  e  $\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J (\xi^j a_{in}^j - a_{in}^j) q_i = \Sigma_q$ . Portanto, a LTMS Multilateral pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\sigma_y = \frac{\Sigma_{\psi\eta}}{\Sigma_\phi} (\hat{p}_i - \hat{p}_i^j - \hat{e}^j) + \frac{\Sigma_\beta}{\Sigma_\phi} \sigma_y^j + \frac{\Sigma_q}{\Sigma_\phi} \left[ \theta_i + \alpha_i r_i \left(1 - \frac{a_{in}}{a_{in}^*}\right) \right] \quad (36)$$

A equação (36) apresenta uma maneira de se calcular a taxa de crescimento econômico restrita pela Balança de Pagamentos com ausência de causalidade cumulativa. Assim, ela permite compreender qual a relação existente entre setores, parceiros comerciais e o crescimento econômico doméstico. Desta equação, pode-se extrair o peso relativo que cada setor e parceiro comercial possui na composição da taxa de crescimento econômico. Além de identificar estes componentes, é possível observar o impacto que a demanda setorial tem sobre o crescimento do produto doméstico. Primeiramente, o termo  $\Sigma_{\psi\eta}/\Sigma_\phi$  representa a elasticidade preço da demanda, sendo seu valor diferente para cada parceiro comercial e para cada setor. Quando  $\Sigma_{\psi\eta}/\Sigma_\phi > 0$  para um setor e parceiro qualquer, então uma depreciação cambial real deste setor amplia a taxa de crescimento econômico. Com efeito, quanto maior for este termo para cada parceiro e setor, maior o efeito positivo de uma depreciação cambial destes setores sobre a taxa de crescimento econômico.

Assim, caso  $\Sigma_{\psi\eta}/\Sigma_\phi > 1$  então o repasse do efeito da depreciação cambial setorial para o produto é mais que proporcional.

Já o termo  $\Sigma_\beta/\Sigma_\phi$  representa a elasticidade renda da demanda e, de maneira equivalente ao termo anterior, também tem seu valor variando de parceiro para parceiro e de setor para setor. Sempre que  $\Sigma_\beta/\Sigma_\phi > 0$  para um país e um setor arbitrários, então o crescimento econômico de um parceiro através deste setor, provocará uma melhora na taxa de crescimento econômico doméstico. Quando ocorrer de caso  $\Sigma_\beta/\Sigma_\phi > 1$  então o impacto do efeito do crescimento econômico para o produto doméstico é mais que proporcional. Em relação à produtividade setorial doméstica, o termo  $\Sigma_q/\Sigma_\phi$  captura a sensibilidade do crescimento econômico ao aumento da produtividade dos setores. Neste sentido, caso  $\Sigma_q/\Sigma_\phi > 1$  para um setor específico, então caso haja um progresso técnico que eleve a produtividade, este aumento será repassado ao produto de maneira mais que proporcional.

Os impactos do termo de inovação setorial  $\theta_i$  e o nível de saturação já alcançada por setor,  $1 - a_{in}/a_{in}^*$ , são positivos sobre a taxa de crescimento econômico doméstica. Já um aumento no nível do consumo de satisfação máxima do bem  $i$ ,  $a_{in}$  eleva o crescimento econômico doméstico. Contudo, este efeito sobre o produto não é persistente, pois, dado este novo nível de saturação de demanda, à medida em que o consumo aumenta, reduz-se este efeito sobre o produto até o limite, quando o nível de saturação se igual ao nível de consumo efetivo. Neste momento a contribuição da demanda setorial para o crescimento do PIB doméstico é nula. Além destes efeitos da demanda, a oferta possui um grande papel neste modelo de crescimento econômico, afinal a inovação tecnológica,  $\theta_i$ , tem um papel muito importante para a economia e para o crescimento. Neste modelo, uma onda de inovações,  $\Delta\theta_i > 0$ , é capaz de provocar um aumento da taxa de crescimento econômico persistente.

Desta maneira, têm-se condições de avaliar os efeitos do crescimento econômico de cada um dos parceiros comerciais, por setor, sobre o crescimento econômico doméstico. Ademais, pode-se mensurar o impacto do aumento da taxa de crescimento da produtividade em cada setor sobre a taxa de crescimento econômico doméstico e, portanto, distinguir quais são os setores que mais contribuem para o crescimento econômico da economia doméstica. Portanto, pode-se definir a melhor estratégia de inserção externa do país, bem como apresentar uma estratégia crescimento sustentável de longo prazo. Assim, os *policy makers* terão condições de propor políticas econômicas que melhorem as relações comerciais e a competitividade da economia, para ajustar a taxa de crescimento econômico de longo prazo e conduzir a economia para um estágio superior de desenvolvimento.

## CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA ECONOMÉTRICA

Segundos os autores Barossi e Braga (2000), usa-se métodos matemáticos e estatísticos a um agrupamento de dados econômicos quando se deseja prover remissão empírica às teorias econômicas e isto constitui a ideia central da Econometria. Mais que isto,

*la Econometría es la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos a tablas de datos, que contienen “unidades” (de observación) por características observables de las mismas (“variables”), con el propósito de dar contenido empírico a las teorías económicas planteadas en modelos, verificándolas a partir del estudio de la semejanza entre unidades y la relación entre variables, en un espacio y tiempo específico.* (BARONIO e VIANCO, 2010, p. 10)<sup>9</sup>.

Assim, em síntese, pode-se concluir que a econometria é um conjunto de ferramentas que visa combinar, de maneira inteligente, estatística, matemática e teoria econômica. Com efeito, por meio do instrumental econométrico, o pesquisador pode, aliado à teoria, levantar um conjunto de dados para se chegar a algum resultado específico, capaz de testar a falseabilidade de argumentos teóricos.

### 3.1. Base de Dados

De acordo com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (2014) os principais parceiros comerciais do Brasil em 2014 foram China, EUA e Argentina, respectivamente.

Assim, foram utilizadas as séries temporais do crescimento do PIB *per capita* no período de 1979 até 2012 de quatro países, quais sejam, Brasil e seus principais parceiros comerciais: Argentina, China e Estados Unidos. Além desta, utilizou-se a série de inflação e câmbio nominal para os mesmos países e mesmo período. Exclusivamente para o Brasil, utilizou-se também o valor adicionado e o emprego por setor para o mesmo período. No entanto, a base de dados disponível estava desbalanceada, isto é, algumas informações estavam indisponíveis. Para contornar este problema, utilizou-se o método de interpolação linear para representar, por aproximação, uma suposta função  $f(x)$  que representaria os valores indisponíveis das séries temporais. Este procedimento foi realizado por meio do software OriginPro 8.

---

<sup>9</sup> Econometria é a aplicação de métodos matemáticos e tabelas de dados estatísticos que contêm "unidades" (de observação) por características observáveis dos mesmos (variáveis), a fim de fornecer evidências empíricas para teorias econômicas levantadas em modelos, verificando-as a partir do estudo da semelhança entre as unidades e a relação entre variáveis de um espaço e de tempo específico.

### **3.2. Hipóteses do Modelo**

Decidiu-se, na presente dissertação, utilizar dois métodos econométricos, quais sejam, o Mínimo Quadrados Ordinários e o Vetores Autoregressivos. A finalidade é, a partir do primeiro método, estabelecer os parâmetros para a realização de uma simulação computacional e, a partir do segundo, comparar os resultados simulados com os resultados obtidos pelo VAR. Destarte, a hipótese do modelo é de que ele está bem especificado, isto é, todas as variáveis utilizadas são estatisticamente significativas para explicar a taxa de crescimento do produto brasileiro.

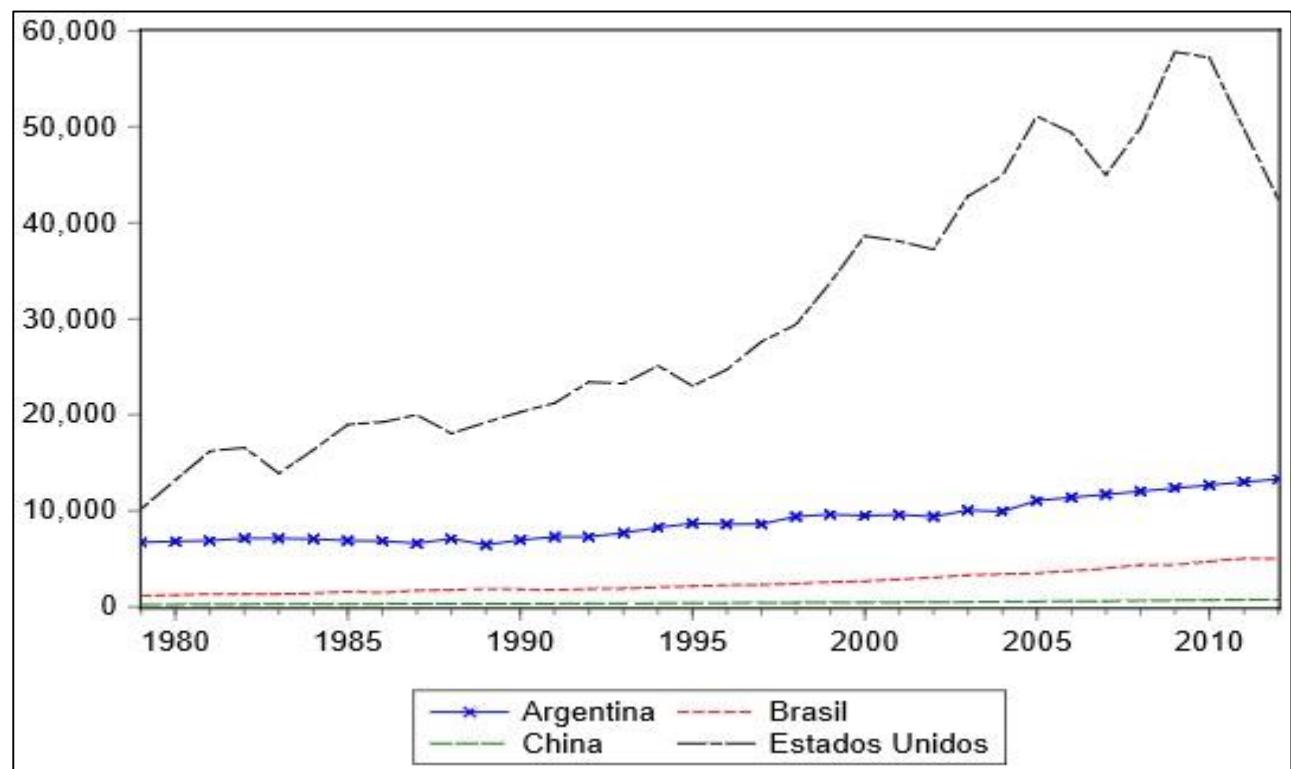
### **3.3. Tratamento Econométrico das Séries**

#### i. Taxa de Crescimento da Produtividade Setorial

A produtividade do trabalho setorial foi obtida pela razão entre o valor adicionado setorial (VAS), a preços constantes de 2005 em dólar, e o pessoal ocupado em cada atividade econômica calculada pelo Banco Mundial e disponíveis na base de dados WDI. Posteriormente, calculou-se a taxa de crescimento pela diferença da produtividade em  $t$  e  $t - 1$ , dividindo o resultado pela produtividade em  $t - 1$ .

O Gráfico 2 mostra a produtividade da agricultura do Brasil, China, EUA e Argentina, entre os anos de 1979 e 2012. Como pode ser visto, os Estados Unidos foi o país que mais aprimorou sua técnica na agricultura, seguido da Argentina, Brasil e China. Esse gráfico revela o quanto a agricultura brasileira está defasada em relação à fronteira tecnológica, ainda que o Brasil seja um grande exportador de produtos primários.

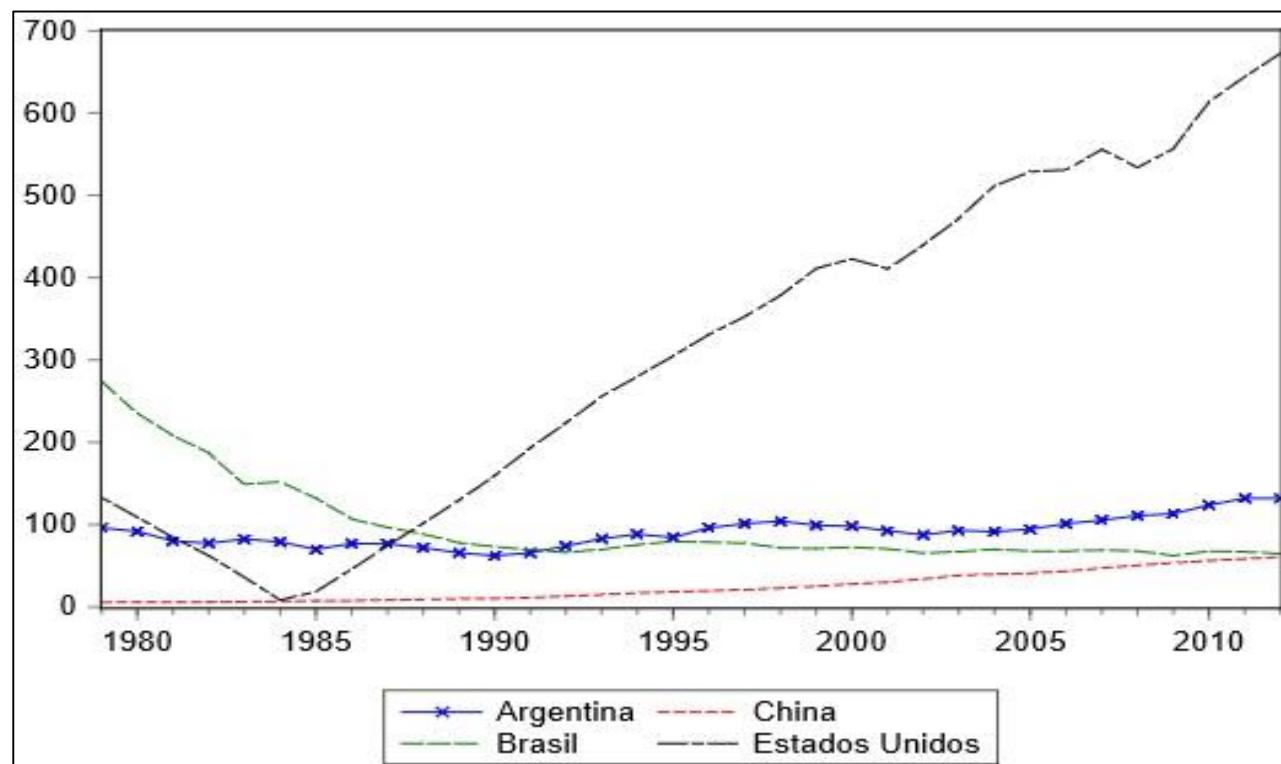
Gráfico 2: Produtividade da Agricultura a Preços Constantes de 2005 de Países Selecionados (U\$ 2005).



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados WDI.

O Gráfico 3 mostra como se comportou a produtividade da indústria no Brasil, China, EUA e Argentina. Assim como no caso da agricultura, os EUA lideraram os avanços técnicos na indústria no período analisado. Além disto, todos os países considerados, com exceção do Brasil, tiveram algum avanço na produtividade industrial. Pelo gráfico, nota-se que a partir de 1979 a produtividade industrial brasileira diminuiu de maneira expressiva, estabilizando-se recentemente num patamar quase três vezes menor do que seu nível em 1980. Este fenômeno, como será mais detalhado adiante, contribuiu para a perda de competitividade internacional da economia brasileira, bem como minou a sua capacidade de crescer de maneira sustentável.

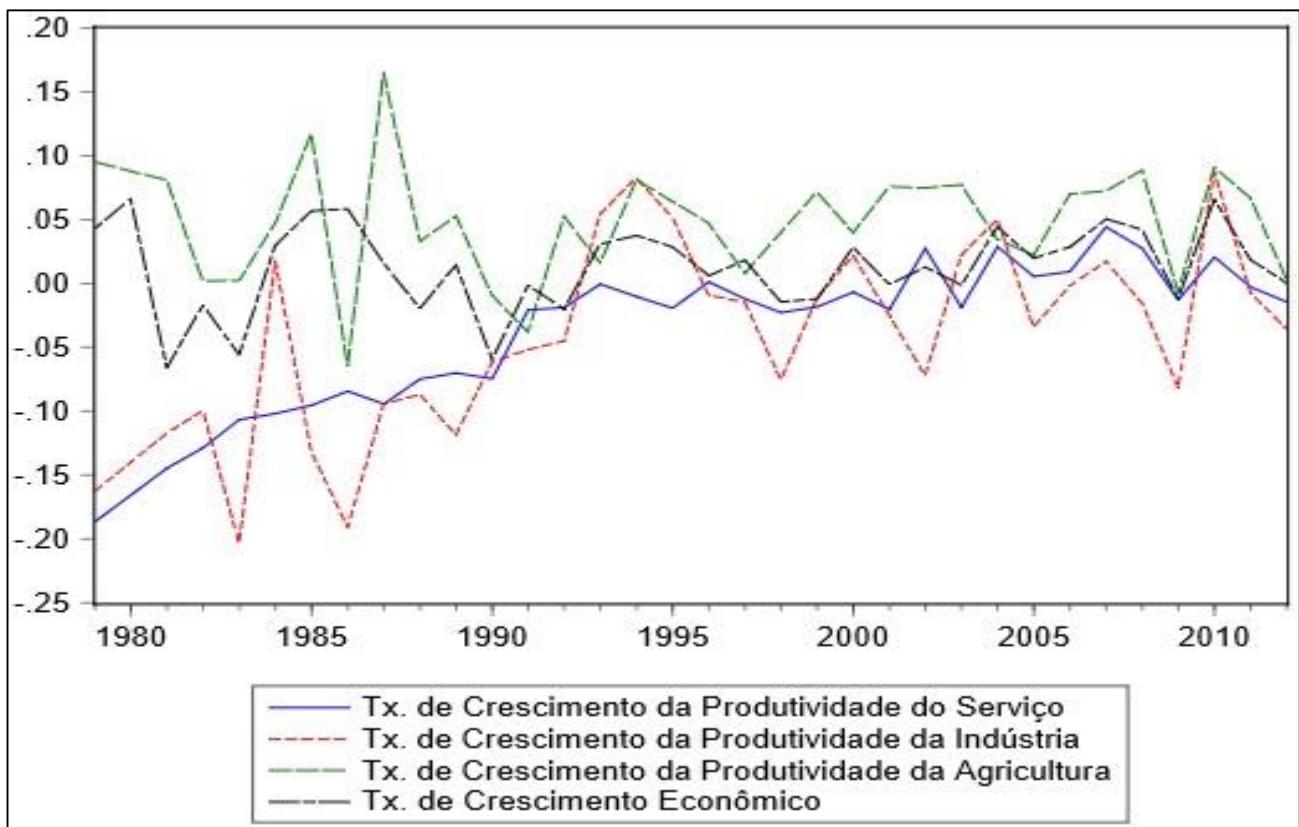
Gráfico 3: Produtividade da Indústria a Preços Constantes de 2005 de Países Selecionados (U\$ 2005).



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados WDI.

O gráfico 4 mostra as taxas de crescimento da produtividade dos setores industrial, serviços e agricultura e os compara com a taxa de crescimento econômico brasileiro. Como indicado, as taxas de crescimento da produtividade setorial, em conjunto, possuem uma alta correlação com o crescimento do produto brasileiro (0,7334). Além disto, a agricultura foi o setor que mais teve sua produtividade desenvolvida, sendo, pois, um dos setores que mais contribuiu para o crescimento do produto nacional. Além disto, ainda pode ser observado que na crise de 2008 todos os setores brasileiros sofreram uma queda significativa em sua trajetória, evidenciando a forte relação entre produção e produtividade formalizada pela Lei de Kaldor-Verdoorn.

Gráfico 4: Taxa de Crescimento da Produtividade do Trabalho Por Setor e Taxa de Crescimento Econômico: Brasil. Entre 1979 e 2012 (% a.a.).



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados WDI.

Esta seção apresentou alguns dados do comportamento da produtividade setorial do Brasil e de certos setores de alguns parceiros comerciais.

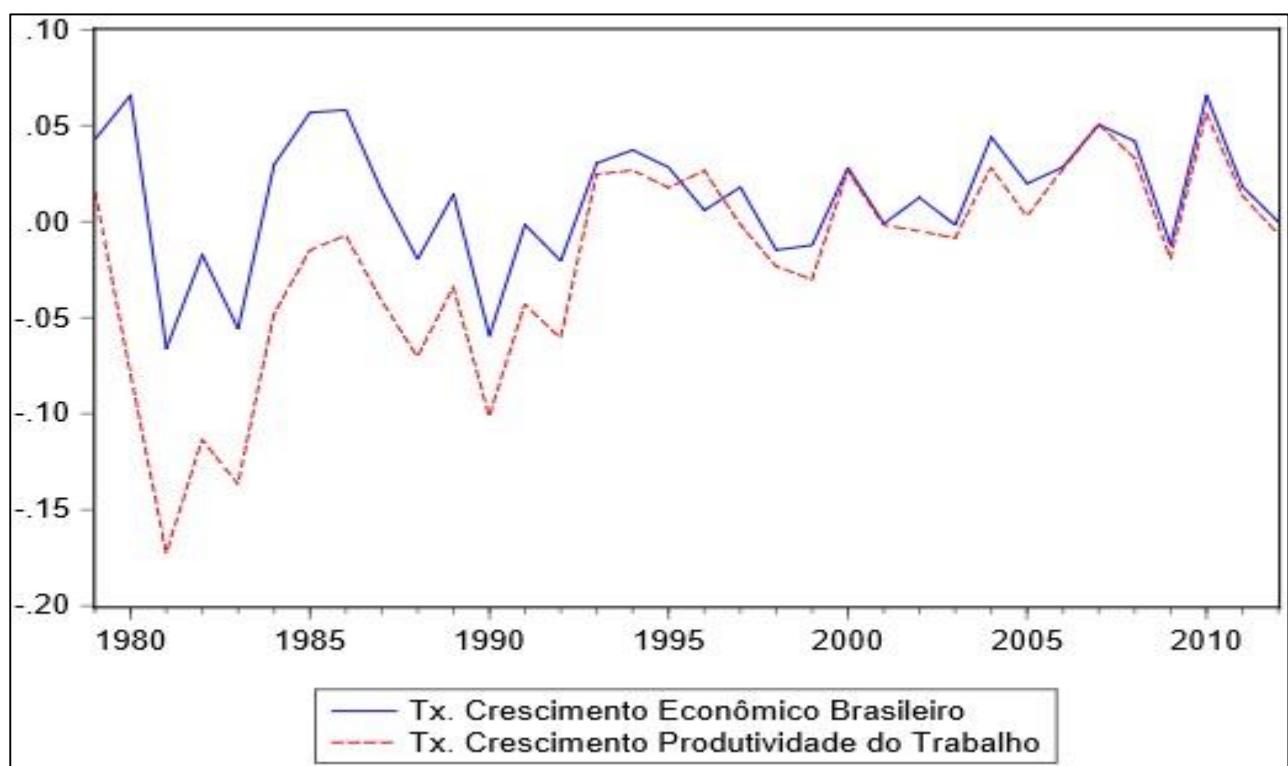
## ii. Taxa de Crescimento Econômico *Per Capita*

A taxa de crescimento econômico *per capita* foi extraída na base de dados WDI. De acordo com a base de dados, esta taxa de crescimento está a preços constantes (US\$) de 2005 e foi calculada com base na moeda local. O PIB é a soma do valor adicionado bruto por todos os produtores residentes na economia mais os impostos de produtos menos quaisquer subsídios que não forem incluídos nos preços dos produtos. Ele é calculado sem fazer deduções para depreciação de ativos fabricados ou para exaustão e degradação dos recursos naturais, ambas séries calculadas pelo Banco Mundial e disponíveis na base de dados WDI.

O Gráfico 5 mostra as trajetórias da taxa de crescimento do produto brasileiro e a da taxa de crescimento da produtividade do trabalho. Percebe-se que de 1979 até 1993, o crescimento econômico brasileiro era superior ao crescimento da produtividade, mas a partir de 1993, o

crescimento econômico brasileiro passou a acompanhar de perto a taxa de crescimento da produtividade brasileira. Por fim, este gráfico é mais uma maneira de visualizar como a Lei de Kaldor-Verdoorn atuou sobre o Brasil no período em questão.

Gráfico 5: Taxa de Crescimento da Produtividade do Trabalho e Taxa de Crescimento Econômico Brasileiro entre 1979 e 2012 (% a.a.)



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados WDI.

Para se ter certeza de que o Gráfico 5 trata, de fato, da Lei de Kaldor-Verdoorn é necessário e suficiente que se demonstre que a taxa de crescimento econômico cause a taxa de crescimento da produtividade de trabalho. No entanto, o máximo que se pode testar é a causalidade de Granger que, suscintamente, implica correlação entre os valores presentes de uma variável e os valores passados de outras variáveis, mas não significa que mudanças numa variável acarretem mudança na outra. A hipótese nula do teste é de que a variável não causa a outra no sentido de Granger. Como pode ser visto pela Tabela X, a taxa de crescimento econômico causa-Granger a taxa de crescimento da produtividade e vice-versa, o que mostra bicausalidade e um efeito *feedback* entre as variáveis. Neste sentido, há indícios de que o Gráfico 5 trata realmente da Lei de Kaldor-Verdoorn para o Brasil.

Tabela 1 – Resultado do Teste de Causalidade de Granger – 1980-2012.

VARIÁVEIS	→	Chi-sq	Resultado
TX. CRESCIMENTO	TX. CRESCIMENTO	18,335***	CAUSA-GRANGER
PRODUTIVIDADE	ECONÔMICO		
TX. CRESCIMENTO	TX. CRESCIMENTO	9,960***	CAUSA-GRANGER
ECONÔMICO	PRODUTIVIDADE		

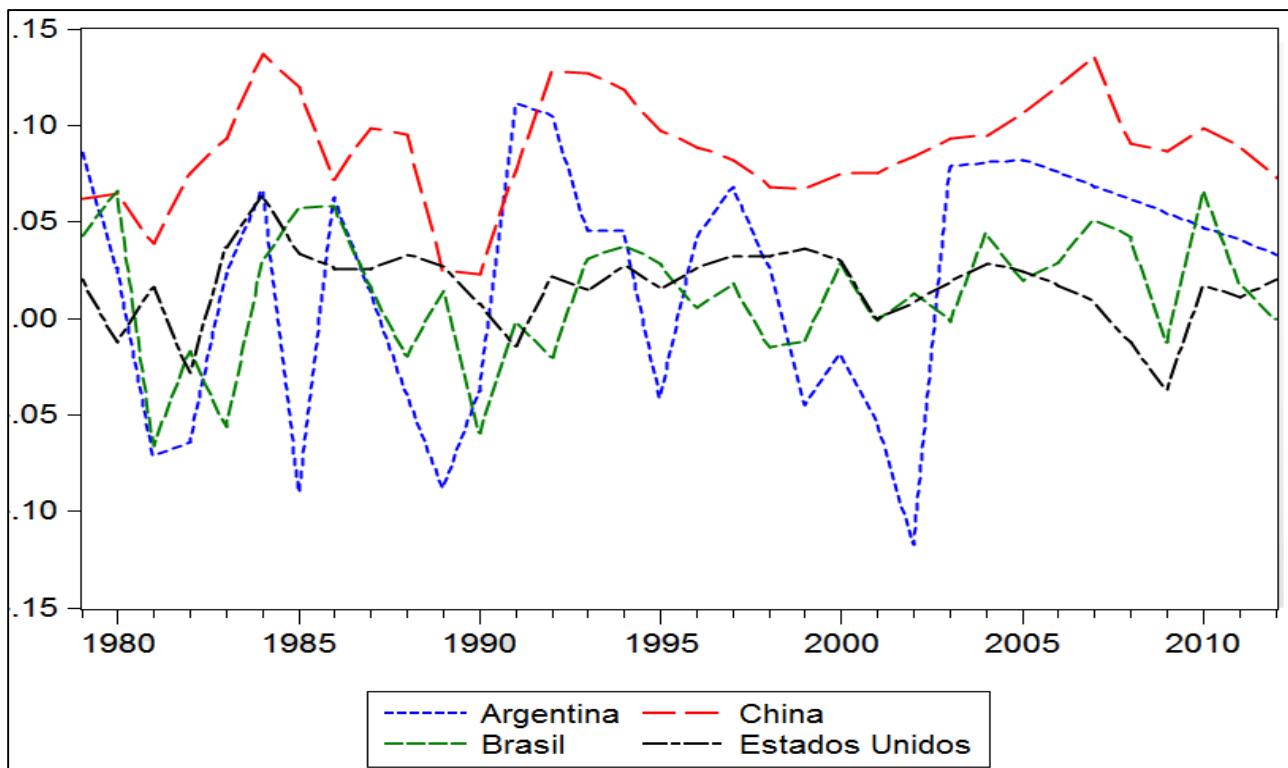
Fonte: Elaboração Própria a Partir dos Dados do WDI.

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

(2) → significa “a variável X causa-Granger a variável Y”.

O Gráfico 6 sintetiza a taxa de crescimento econômico dos países selecionados. Como pode ser visto, a China consegue crescer acima dos demais países por, praticamente, todos os 33 anos analisados, ficando abaixo da Argentina apenas em 1991. Além disto, a Argentina é o país com maior desvio-padrão da taxa de crescimento, oscilando entre 10% a.a. (1991) e -11% a.a. (2002). Os Estados Unidos e o Brasil possuem uma trajetória do crescimento econômico semelhante no período em questão, porém a taxa brasileira fica quase todo o tempo abaixo da americana, sendo que na crise de 2008, foram os dois países que mais tiveram perdas no crescimento econômico.

Gráfico 6: Taxa de crescimento econômico real per capita de países selecionados entre os anos de 1979 e 2012.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do WDI.

Esta seção apresentou informações sobre o comportamento da taxa de crescimento econômico do Brasil e de seus principais parceiros comerciais.

### iii. Taxa de Crescimento do Câmbio Real Setorial

Devido à indisponibilidade dos dados (preços por setor em cada país), optou-se por não incluir a taxa de crescimento do câmbio real setorial na estimativa. No entanto, esta variável aparecerá na simulação computacional e terá seus parâmetros considerados arbitrariamente.

## 3.4. Estacionariedade

Um processo estocástico é estacionário quando satisfaz três condições, quais sejam, i) possuir média constante no tempo, ii) ser homocedástico e iii) a autocorrelação entre dois valores de uma variável qualquer tomados a partir de dois períodos diferentes deve depender apenas do intervalo de tempo e não do próprio tempo.

A fim de determinar se as variáveis são estacionárias foram realizados os seguintes testes de raiz unitária para as séries utilizadas: i) *Augmented Dickey-Fuller* (ADF), ii) Philipps-Perron (PP) e iii) Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin (KPSS).

O teste de raiz unitária ADF utiliza a auto regressão abaixo:

$$\Delta Y_t = \alpha + T_t + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \delta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (37)$$

Onde  $\Delta Y_t$  é o operador de diferenças,  $\alpha$  é uma constante,  $T_t$  representa a tendência,  $\gamma Y_{t-1}$  testará a estacionariedade da série, isto é, se  $\gamma = 0$  então a raiz é unitária,  $\sum_{i=1}^{p-1} \delta_i \Delta Y_{t-i}$  representa as defasagens e garante que não haja autocorrelação nos resíduos.

Através da equação (37) é possível montar a estatística do teste da seguinte forma:

$$\tau = \frac{\hat{\delta}_i}{EP(\hat{\delta}_i)} \quad (38)$$

Onde  $EP(\hat{\delta}_i)$  é o erro padrão de  $\hat{\delta}_i$ .

A interpretação do resultado do teste ADF (de estacionariedade) da variável  $Y_t$  é realizado da seguinte maneira: caso o  $|\tau|_{calculado} > |\tau|_{crítico}$  então a variável é estacionária; caso contrário, ela é não-estacionária.

Em relação ao teste proposto por Phillips e Perron (1988), tem-se que foi fundamentado na seguinte expressão:

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta Y_{t-1} + u_t \quad (39)$$

Onde  $\alpha$  é uma constante,  $\beta$  é o parâmetro a ser testado para identificar se há raiz unitária e  $u_t$  é uma variável aleatória.

Após várias etapas de construção e derivação matemática, pode-se chegar à estatística t de Phillips-Perron ( $t_{PP}$ ), que pode ser apresentada da seguinte maneira:

$$t_{PP} = \frac{\sqrt{\delta_0} t_b}{w} - \frac{(w^2 - \delta_0) T s_b}{2 w \sigma} \quad (40)$$

Onde  $t_b$  é a estatística t padrão,  $s_b$  é o erro padrão de  $\beta$ , e  $\sigma$  é o erro-padrão de regressão empregada nos testes.

Analogamente à interpretação do teste ADF, a interpretação do teste Phillips-Perron da variável  $Y_t$  dependerá do seguinte resultado: caso o  $|t_{PP}|_{calculado} > |t_{PP}|_{crítico}$  então a variável é estacionária; caso contrário, ela é não-estacionária.

O teste proposto por Denis Kwiatkowski; Peter C. B. Phillips; Peter Schmidt e Yongcheol Shin (KPSS), tomam como hipótese nula, diferentemente dos testes ADF e PP, a estacionariedade. Estes autores partem da decomposição de uma variável  $y$  para construir o teste (ANDRADE, 2001, p. 42). A decomposição da variável  $y$  é representada pela equação (41).

$$y_t = \beta t + r_t + \mu_t \quad (41)$$

onde  $r$  representa um passeio aleatório,  $\mu_t$  é um componente estacionário e  $t$  representa a tendência.

Após algumas derivações matemáticas, os autores chegam ao valor da estatística KPSS, que é definida da seguinte maneira:

$$KPSS = \frac{\sum_{t=1}^T s_i^2}{T^2 \hat{\sigma}^2} \quad (42)$$

onde  $\hat{\sigma}^2$  representa o estimador eficiente de Newey-West.

A interpretação do teste KPSS é inversa ao dos testes ADF e PP. Em outras palavras, como a hipótese nula do teste KPSS é de que a série é estacionária (não possui raíz unitária) significa dizer que deve-se inverter a interpretação do teste KPSS em relação aos outros dois. Assim, pode-se resumir a interpretação do teste da seguinte maneira: caso o  $|KPSS|_{calculado} < |KPSS|_{crítico}$  então a variável é estacionária; caso contrário, ela é não-estacionária.

Os resultados foram conclusivos e indicam estacionariedade a 1% para todas séries utilizadas, sendo que todas as séries utilizadas estão em taxas de crescimento. Os resultados estão mais detalhados na Tabela 1:

Tabela 2: Testes de Estacionariedade para Diversas Séries Temporais

Série/Teste	ADF	PP	KPSS	Conclusão
GDPBRASIL	-4,609***	-4,575***	0,194***	Estacionária
GDPCHINA	-3,668***	-2,522***	0,146***	Estacionária
GDPARGENT	-5,582***	-5,582***	0,141***	Estacionária
GDPPARCEIROS	-4,224***	-5,842***	0,125***	Estacionária
PRODUAGRO	-7,231***	-8,207***	0,123***	Estacionária
PRODUIND	-4,617***	-4,664***	0,134**	Estacionária
PRODUSERV	-3,824***	-3,767***	0,197**	Estacionária
PRODUAGREG	-4,572***	-4,572***	0,072***	Estacionária

Fonte: Elaboração própria.

(1) \* estacionária a 10%; \*\* estacionária a 5%; \*\*\* estacionária a 1%.

Portanto, conforme a Tabela 1, todas as séries são integradas de ordem zero I(0), ou seja, todas são estacionárias.

### 3.5. Modelo de Regressão

#### 3.5.1. Mínimos Quadrados Ordinários (MQO)

O modelo regressão linear é um importante instrumento em análise de dados. Hair et al afirmam que "*multiple regression analysis is a statistical technique that can be used to analyze the relationship between a single dependent (criterion) variable and several independent (predictor) variables*" (Hair et al, 2010, p. 158)<sup>10</sup>. Com efeito, pela regressão é possível aferir, com certa precisão, o nível de associação entre uma variável dependente e um conjunto de variáveis

<sup>10</sup> A análise de regressão múltipla é uma técnica estatística que pode ser usada para analisar a relação entre uma única variável dependente e múltiplas variáveis independentes.

explicativas. Assim, a técnica econométrica MQO é uma forma de regredir duas ou mais variáveis com o objetivo de encontrar o melhor grau de grau de ajuste, tentando minimizar a soma dos quadrados dos resíduos da regressão. Assim, para garantir este resultado ótimo o MQO deve satisfazer a algumas premissas que, se satisfeitas, garantem que os estimadores são os melhores estimadores lineares não tendenciosos (GUJARATI, 2006, p. 64).

Em relação à qualidade do grau de ajuste da estimativa, tem-se o coeficiente de determinação  $r^2$  (no caso de uma variável explicativa e uma explicada) ou  $R^2$  (no caso de uma variável explicada e mais de uma variável explicativa). Quanto maiores forem os valores destes coeficientes, maior será a qualidade do alinhamento da regressão com os dados. Sendo assim, estes coeficientes são “uma medida resumida que diz o quanto a linha de regressão amostral se ajusta aos dados” (GUJARATI, 2006, p. 65).

Por conveniência, na presente dissertação trabalha-se com quatro setores,  $n = 4$ , e três parceiros comerciais,  $j = 3$ . Os setores são os seguintes: i) de mão-de-obra, ii) industrial, iii) agricultura e iv) serviços; e os parceiros: i) China, ii) EUA e iii) Argentina. Além disto, devido à escassez de dados sobre a taxa de câmbio real setorial optou-se por removê-la da equação que será estimada por MQO. Neste caso a equação (36) pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\sigma_y = \frac{(\beta_1^1 + \beta_2^1 + \beta_3^1)}{\phi} \sigma_y^1 + \frac{(\beta_1^2 + \beta_2^2 + \beta_3^2)}{\phi} \sigma_y^2 + \frac{(\beta_1^3 + \beta_2^3 + \beta_3^3)}{\phi} \sigma_y^3 + \frac{q_1}{\phi} g_{a1} + \frac{q_2}{\phi} g_{a2} + \frac{q_3}{\phi} g_{a3} \quad (36')$$

onde  $q_i$  é o saldo da balança comercial do setor  $i$ ,  $\varepsilon_i^j$ , representa a sensibilidade do crescimento da renda doméstica quando o parceiro  $j$  cresce exportando do setor  $i$ ,  $g_a$  representa a taxa de crescimento da produtividade setorial.

Optou-se por agregar as taxas de crescimento dos parceiros em uma única série e as taxas de crescimento da produtividade setorial numa única série também, a fim de evitar o excesso de variáveis na regressão. Destarte, a regressão por MQO permitiu estimar os parâmetros da renda dos parceiros, e os parâmetros da produtividade setorial. O resultado da regressão pode ser visto na Tabela 2:

Tabela 3 – Resultado das Estimações – Variável Dependente: Taxa de Crescimento do PIB *Per Capita* do Brasil (GDPBRASIL) – 1980-2012

VARIÁVEIS	MQO
PRODUTIVIDADE	0,368764*** (0,07928)
CRESCEMENTO	0,257955*** (0,065106)
R2	0,437945
R2 Ajustado	0,420381
Estatística Durbin-Watson	1,7758

Fonte: Elaboração Própria a Partir dos Dados do WDI.

- (1) Erros-padrões robustos entre parênteses.  
(3) \* significante a 10%; \*\* significante a 5%; \*\*\* significante a 1%.

Como pode ser visto, ambas variáveis mostraram-se com os sinais esperados e estatisticamente significativas a 1% para explicar a taxa de crescimento do produto brasileiro no período considerado. Pode-se inferir, a princípio, que uma elevação de 1% da produtividade do trabalho brasileira aumenta em 0,36% a taxa de crescimento do produto brasileiro. Da maneira similar, um crescimento de 1% no produto dos parceiros considerados eleva em 0,25% a taxa de crescimento da renda brasileira. O grau de ajuste do modelo, R2, é de 0,42 – o que representa um valor razoável haja vista que existem mais parceiros comerciais do que os considerados e mais variáveis relevantes – revelando que o modelo é suficiente para explicar cerca de 42% do crescimento econômico brasileiro.

O teste mais usual e geral para se detectar a presença de autocorrelação foi proposto por Breusch-Godfrey (BG). Para entender a mecânica deste teste, suponha o seguinte modelo:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_t + u_t \quad (43)$$

Defina o termo de erro  $u_t$  da seguinte forma:

$$u_t = \theta_1 u_{t-1} + \theta_2 u_{t-2} + \dots + \theta_n u_{t-n} + \varepsilon_t \quad (44)$$

onde  $\varepsilon_t$  é um termo de ruído branco e  $\theta_i$ , para todo  $i = 1, \dots, n$ , são os coeficientes de autocorrelação dos termos de erro.

Sendo assim, o modelo acima apresenta processos autoregressivos. Em relação à hipótese nula a ser testada,  $H_0$ , tem-se que  $H_0: \theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_n = 0$ . Caso não se rejeite a hipótese nula, isto é, caso a probabilidade associada ao teste BG for superior a 5%, então o modelo não sofre de autocorrelação serial.

Uma das premissas do modelo linear clássico é de que as variâncias dos termos de erro sejam constantes e iguais entre si. No entanto, se essa premissa não for válida, embora isto não afete a propriedade de não tendenciosidade e de consistência dos parâmetros estimados, estes últimos deixam de ser melhores (perdem eficiência) e as suas variâncias não são as mínimas. Destarte, é necessário um método para detectar e para corrigir a heterocedasticidade. Embora o diagnóstico da heterocedasticidade seja muito difícil, existem alguns testes formais que podem auxiliar na avaliação deste problema. Neste caso, podem ser usados, então, o Teste de Park, o Teste de Glejser, o Teste Goldfeld-Quandt, o Teste do BPG entre outros.

Na presente dissertação, optou-se por utilizar o teste do BP para detectar a autocorrelação serial e do BPG para detectar a heterocedasticidade. Cabe, agora, apresentar o resultado dos testes de autocorrelação serial e heterocedasticidade a fim de verificar se os resultados obtidos pela regressão são válidos ou espúrios. Sendo assim, a Tabela 3 resume as informações dos testes. Como pode ser notado, ambos os testes não têm suas hipóteses nulas rejeitadas, portanto a regressão possui variância constante e não tem problemas de autocorrelação serial.

Tabela 4: Resultado dos Testes de Heterocedasticidade e Autocorrelação Serial

Testes	Estatística F	Probabilidade
BPG	0,512381	0,6041
BG	0,380942	0,6865

Fonte: Elaboração própria.

Considerando os parâmetros encontrados pela regressão linear, passa-se à etapa de ponderação. Infelizmente, as séries referentes às taxas de crescimento do câmbio setorial bilateral não puderam ser construídas devido à escassez de alguns dados, como o preço médio de cada setor por país. Assim, utilizar-se-á parâmetros arbitrários para estas variáveis. Em relação aos parâmetros estimados, calculou-se a ponderação a partir da participação relativa da variável, isto é, a soma de sua série temporal dividido pela soma da série temporal agregada. Este procedimento foi realizado para todas as variáveis, chegando aos seguintes resultados:

Tabela 5: Coeficientes Estimados por MQO

Parceiro/Setor	Indústria	Serviços	Agricultura
Produto – China	$\beta_1^1 = 0,0114$	$\beta_2^1 = 0,0512$	$\beta_3^1 = 0,0966$
Produto – EUA	$\beta_1^2 = 0,0105$	$\beta_2^2 = 0,0146$	$\beta_3^2 = 0,0056$
Produto – Argentina	$\beta_1^3 = 0,0570$	$\beta_2^3 = 0,0057$	$\beta_3^3 = 0,0057$
Produtividade	$g_{a1} = 0,0130$	$g_{a2} = 0,0165$	$g_{a3} = 0,3395$

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados utilizados.

Os dados desagregados revelam outras informações importantes. Como pode ser notado, a taxa de crescimento da produtividade na agricultura é o fator mais importante para o crescimento do produto brasileiro nos últimos anos pela amostra considerada. Caso a agricultura aumente sua produtividade do trabalho em 1% haverá um aumento do produto brasileiro da ordem de 0,33%. Outra constatação importante é que o crescimento da China aumenta as exportações brasileiras de *commodities* de tal modo que para cada 1% de crescimento chinês haverá cerca de 0,09% de crescimento econômico brasileiro, graças às exportações de produtos primários. Isto mostra o quanto importante é o setor da agricultura para o crescimento brasileiro.

### 3.5.2. Vetores Autoregressivos (VAR)

O método de Vetores Autoregressivos permite que se estime parâmetros estruturais de um modelo econômico. Além disto, através do VAR pode-se fazer previsões a partir de choques aleatórios em sistemas de variáveis (BUENO, 2008, p. 162). Pode-se definir um modelo VAR de ordem  $m$  como um vetor com  $n$  variáveis endógenas,  $X_t$ , sendo conectadas entre si por uma matriz A, da seguinte maneira. Assim, uma das principais contribuições do trabalho de Sims foi

tornar os modelos multiequacionais capazes de analisar as inter-relações entre as variáveis macroeconômicas e seus efeitos a partir de “choques” que provocam ciclos na economia, isto é, esses modelos foram capazes de analisar a importância relativa de cada “surpresa” (ou inovações) sobre as variáveis do sistema macroeconômico; é a abordagem empírica que possibilita maior entendimento de como as variáveis macroeconômicas respondem a esses “choques”, simultaneamente (MAIA, 2001, p. 2-3).

Posto isto, passa-se à etapa de preparação para se estimar o VAR. Assim, tem-se que pela ordem de Cholesky as variáveis ficaram ordenadas da seguinte maneira: GDPBRASIL, PRODIND,

GDPCHINA, PRODAGRO, GDPEUA e PRODSERV, sendo que pelos critérios de seleção de defasagem ficou-se definido que o VAR possuiria três defasagens, como será visto adiante. Assim sendo, tal método pode ser especificado para o presente caso como:

$$\begin{bmatrix} GDPBRASIL_t \\ PRODIND_t \\ GDPCHINA_t \\ PRODAGRO_t \\ GDPEUA_t \\ PRODSERV_t \end{bmatrix} = \Pi_1 \begin{bmatrix} GDPBRASIL_{t-1} \\ PRODIND_{t-1} \\ GDPCHINA_{t-1} \\ PRODAGRO_{t-1} \\ GDPEUA_{t-1} \\ PRODSERV_{t-1} \end{bmatrix} + \Pi_2 \begin{bmatrix} GDPBRASIL_{t-2} \\ PRODIND_{t-2} \\ GDPCHINA_{t-2} \\ PRODAGRO_{t-2} \\ GDPEUA_{t-2} \\ PRODSERV_{t-2} \end{bmatrix} + \Pi_3 \begin{bmatrix} GDPBRASIL_{t-3} \\ PRODIND_{t-3} \\ GDPCHINA_{t-3} \\ PRODAGRO_{t-3} \\ GDPEUA_{t-3} \\ PRODSERV_{t-3} \end{bmatrix} + \varepsilon_t \quad (45)$$

Onde  $\Pi_i$  é uma matriz de coeficiente  $6 \times 6$ .

Portanto, esta forma estrutural expressa as relações entre as variáveis endógenas do modelo considerado. Após a estimação por VAR realizou-se o teste de autocorrelação serial, bem como as análises de escolhas de defasagens e de ordenação de variáveis. A tabela abaixo mostra o teste de autocorrelação serial. Como pode ser visto, apenas em quatro períodos há alguma indicação de autocorrelação serial.

Tabela 6: VAR Residual Serial Correlation LM Test

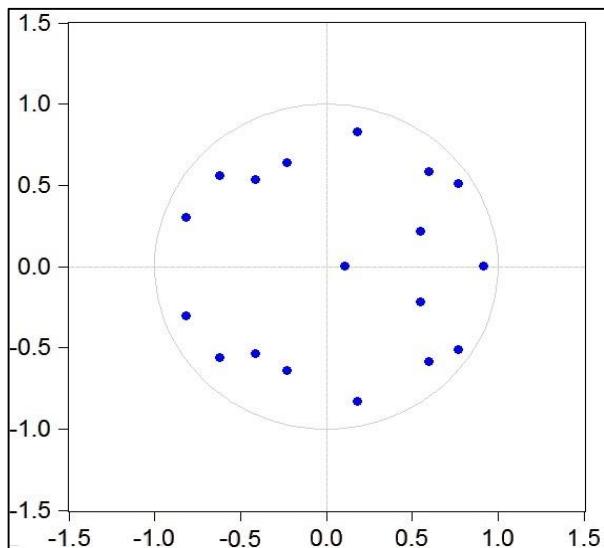
Defasagens	Estatística-LM	Probabilidade
1	68,22	0,000
2	50,52	0,054
3	38,49	0,357
4	37,95	0,380
5	30,23	0,738
6	68,33	0,000
7	49,89	0,061
8	66,66	0,001
9	56,52	0,016
10	50,53	0,054
11	37,35	0,406

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da pesquisa.

Além disso, é fundamental verificar a estabilidade do VAR. O teste de estabilidade permite analisar se todas as raízes são, em módulo, menores que um, ou seja, se estão dentro do círculo

unitário. Neste contexto a figura 1 apresenta os resultados que corroboram com a condição de estabilidade.

Figura 1: Teste de Estabilidade do VAR



Fonte: Elaboração própria.

Portanto, o VAR é estável e não possui problemas relevantes de autocorrelação serial.

### i) Ordem de Defasagem do VAR

A moderação, o mais fundamental princípio utilizado na determinação do número de defasagens do modelo, guia o resultado dos critérios de seleção de defasagens e busca utilizar da forma mais razoável a maioria das variáveis econômicas, já que o poder do teste estatístico pode ser prejudicado por defasagens muito elevadas ou baixas (ENDERS, 2010). Assim, há versões multivariadas dos critérios de informação dos modelos de uma única variável, os quais podem ser utilizados para a metodologia VAR, tais como: *Likelihood Ratio* (LR), Critério de Informação de Akaike (AIC); Critério de Informação Schwarz (SC); Critério de Informação de Hannan-Quinn (HQ) e Erro de Predição Final (FPE). A Tabela 6 apresenta o resultado do teste do número de defasagens para o caso considerado:

Tabela 7: Critérios de Seleção de Defasagem do VAR

Defasagem	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	375,21	NA	$1,82 \cdot 10^{-18}$	-23,82	-23,54	-23,73
1	440,42	100,96	$2,90 \cdot 10^{-19}$	-25,70	-23,76*	-25,07

Continua...

2	485,47	52,31*	$2,15 \cdot 10^{-19}$	-26,28	-22,68	-25,11
3	542,46	44,12	$1,33 \cdot 10^{-19}*$	-27,64*	-22,36	-25,92*

Fonte: Elaboração própria.

\* Indica o número de defasagens selecionadas pelo critério.

Como a maioria dos critérios indicou que o VAR deve ter três defasagens, optou-se por seguir esta recomendação.

## ii) Análise de Decomposição da Variância

A análise de decomposição de variância (ADV) objetiva mensurar a contribuição relativa das diversas variáveis para a taxa de crescimento do produto brasileiro (GDPBRASIL).

Como pode ser visto pela tabela abaixo, a análise da ADV para o crescimento econômico *per capita* brasileiro revela que o crescimento econômico chinês (34,78%) e a taxa de crescimento da produtividade da agricultura (15,32%) foram as variáveis mais relevantes para explicar o crescimento brasileiro no período analisado. Este resultado revela o quanto importante foi para o Brasil, no período analisado, a parceria comercial com a China, bem como seu setor de produtos primários e seus avanços tecnológicos. Em relação à taxa de crescimento da produtividade industrial brasileira (11,59%) e o crescimento do produto dos EUA (9,66%), estes componentes possuem uma contribuição secundária, ainda que importantes para o crescimento econômico brasileiro no período em questão. As variáveis com menor contribuição foram a taxa de crescimento econômico dos EUA (9,66%) e a taxa de crescimento da produtividade do serviço (3,61%). Este resultado é compatível com o encontrado pelo MQO, uma vez que os parâmetros mais significativos e relevantes para explicar a taxa de crescimento brasileira foram a taxa de crescimento econômico da China e a taxa de crescimento da produtividade de agricultura.

Tabela 8: Análise de Decomposição da Variância para GDPBRASIL

Período	GDPBRASIL	PRODUIND	GDPCHINA	PRODAGRO	GDPEUA	PRODSERV
1	100	0	0	0	0	0
2	43,10	5,49	47,04	0,66	0,43	3,25
5	26,72	12,17	35,06	14,23	8,41	3,38
6	24,36	12,90	37,27	14,06	7,93	3,45
10	25,01	11,59	34,78	15,32	9,66	3,61

Fonte: Elaboração Própria.

### iii) Função Impulso-Resposta

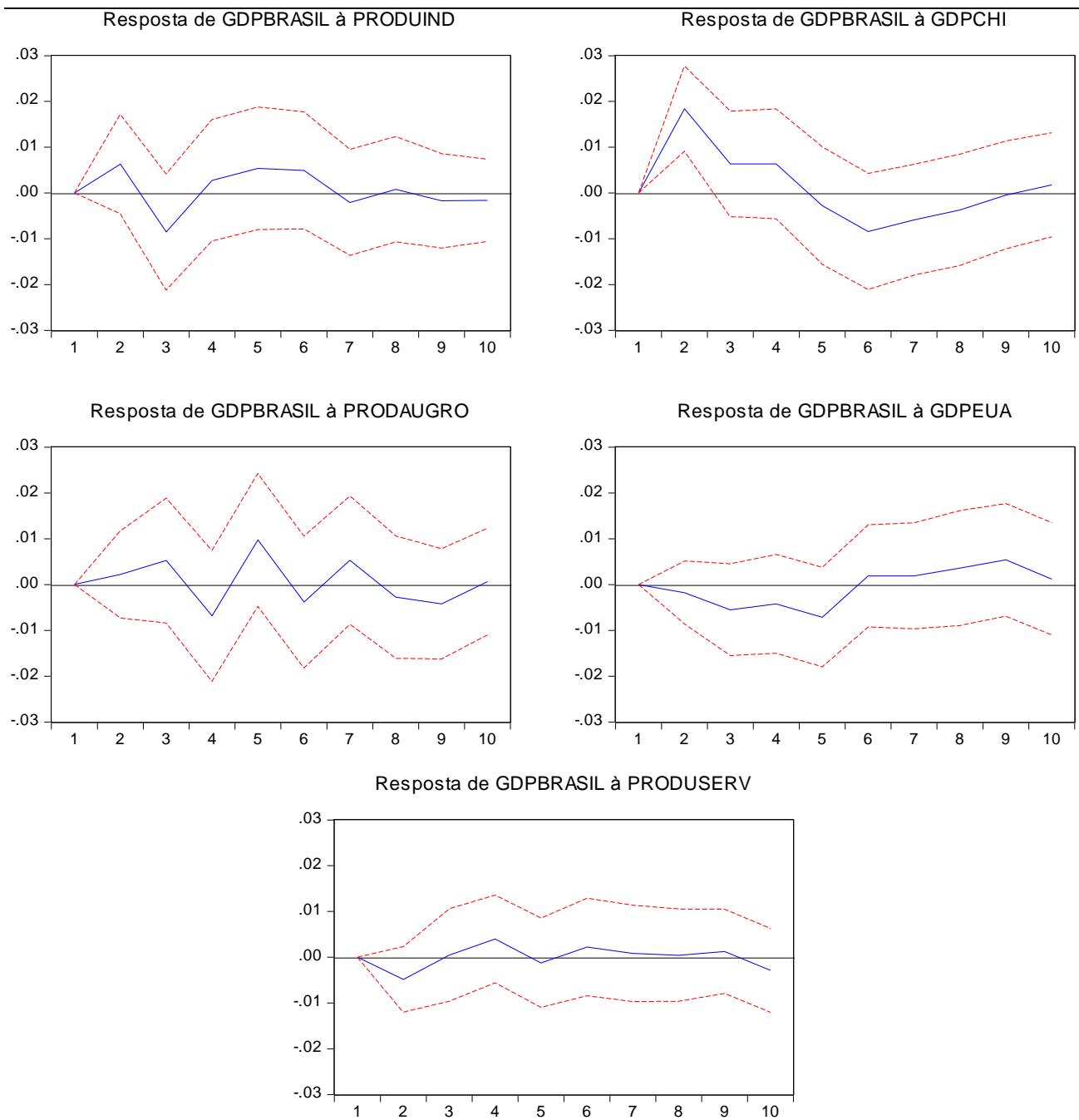
A Função Impulso-Resposta mostra a resposta da variável de controle no sistema VAR aos choques nos termos de erros por vários períodos futuros a fim de avaliar como a variável de controle responde a estes choques.

A Figura 2 apresenta as funções de impulso-resposta da série temporal GDPBRASIL aos choques nas demais variáveis do VAR. De maneira geral, ratificando os resultados obtidos pela análise de decomposição da variância, os movimentos mais significativos observados nas funções de resposta aos impulsos são: choque do crescimento econômico chinês e choque da produtividade do trabalho na agricultura. Assim, observa-se um aumento significativo no crescimento econômico brasileiro quando a produtividade da indústria se eleva, persistindo seus efeitos sobre o produto por, aproximadamente, seis anos e meio. Esta persistência pode ser entendida, como anteriormente mencionado, como efeito dos encadeamentos industriais que permitem que se espalhem pela economia os benefícios dos ganhos de escala do setor industrial. Em relação ao choque no crescimento do produto chinês, a resposta do produto brasileiro é muito significativa, respondendo de maneira positiva por aproximadamente cinco anos para, posteriormente, estabilizar estes efeitos.

Diferentemente da indústria, o choque na produtividade da agricultura provoca um aumento razoável no produto brasileiro, que se desfaz em quatro anos mas posteriormente volta mais forte até se dissipar por completo. O produto brasileiro se reduz a partir de um choque positivo no produto norte-americano no início, no entanto, após um período de cinco anos, a economia brasileira passa a crescer devido ao aumento do produto dos EUA. Este efeito pode ocorrer sobre o produto brasileiro porque uma expansão econômica nos EUA pode favorecê-lo em termos *market-share* no mercado internacional, seja por redução de preços, seja por barganha política, dificultando a exportação da produção brasileira no curto prazo, *coeteris paribus*. Por fim, tem-se o choque na produtividade do trabalho no setor de serviços. O efeito deste é um pouco dúbio ou de pequena expressão, haja vista que no início há uma pequena contração do produto brasileiro mas que rapidamente se recupera e até se eleva a um patamar superior ao inicial mas que se enfraquece e se dissipá rapidamente, sem causar muitas mudanças significativas.

Deste modo, como pode ser visto na Figura 2, tendo por base a amostra e as variáveis selecionadas pela FIR, conclui-se que o setor industrial, o setor da agricultura e o crescimento econômico chinês são importantes canais que, se bem explorados, podem propiciar alguma vantagem para o Brasil retomar sua trajetória de crescimento econômico.

Figura 2: Função Resposta ao Impulso do Modelo VAR



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados utilizados.

Como mostrado acima, as regressões econométricas apontaram, assim como o resultado do MQO, que a China e os setores agrícola (principalmente) e industrial foram importantes para conduzir o Brasil ao patamar de desenvolvimento econômico que ele chegou.

## CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA NUMÉRICA

### 4.1. Implementação do Modelo em Matlab

O que se pretende é discutir numericamente a evolução do PIB *per capita* do Brasil e de alguns parceiros comerciais em dois diferentes cenários econômicos. Para tanto, considerou-se o cenário atual, qual seja, aquele no qual o Brasil possui a estrutura econômica vigente (não-Kaldoriana ou centrada em produtos primários) e o cenário de mudança estrutural, isto é, aquele no qual o Brasil possui uma estrutura econômica Kaldoriana (indústria como principal componente do produto agregado). Para isso, apresenta-se uma rotina (função gerada no Matlab) que, dadas as especificações dos parâmetros e as condições iniciais, consegue-se simular a trajetória do PIB *per capita*, bem como da taxa de crescimento econômico para os países considerados em um período de tempo.

### 4.2. Simulações Numéricas em Matlab

#### 4.2.1. Cenário com a Estrutura Econômica Vigente

##### i) Parâmetros e Condições Iniciais

Considere a Tabela 8 dotada de parâmetros estimados por MQO e de valores arbitrários para a taxa de câmbio real setorial. As condições iniciais foram baseadas no nível atual do PIB/capita dos países, tomando por referência o chinês. Os PIB *per capita* de Brasil, China e Argentina em 2013 foram, respectivamente, U\$ 11.208,08; U\$ 6.807,43 e U\$ 14.715, 18. Destarte, optou-se por considerar, sem perda de generalidade, o PIB *per capita* chinês igual a uma unidade, o brasileiro igual a 1,8; e o argentino, igual a 2<sup>11</sup>.

Tabela 9: Parâmetros Utilizados na Simulação Numérica – Cenário Vigente

Parceiro/Setor	Indústria	Serviços	Agricultura
Produto – China	$\beta_1^1 = 0,0114$	$\beta_2^1 = 0,0512$	$\beta_3^1 = 0,0966$
Câmbio – China	$\gamma_1^1 = 0,0011$	$\gamma_2^1 = 0,0013$	$\gamma_3^1 = 0,0012$
Continua...			

<sup>11</sup> Estes resultados foram obtidos normalizando o  $PIB_{per capita}^{China}$  e pelas razões  $PIB_{per capita}^{Brasil}/PIB_{per capita}^{China} \cong 1,8$  e  $PIB_{per capita}^{Argentina}/PIB_{per capita}^{China} \cong 2$ .

Produto – EUA	$\beta_1^2 = 0.0105$	$\beta_2^2 = 0.0146$	$\beta_3^2 = 0.0056$
Produto – Argentina	$\beta_1^3 = 0.0570$	$\beta_2^3 = 0.0057$	$\beta_3^3 = 0.0057$
Câmbio – Argentina	$\gamma_1^3 = 0,001$	$\gamma_2^3 = 0,001$	$\gamma_3^3 = 0,001$
Produtividade – Brasil	$g_{a1} = 0.0130$	$g_{a2} = 0.0165$	$g_{a3} = 0.3395$

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados utilizados.

Como pode ser visto, os parâmetros do câmbio real setorial por parceiro foram suavizados a fim de evitar influência forte sobre a simulação, haja vista a indisponibilidade de informações para que fosse possível estimá-los.

## ii) Construção das Variáveis Aleatórias

Cada variável de entrada do modelo é uma série estacionária e estocástica com *drift*, sendo que o *drift* representa a constante da série obtida pela média aritmética dos valores observados dessas variáveis nos últimos anos, combinado com um componente aleatório que reproduz o desvio-padrão da série amostral, mas que não depende da memória sua série temporal, ou seja, não autocorrelacionado com suas defasagens. A geração de cada variável aleatória segue o seguinte modelo estacionário:

$$y_t = \mu + \sigma \epsilon_t \quad (46)$$

onde  $\mu$  representa o *drift*,  $\sigma$  é o desvio-padrão amostral, e  $\epsilon_t$  é um ruído branco com média 0 e desvio-padrão 1.

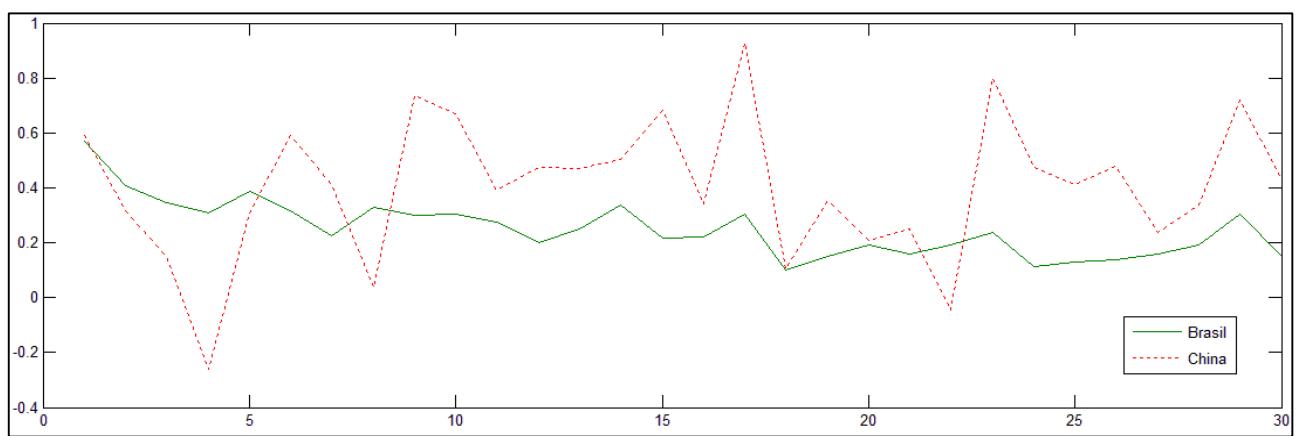
## iii) Resultados

Neste tópico serão apresentados os resultados das simulações computacionais para o cenário sem mudança estrutural.

No Gráfico 7 há uma comparação entre as taxas de crescimento econômico simuladas para o Brasil e pela China. De maneira semelhante ao passado, a simulação para o futuro preserva o fato de o crescimento chinês manter-se acima do brasileiro por um longo período. Além disto, percebe-se que a taxa de crescimento econômico brasileira não consegue acompanhar a taxa chinesa, perdendo vigor ao passar dos anos, ainda que esta última ajude a alavancar a primeira. Isto acontece, sobretudo, porque a estrutura econômica brasileira vigente é não-Kaldoriana, ou seja, o

principal componente funcional do PIB brasileiro não é o setor industrial, mas o setor primário. Neste sentido, como os produtos primários possuem baixa elasticidade da demanda e baixo nível de saturação, esta simulação mostra que está próximo de se exaurir a capacidade de o Brasil crescer baseado na produtividade da agricultura e na exportação de produtos primários, sendo justamente por ter se exaurido a capacidade de crescer por esses canais que a taxa de crescimento econômico brasileira é suavemente declinante e, neste sentido, não sustentável. Logo, ainda que este setor primário-exportador, historicamente, tenha propiciado grandes avanços econômicos ao Brasil, sua capacidade de continuar dinâmico é questionada. Assim, se tudo permanecer como está, é de se esperar que países que implementarem mudança estrutural no sentido de Kaldor se distanciem ainda mais do Brasil (se estiverem à frente) ou se aproximem (se estiverem atrás), e isto, possivelmente, traria repercussões negativas ao Brasil e agravia ainda mais os problemas socioeconômicos.

Gráfico 7: Taxas de Crescimento Econômico *Per Capita* Simuladas Para Brasil e China.



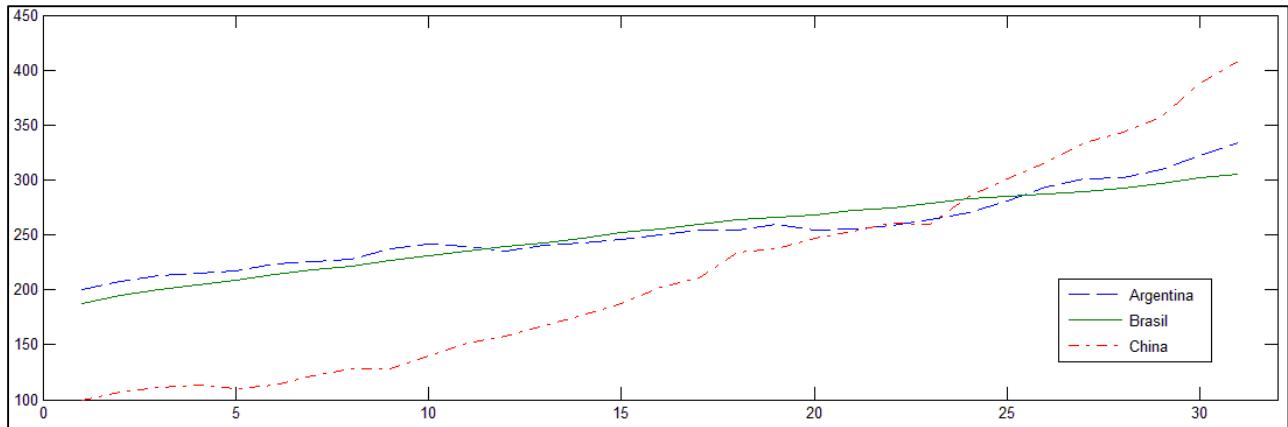
Fonte: Elaboração Própria.

O Gráfico 8 expõe uma comparação feita entre o PIB *per capita* (em nível) do Brasil, Argentina e China. Como pode ser observado pela simulação, se tudo continuar como está, a China se desenvolveria de tal modo que ultrapassaria o nível de desenvolvimento do Brasil e da Argentina em poucos anos. Já o Brasil, como resultado da exaustão do modelo de exportação e produtividade de produtos primários, tem seu produto *per capita* se expandindo de maneira tímida e a taxas decrescentes, não conseguindo, sequer, exceder e sustentar o nível de desenvolvimento da Argentina. Destarte, o Brasil, além de não se aproximar, em termos de PIB *per capita*, dos mais desenvolvidos, permite que os mais pobres reduzam a diferença em relação ao Brasil, agravando o problema da pobreza no Brasil.

Portanto, no modelo vigente de crescimento, não há convergência entre o nível de desenvolvimento do Brasil e de países desenvolvidos nas próximas décadas. Mais, há uma redução

relativa do nível de desenvolvimento do Brasil, pois este se aproxima dos países mais subdesenvolvidos.

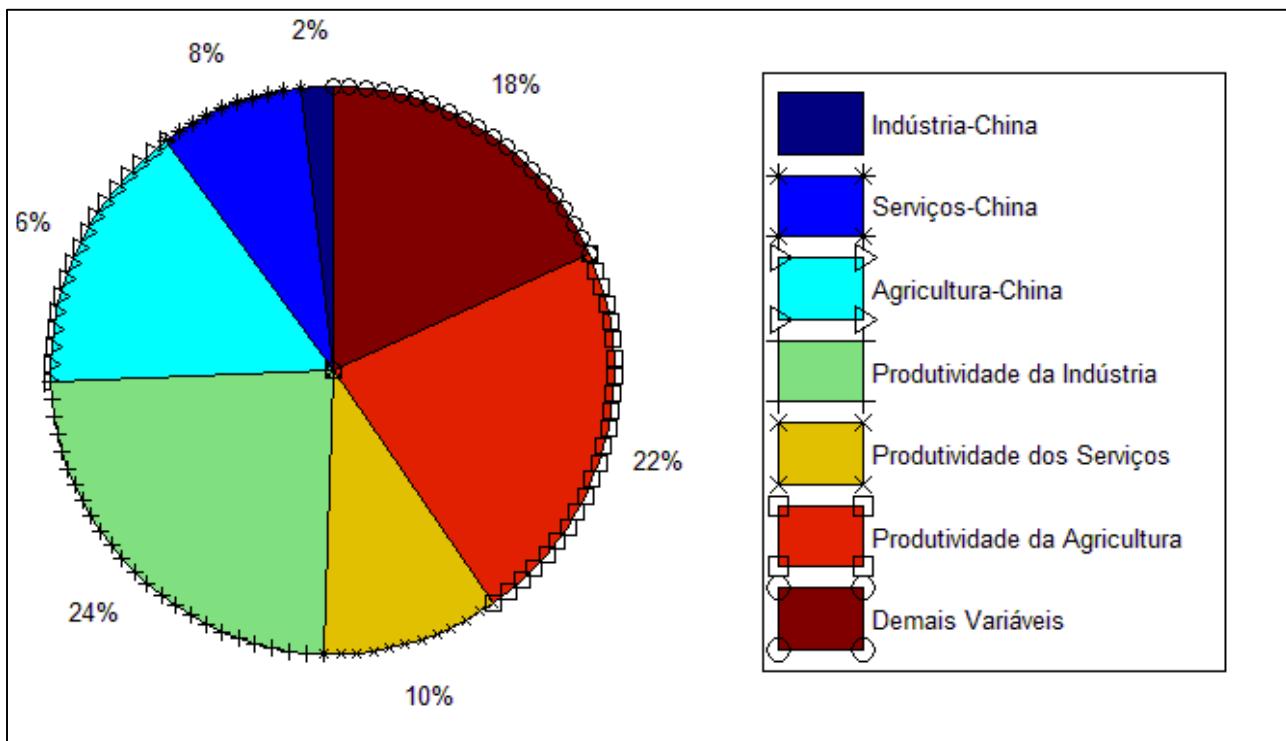
Gráfico 8: Simulação da evolução do PIB per capita de países selecionados.



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 3 desagrega a taxa de crescimento brasileiro simulada em setores e parceiros. Assim, fornece um resumo no nível de contribuição relativo, isto é, quanto cada setor e parceiro somou para o crescimento econômico brasileiro. Como pode ser constatado, a exportação de produtos primários para a China teve, em média, 16% do total de importância para o crescimento econômico brasileiro, a produtividade da indústria cerca de 24% e a produtividade da agricultura, cerca de 22%. Embora a taxa de crescimento da produtividade industrial brasileira seja pequena, seus impactos econômicos são relevantes, pois os efeitos para frente e para trás propiciam consequências favoráveis a uma infinidade de setores, inclusive o agroindustrial. No entanto, percebe-se que a importância de exportações de produtos industriais ainda foi pequena, sendo, em média, de 2% a contribuição da exportação de produtos industriais para a China, para o crescimento econômico brasileiro. A exportação de serviços para a China surpreendeu e contribuiu em média com, aproximadamente, 8% do valor da taxa de crescimento econômico brasileiro.

Figura 3: Simulação da Participação Relativa na Taxa de Crescimento do Produto Brasileiro



Fonte: Elaboração própria.

Este tópico apresentou uma análise sobre a simulação numérica com a estrutura econômica vigente e concluiu que, caso não haja nenhuma mudança estrutural no sentido de Kaldor, é bem possível que a retomada do crescimento brasileiro e o *catch-up* (redução da diferença entre o produto *per capita* de um país desenvolvido e do produto *per capita* brasileiro) permaneçam ainda por um tempo razoável.

#### 4.2.2. Cenário com Mudança Estrutural

##### i) Parâmetros e Condições Iniciais

De maneira análoga ao cenário anterior, a Tabela 9 foi alimentada com os parâmetros estimados por MQO e de valores arbitrários para a taxa de câmbio real setorial. No entanto, reverteram-se os parâmetros do setor primário com os do setor industrial, priorizando uma melhora nos parâmetros do último e uma piora nos parâmetros do primeiro, com o intuito de verificar qual o comportamento do PIB per capita brasileiro caso haja uma mudança estrutural. Além disto, manteve-se as condições iniciais para os países. Assim, a nova tabela de parâmetros pode ser vista como se segue:

Tabela 10: Parâmetros Utilizados na Simulação Numérica – Cenário com Mudança Estrutural

Parceiro/Setor	Indústria	Serviços	Agricultura
Produto – China	$\varepsilon_1^1 = 0,2066$	$\varepsilon_2^1 = 0,0512$	$\varepsilon_3^1 = 0,0114$
Câmbio – China	$\gamma_1^1 = 0,0011$	$\gamma_2^1 = 0,0013$	$\gamma_3^1 = 0,0012$
Produto – EUA	$\varepsilon_1^2 = 0,1405$	$\varepsilon_2^2 = 0,0146$	$\varepsilon_3^2 = 0,0056$
Câmbio – EUA	$\gamma_1^2 = 0,001$	$\gamma_2^2 = 0,001$	$\gamma_3^2 = 0,001$
Produto – Argentina	$\varepsilon_1^3 = 0,5070$	$\varepsilon_2^3 = 0,0057$	$\varepsilon_3^3 = 0,0057$
Câmbio – Argentina	$\gamma_1^3 = 0,001$	$\gamma_2^3 = 0,001$	$\gamma_3^3 = 0,001$
Produtividade – Brasil	$g_{a1} = 0,1030$	$g_{a2} = 0,0165$	$g_{a3} = 0,0895$

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados utilizados.

Assim como para o cenário anterior, a importância dos parâmetros do câmbio real setorial por parceiro foi reduzida.

## ii) Construção das Variáveis Aleatórias

Manteve-se a mesma regra do cenário anterior para a construção das variáveis aleatórias.

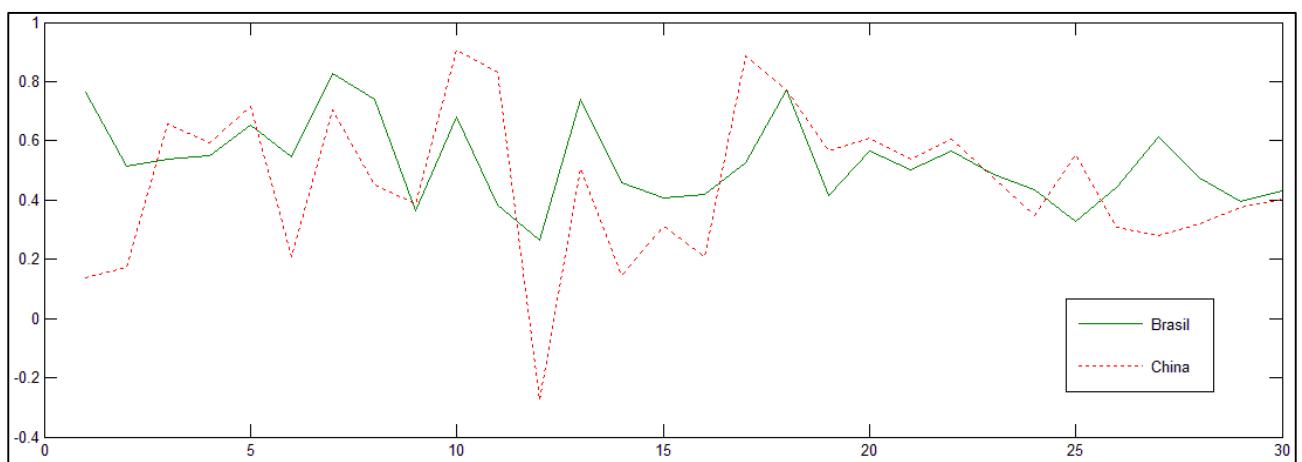
## iii) Resultados

Neste tópico serão apresentados os resultados das simulações computacionais para o cenário com mudança estrutural no sentido de Kaldor (maior participação da indústria no PIB).

No Gráfico 9 há um paralelo entre as taxas de crescimento econômico simuladas para o Brasil e pela China. De maneira semelhante diferente ao que se viu no passado, a simulação com mudança estrutural altera o fato de o crescimento chinês manter-se acima do brasileiro por um longo período, tendo o Brasil conseguido surpreender a China em alguns momentos. Além disto, percebe-se que a variação do crescimento econômico brasileiro acompanha de perto a taxa chinesa. Isto acontece, principalmente, porque houve uma mudança estrutural em direção ao setor mais dinâmico da economia, ou seja, o principal componente funcional do PIB brasileiro passou a ser o setor industrial. Neste sentido, devido ao fato de os produtos industriais possuírem alta elasticidade da demanda e alto nível de saturação, esta simulação mostra que esta mudança estrutural seja a saída para o atual problema de semi-estagnação econômica. Logo, como o crescimento econômico é

persistente, isto revela que este canal é sustentável ao longo do tempo. Assim, caso haja esta mudança estrutural, é de se esperar que países que não implementarem mudança estrutural semelhante (no sentido de Kaldor) ou implementarem uma mudança qualitativamente pior do que a implementação brasileira, se distanciem ainda mais do Brasil (se estiverem atrás) ou se aproximem (se estiverem à frente), e isto, possivelmente, traria repercussões positivas ao Brasil e reduziria os problemas socioeconômicos.

Gráfico 9: Simulações de Taxas de Crescimento Econômico de Brasil e China Sob o Contexto de Mudança Estrutural Brasileira.



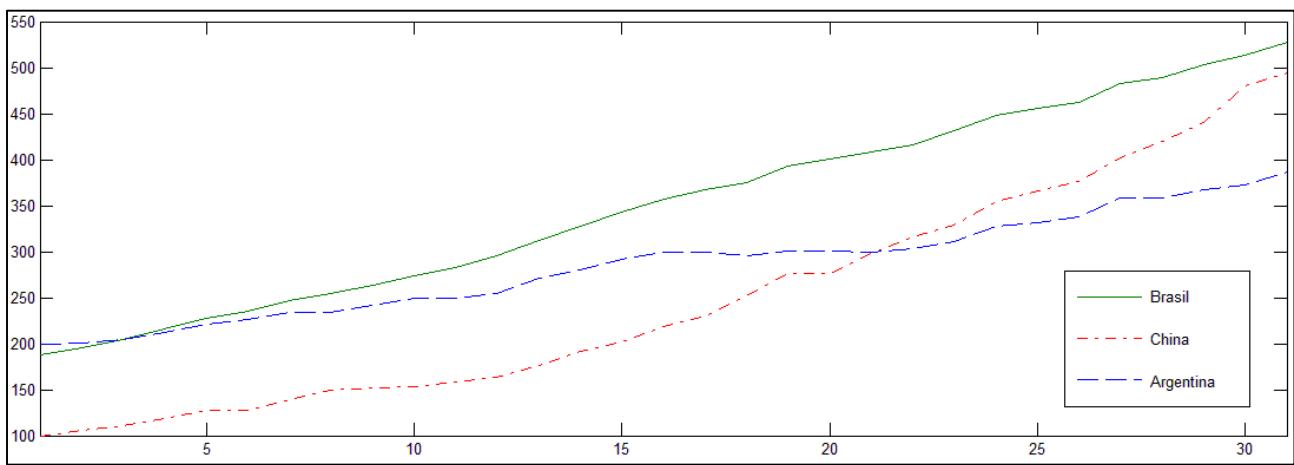
Fonte: Elaboração própria.

O Gráfico 10 expõe uma comparação feita entre o PIB *per capita* (em nível) do Brasil, Argentina e China. Diferentemente do cenário anterior, a mudança estrutural proporcionou ao Brasil uma robustez em termos de desenvolvimento, pois ele ultrapassou e conseguiu manter-se à frente do nível da Argentina e aproveitou de maneira inteligente o crescimento chinês, evitando ao máximo que a China se aproximasse do Brasil em termos de PIB *per capita*. Além disto, percebe-se o vigor do crescimento econômico brasileiro, que se mantém com tendência positiva por todo o período simulado, o que indica, de fato, a retomada do crescimento econômico sustentável.

O Brasil, como decorrência da mudança estrutural e exportação de produtos de maior valor agregado e de maior elasticidade renda, tem seu produto *per capita* se expandindo de maneira vigorosa, conseguindo superar o nível de desenvolvimento da Argentina e manter-se à frente. Destarte, o Brasil se aproxima, em termos de PIB *per capita*, dos mais desenvolvidos, e não permite que os mais pobres reduzam a diferença existente entre eles e o Brasil, colocando o país num outro patamar de desenvolvimento econômico.

Logo, no modelo de mudança estrutural, há convergência entre o nível de desenvolvimento do Brasil e de países desenvolvidos nas próximas décadas. Mais, há um aumento relativo do nível de desenvolvimento do Brasil, pois este se aproxima dos países mais desenvolvidos.

Gráfico 10: Simulação da Evolução do PIB *Per Capita* de Países Selecionados Sob o Contexto de Mudança Estrutural Brasileira.

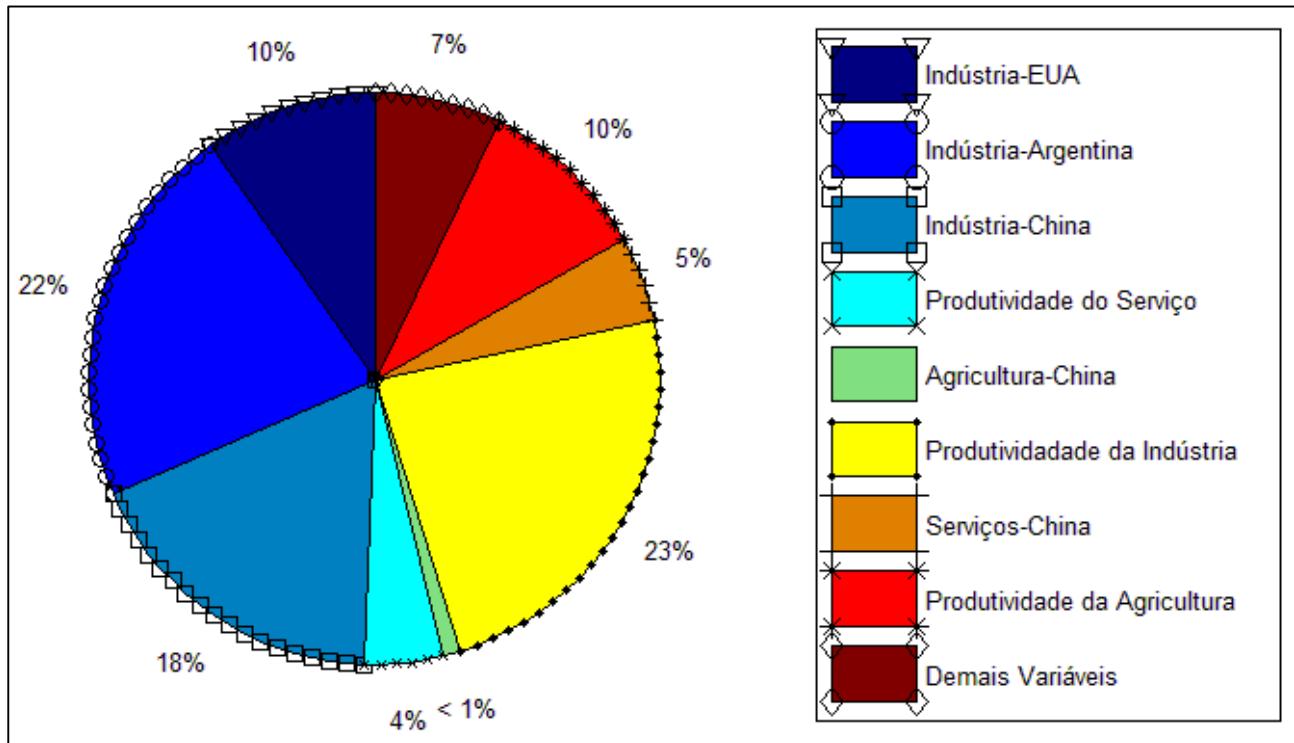


Fonte: Elaboração própria.

A Figura 4 permite identificar quais os setores e parceiros comerciais que mais contribuíram para o crescimento do produto brasileiro. Como pode ser averiguado, a exportação de produtos industrializados para os Estados Unidos, China e para a Argentina somam 50% do total do crescimento econômico brasileiro. Este fato ilustra o quanto a indústria pode aprimorar o nível do crescimento econômico, pois este setor produz bens de alto valor agregado cuja demanda é elástica.

A produtividade da indústria contribuiu, sozinha, com 23% do total da taxa de crescimento brasileira. Desta forma, além de o setor industrial alavancar o crescimento econômico pela via do comércio exterior, ele amplia também pela via da produtividade ao reduzir o custo de outros setores e ao incentivar o investimento produtivo. Toda esta dinâmica industrial ainda é impulsionada pelo multiplicador keynesiano, que eleva ainda mais o crescimento econômico. A produtividade da agricultura foi responsável por cerca de 10% da taxa de crescimento econômico do Brasil, fato que não pode ser desprezado, mas que revela a importância secundária dos outros setores e a supremacia do setor industrial como motor do crescimento econômico. As exportações de “serviços” para a China também tiveram relevância, pois contribuíram com cerca de 5% do total da taxa de crescimento econômico brasileiro.

Figura 4: Simulação da Participação Relativa na Taxa de Crescimento do Produto Brasileiro Sob Contexto de Mudança Estrutural.



Fonte: Elaboração própria.

Este tópico apresentou uma análise sobre a simulação numérica com mudança estrutural para o Brasil e concluiu que esta estratégia é uma alternativa para reconduzir o Brasil a uma trajetória de crescimento econômico sustentável para os próximos anos. Neste sentido, a mudança estrutural é capaz de permitir a retomada do crescimento brasileiro e o *catch up* em tempo hábil.

## Considerações Finais

O presente trabalho teve dois objetivos principais, quais sejam, entender o efeito da produtividade setorial e do crescimento econômico de alguns parceiros comerciais para a formação da taxa de crescimento econômico brasileira, bem como verificar em que medida a estrutura econômica atual é adequada para garantir uma taxa de crescimento econômico sustentável para o Brasil. A hipótese testada foi de que a atual estrutura econômica brasileira é incapaz de promover o crescimento num ritmo adequado e sustentável. Tal hipótese não foi refutada, pois tanto os resultados econométricos quanto os computacionais mostraram que a atual estrutura econômica não é mais capaz de garantir o crescimento econômico brasileiro sustentável, sendo necessário e urgente uma mudança estrutural em favor da indústria. Com efeito, a presente dissertação traz à tona provas empíricas e teóricas de que deve haver uma reorientação nas políticas econômicas para que seja possível alcançar um patamar superior de desenvolvimento econômico.

Entende-se que conhecer a composição da taxa de crescimento do produto é um parâmetro fundamental para os *policy makers*, pois, em posse destas informações, podem fomentar setores específicos ou melhor selecionar os parceiros comerciais. Além disto, podem promover políticas econômicas anticíclicas ou políticas menos onerosas para o país ou, pelo menos, mais eficazes, visando o crescimento econômico.

Um dos instrumentais econométricos utilizados foi o modelo de Vetor Autoregressivo (VAR) para cada conjunto de dados, funções de resposta ao impulso e também à utilização da decomposição de variância para cada variável considerada. O outro instrumental utilizado foi o modelo de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Este foi usado para capturar os parâmetros de cada uma das variáveis para que a simulação numérica fosse menos arbitrária e mais alinhada com a realidade.

Os resultados obtidos indicam que a mudança estrutural é estratégica para o crescimento econômico brasileiro, pois permitiria uma maior dispersão dos efeitos positivos da produtividade industrial por todo o encadeamento produtivo e elevaria o valor dos termos de troca, pois se exportaria produtos com maior valor agregado. Além disto, os resultados sugerem que a China foi o principal parceiro comercial, assim como o setor agrícola foi fundamental para sustentar o crescimento econômico brasileiro das últimas décadas. No entanto, como constatado pelas simulações, tal organização pautada em exportações de produtos primários é incapaz de reconduzir a economia brasileira a uma trajetória de crescimento econômica sustentável. Além disto, constatou-se a importância das exportações de produtos industriais para a Argentina, colocando

novamente em discussão a importância de se consolidar o comércio com a Argentina como um canal importante para ser explorado comercialmente pelo Brasil.

Por fim, para uma nova agenda de pesquisa é interessante identificar exatamente quais são os subsetores industriais e outros parceiros que podem ser estratégicos para o crescimento econômico doméstico, ampliando o debate sobre quais deveriam ser os setores privilegiados por políticas econômicas, isto é, quais os setores industriais que mais contribuiriam para reconduzir o Brasil à trajetória de crescimento econômico adequada.

## **Referências Bibliográficas**

- ANDRADE, J. S. **Apontamentos de Econometria Aplicada.** 2001.
- ARAUJO, R. A.; LIMA, G. T. **A Structural economics-dynamics approach to balance- of payments constrained growth.** Cambridge Journal of Economics, 755-774. 2007.
- ARAUJO, R. A. **New insights from a structural economic dynamic approach to balance of payments constrained growth.** MPRA (Munich Personal RePEc Archive), 2011.
- ARAUJO, R. A. **Assessing the Dynamics of Terms of Trade in a Model of Cumulative Causation and Structural Change.** MPRA Paper 46049, University Library of Munich, Germany, 2013.
- ARAUJO, R. A.; TEIXEIRA, J. R. **Decisions on investment allocation in the post-Keynesian growth models.** MPRA (Munich Personal RePEc Archive). MPRA Paper 33639. University Library of Munich, Alemanha. 2011.
- ARAUJO, R. A.; TEIXEIRA, J. R. **A Pasinettian Approach to International Economic Relations: The Pure Labor Case.** Review of Political Economy, Taylor & Francis Journals, vol. 16(1), pages 117-129. 2004.
- BAROSSI, M. F.; BRAGA, M. B. Metodologia da Econometria IN: Vasconcellos et al, **Manual de Econometria**, Editora Atlas, São Paulo, 2000.
- BOTTA, A. **A structuralist north-south model on structural change, economic growth and catching-up.** Structural change and Economic Dynamics 20, 61 – 73. 2009.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=5&menu=1161>>. Acesso em: 09/08/2014.
- BRITTO, G.; ROMERO, J. P. **Modelos Kaldorianos de Crescimento e Suas Extensões Contemporâneas.** Textos para Discussão Cedeplar-UFMG 449. Universidade Federal de Minas Gerais, Jul 2011.
- BRUTON, H. **A Reconsideration of Import Substitution.** Journal of Economic Literature XXXVI, 903-936. 1998.
- CAÇADOR, S. B.; MONTE, E. Z.; MOREIRA, R. R. **Efeitos Regionais de Política Fiscal no Brasil: Uma Análise por Vetores Autoregressivos.** Economia e Desenvolvimento. Recife – PE, v. 12. Nº 2, 2013.
- CARBINATO, D. A. **Crescimento Econômico e Estrutura Produtiva no Brasil: Uma Análise das Relações Entre Padrão Setorial e Restrição Externa.** III Encontro da Associação Keynesiana Brasileira. 2010.

**FIORILLO, F. Rate of growth and sector specialisation coevolution in a Kaldorian export-led growth model.** Structural Change and Economic Dynamics, Elsevier, vol. 12(1), pages 91-114, March. 2001.

**GOUVÊA, R. R.; LIMA, G. T. Structural Change, Balance-of-Payments Constraint, and Economic Growth: Evidence From The Multisectoral Thirlwall's Law.** Journal of Post Keynesian Economics, M.E. Sharpe, Inc., vol. 33(1), pages 169-204, October, 2010.

**GUJARATI, D. Econometria Básica.** 4<sup>a</sup> Edição. Editora Campus. 2006.

**HAIR, J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E. Multivariate Data Analysis.** Seventh Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 2010.

**KALDOR, N. Causes of the Slow Rate of Growth of the United Kingdom.** Cambridge: [s.n.]. 1966.

**KALDOR, N. The role of effective demand in the short run and the long run.** In: BARRÉRE, A. The Foundations of Keynesian Analysis. London: MacMillan Press. 1988.

**KRUGMAN, P. R. Trigger Strategies and Price Dynamics in Equity and Foreign Exchange Markets.** NBER Working Papers 2459, National Bureau of Economic Research, Inc. 1987.

**MAIA, S. F. Modelos de Vetores Autoregressivos: Uma Nota Introdutória.** N° 60, 2001.

**McCOMBIE, J. S. L. & THIRLWALL, A. P. Economic growth and the balance-of-payments constraint.** London: The Macmillan Press. 1994.

**MORENO-BRID, J. C. Balance-of-Paymens Constraines Economic Growth: The case of Mexico.** Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review, p. 413-433. 1998.

**OCAMPO, A. Beyond reforms: structural dynamics and macroeconomic vulnerability.** Stanford University Press, 2005.

**PASINETTI, L. L. Structural Change and Economic Growth: A Theoretical Essay on the Dynamics of the Wealth of Nations.** 1983.

**PASINETTI, L. L. Structural Economic Dynamics.** 1993.

**PERROUX, F. Cours d'Economie Politique.** 2nd ed. Les Editions Domat-Montchretien, Paris. 1939.

**SANTOS, H. S. A Lei de Thirlwall Multissetorial: Uma Análise das Elasticidades Renda das Exportações e Importações na Relação Bilateral Brasil China.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Uberlândia. 2014.

**SETTERFIELD, M. History versus Equilibrium and the Theory of Economic Growth,** Cambridge Journal of Economics, Oxford University Press, vol. 21(3), pages 365-78, May. 1997.

**SOARES, C. O Modelo de Balanço de Pagamentos Restrito e Desindustrialização: Teoria e Evidência Para o Caso Brasileiro.** Tese (doutorado) – Universidade de Brasília. 2012.

**SOARES, C.; TEIXEIRA, J. R. A Lei de Thirlwall Multissetorial: Novas Evidências Para o Caso Brasileiro.** ANPEC, 2012.

**THIRLWALL, A. P. The balance of payments constraint as an explanation of international growth rates differences.** Banca Nazionale del Lavoro Quarterly, p. 44- 55. 1979.

**THIRLWALL, A. P.; HUSSAIN, M. N. The Balance of Payments Constraint, Capital Flows and Growth Rate Differences between Developing Countries.** Oxford Economic Papers: New Series. 1982.

**VERHULST, P. F. Notice Sur La Loi Que La Population Pursuit Dans Son Accroissement.** Corresp. Math. Phys. v.10, p.113-121, 1838.

## **ANEXO A – LINHAS DE CÓDIGO DO MATLAB**

## 1) Cenário Vigente

Instituto de Economia da Universidade Federal de Uberlândia  
Dissertação de Mestrado - Matheus Silva de Paiva  
Causação Cumulativa, Taxa de Câmbio Real e Progresso Tecnológico Endógeno em uma Abordagem Dinâmica de Mudança Estrutural Multilateral: Uma Análise Teórica e Empírica

```

----- A Função usa dados de 3 Setores e 3 Países-----
%
% _XIND = Indústria
% _XSER = Serviços
% _XAGR = Agricultura
%
----- São dados dos seguintes países -----
%
% _USA = Dados Estimados dos EUA-BRA
% _ARG = Dados Estimados da ARG-BRA
% _CHI = Dados Estimados da CHI-BRA
%
% Definição dos Parâmetros para a Simulação

clear all

n=input('Número de Simulações = ');

% Parâmetro: Setores-Parceiro

Mi_XIND_USA=0.0105;
Mi_XSER_USA=0.0146;
Mi_XAGR_USA=0.0056;
Mi_XIND_ARG=0.0570;
Mi_XSER_ARG=0.0057;
Mi_XAGR_ARG=0.0057;
Mi_XIND_CHI=0.0114;
Mi_XSER_CHI=0.0512;
Mi_XAGR_CHI=0.0966;

% Parâmetro: Câmbio Setorial-Parceiro

Epi_XIND_USA=0.001;
Epi_XSER_USA=0.001;
Epi_XAGR_USA=0.001;
Epi_XIND_ARG=0.001;
Epi_XSER_ARG=0.001;
Epi_XAGR_ARG=0.001;
Epi_XIND_CHI=0.0011;

```

```

Epi_XSER_CHI=0.0013;
Epi_XAGR_CHI=0.0012;

% Parâmetro: Produtividade Setorial

A_XIND=0.0130;
A_XSER=0.0165;
A_XAGR=0.3395;

% Variável Aleatória: Produto por Parceiro

PIBRA(1,1)=188;
PIBARG(1,1)=200;
PIBCHI(1,1)=100;

for i=1:n
    PIB_CHI(i,1)=0.45+0.3*randn;
end

for i=1:n
    PIB_EUA(i,1)=0.45+0.4*randn;
end

for i=1:n
    PIB_ARG(i,1)=0.2+0.18*randn;
end

% Variável Aleatória: Câmbio Real por Parceiro

C_CHI=3.4+11.76*randn(n,1);
C_EUA=3.10+5.88*randn(n,1);
C_ARG=2.7+8.39*randn(n,1);

% Variável Aleatória: Produtividade Indústria Logística

rind=8.69;
xind(1,1)=100;
xind_max=500;

for i=1:n
    gind(i,1)=rind*(1-(xind(i,1)/xind_max));
    xind(i+1,1)=xind(i,1)*(1+(gind(i,1))/100);
end

% Variável Aleatória: Produtividade Serviços Logística

rserv=4.42;
xser(1,1)=100;
xser_max=200;

for i=1:n
    gser(i,1)=rserv*(1-(xser(i,1)/xser_max));
    xser(i+1,1)=xser(i,1)*(1+(gser(i,1))/100);
end

% Variável Aleatória: Produtividade Agricultura Logística

ragr=16.48;

```

```

xagr(1,1)=100;
xagr_max=105;

for i=1:n
    gagr(i,1)=ragr*(1-(xagr(i,1)/xagr_max));
    xagr(i+1,1)=xagr(i,1)*(1+(gagr(i,1))/100);
end

Yt=Mi_XIND_USA*PIB_EUA + Mi_XSER_USA*PIB_EUA + Mi_XAGR_USA*PIB_EUA + ...
Mi_XIND_ARG*PIB_ARG + Mi_XSER_ARG*PIB_ARG + Mi_XAGR_ARG*PIB_ARG + ...
Mi_XIND_CHI*PIB_CHI + Mi_XSER_CHI*PIB_CHI + Mi_XAGR_CHI*PIB_CHI+...
Epi_XIND_USA*C_EUA + Epi_XSER_USA*C_EUA + Epi_XAGR_USA*C_EUA+...
Epi_XIND_ARG*C_ARG + Epi_XSER_ARG*C_ARG + Epi_XAGR_ARG*C_ARG+...
Epi_XIND_CHI*C_CHI + Epi_XSER_CHI*C_CHI + Epi_XAGR_CHI*C_CHI+...
A_XIND*gind + A_XSER*gser + A_XAGR*gagr;

for i=1:n
    PIBARG(i+1,1)=PIBARG(i,1)*(1+0.09*PIB_ARG(i,1));
    PIBCHI(i+1,1)=PIBCHI(i,1)*(1+0.12*PIB_CHI(i,1));
    PIBBRA(i+1,1)=PIBBRA(i,1)*(1+0.065*Yt(i,1));
end

grid on;

% Gráfico de Pizza

IND_USA=(mean(Mi_XIND_USA*PIB_EUA))/mean(Yt);
SER_USA=(mean(Mi_XSER_USA*PIB_EUA))/mean(Yt);
AGR_USA=(mean(Mi_XAGR_USA*PIB_EUA))/mean(Yt);
IND_ARG=(mean(Mi_XIND_ARG*PIB_ARG))/mean(Yt);
SER_ARG=(mean(Mi_XSER_ARG*PIB_ARG))/mean(Yt);
AGR_ARG=(mean(Mi_XAGR_ARG*PIB_ARG))/mean(Yt);
IND_CHI=(mean(Mi_XIND_CHI*PIB_CHI))/mean(Yt);
SER_CHI=(mean(Mi_XSER_CHI*PIB_CHI))/mean(Yt);
AGR_CHI=(mean(Mi_XAGR_CHI*PIB_CHI))/mean(Yt);
CIND_EUA=(mean(Epi_XIND_USA*C_EUA))/mean(Yt);
CSER_EUA=(mean(Epi_XSER_USA*C_EUA))/mean(Yt);
CAGR_EUA=(mean(Epi_XAGR_USA*C_EUA))/mean(Yt);
CIND_ARG=(mean(Epi_XIND_ARG*C_ARG))/mean(Yt);
CSER_ARG=(mean(Epi_XSER_ARG*C_ARG))/mean(Yt);
CAGR_ARG=(mean(Epi_XAGR_ARG*C_ARG))/mean(Yt);
CIND_CHI=(mean(Epi_XIND_CHI*C_CHI))/mean(Yt);
CSER_CHI=(mean(Epi_XSER_CHI*C_CHI))/mean(Yt);
CAGR_CHI=(mean(Epi_XAGR_CHI*C_CHI))/mean(Yt);
PIND=(mean(A_XIND*gind))/mean(Yt);
PSER=(mean(A_XSER*gser))/mean(Yt);
PAGR=(mean(A_XAGR*gagr))/mean(Yt);
RESTANTE=1-(IND_CHI+SER_CHI+AGR_CHI+PIND+PSER+PAGR);

pie([IND_USA, SER_USA, AGR_USA, IND_ARG, SER_ARG, AGR_ARG, ...
IND_CHI, SER_CHI, AGR_CHI, CIND_EUA, CAGR_EUA, CIND_ARG, ...
CSER_ARG, CAGR_ARG, CIND_CHI, CSER_CHI, CAGR_CHI, ...
PIND, PSER, PAGR]);

pie([IND_USA, SER_USA, AGR_USA, IND_ARG, SER_ARG, AGR_ARG, ...
IND_CHI, SER_CHI, AGR_CHI, PIND, PSER, PAGR]);
RESTANTE=1-(IND_CHI+SER_CHI+AGR_CHI+PIND+PSER+PAGR);
pie([IND_CHI, SER_CHI, AGR_CHI, PIND, PSER, PAGR, RESTANTE]);

```

## 2) Cenário com Mudança Estrutural

Instituto de Economia da Universidade Federal de Uberlândia  
Dissertação de Mestrado – Matheus Silva de Paiva  
Causação Cumulativa, Taxa de Câmbio Real e Progresso Tecnológico Endógeno em uma Abordagem Dinâmica de Mudança Estrutural Multilateral: Uma Análise Teórica e Empírica

```

%----- A Função usa dados de 3 Setores e 3 Países-----
%
% _XIND = Indústria
% _XSER = Serviços
% _XAGR = Agricultura
%
%----- São dados dos seguintes países -----
%
% _USA = Dados Estimados dos EUA-BRA
% _ARG = Dados Estimados da ARG-BRA
% _CHI = Dados Estimados da CHI-BRA
%
% Definição dos Parâmetros para a Simulação

clear all

n=input('Número de Simulações = ');

% Parâmetro: Setores-Parceiro

Mi_XIND_USA=0.1405;
Mi_XSER_USA=0.0146;
Mi_XAGR_USA=0.0056;
Mi_XIND_ARG=0.5070;
Mi_XSER_ARG=0.0057;
Mi_XAGR_ARG=0.0057;
Mi_XIND_CHI=0.2066;
Mi_XSER_CHI=0.0512;
Mi_XAGR_CHI=0.0114;

% Parâmetro: Câmbio Setorial-Parceiro

Epi_XIND_USA=0.001;
Epi_XSER_USA=0.001;
Epi_XAGR_USA=0.001;
Epi_XIND_ARG=0.001;
Epi_XSER_ARG=0.001;
Epi_XAGR_ARG=0.001;
Epi_XIND_CHI=0.0011;
Epi_XSER_CHI=0.0013;
Epi_XAGR_CHI=0.0012;

% Parâmetro: Produtividade Setorial

```

```

A_XIND=0.1030;
A_XSER=0.0165;
A_XAGR=0.0895;

% Variável Aleatória: Produto por Parceiro

PIBBRA(1,1)=188;
PIBARG(1,1)=200;
PIBCHI(1,1)=100;

for i=1:n
    PIB_CHI(i,1)=0.4+0.3*randn;
end

for i=1:n
    PIB_EUA(i,1)=0.35+0.4*randn;
end

for i=1:n
    PIB_ARG(i,1)=0.2+0.18*randn;
end

% Variável Aleatória: Câmbio Real por Parceiro

C_CHI=3.4+11.76*randn(n,1);
C_EUA=3.10+5.88*randn(n,1);
C_ARG=2.7+8.39*randn(n,1);

% Variável Aleatória: Produtividade Indústria Logística

rind=15;
xind(1,1)=100;
xind_max=250;

for i=1:n
    gind(i,1)=rind*(1-(xind(i,1)/xind_max));
    xind(i+1,1)=xind(i,1)*(1+(gind(i,1))/100);
end

% Variável Aleatória: Produtividade Serviços Logística

rserv=4.42;
xser(1,1)=100;
xser_max=130;

for i=1:n
    gser(i,1)=rserv*(1-(xser(i,1)/xser_max));
    xser(i+1,1)=xser(i,1)*(1+(gser(i,1))/100);
end

% Variável Aleatória: Produtividade Agricultura Logística

ragr=8.48;
xagr(1,1)=100;
xagr_max=105;

for i=1:n

```

```

gagr(i,1)=ragr*(1-(xagr(i,1)/xagr_max));
xagr(i+1,1)=xagr(i,1)*(1+(gagr(i,1))/100);
end

Yt=Mi_XIND_USA*PIB_EUA + Mi_XSER_USA*PIB_EUA + Mi_XAGR_USA*PIB_EUA + ...
Mi_XIND_ARG*PIB_ARG + Mi_XSER_ARG*PIB_ARG + Mi_XAGR_ARG*PIB_ARG + ...
Mi_XIND_CHI*PIB_CHI + Mi_XSER_CHI*PIB_CHI + Mi_XAGR_CHI*PIB_CHI+...
Epi_XIND_USA*C_EUA + Epi_XSER_USA*C_EUA + Epi_XAGR_USA*C_EUA+...
Epi_XIND_ARG*C_ARG + Epi_XSER_ARG*C_ARG + Epi_XAGR_ARG*C_ARG+...
Epi_XIND_CHI*C_CHI + Epi_XSER_CHI*C_CHI + Epi_XAGR_CHI*C_CHI+...
A_XIND*gind + A_XSER*gser + A_XAGR*gagr;

for i=1:n
    PIBARG(i+1,1)=PIBARG(i,1)*(1+0.09*PIB_ARG(i,1));
    PIBCHI(i+1,1)=PIBCHI(i,1)*(1+0.12*PIB_CHI(i,1));
    PIBBRA(i+1,1)=PIBBRA(i,1)*(1+0.065*Yt(i,1));
end

grid on;

% Gráfico de Pizza

IND_USA=(mean(Mi_XIND_USA*PIB_EUA))/mean(Yt);
SER_USA=(mean(Mi_XSER_USA*PIB_EUA))/mean(Yt);
AGR_USA=(mean(Mi_XAGR_USA*PIB_EUA))/mean(Yt);
IND_ARG=(mean(Mi_XIND_ARG*PIB_ARG))/mean(Yt);
SER_ARG=(mean(Mi_XSER_ARG*PIB_ARG))/mean(Yt);
AGR_ARG=(mean(Mi_XAGR_ARG*PIB_ARG))/mean(Yt);
IND_CHI=(mean(Mi_XIND_CHI*PIB_CHI))/mean(Yt);
SER_CHI=(mean(Mi_XSER_CHI*PIB_CHI))/mean(Yt);
AGR_CHI=(mean(Mi_XAGR_CHI*PIB_CHI))/mean(Yt);
CIND_EUA=(mean(Epi_XIND_USA*C_EUA))/mean(Yt);
CSER_EUA=(mean(Epi_XSER_USA*C_EUA))/mean(Yt);
CAGR_EUA=(mean(Epi_XAGR_USA*C_EUA))/mean(Yt);
CIND_ARG=(mean(Epi_XIND_ARG*C_ARG))/mean(Yt);
CSER_ARG=(mean(Epi_XSER_ARG*C_ARG))/mean(Yt);
CAGR_ARG=(mean(Epi_XAGR_ARG*C_ARG))/mean(Yt);
CIND_CHI=(mean(Epi_XIND_CHI*C_CHI))/mean(Yt);
CSER_CHI=(mean(Epi_XSER_CHI*C_CHI))/mean(Yt);
CAGR_CHI=(mean(Epi_XAGR_CHI*C_CHI))/mean(Yt);
PIND=(mean(A_XIND*gind))/mean(Yt);
PSER=(mean(A_XSER*gser))/mean(Yt);
PAGR=(mean(A_XAGR*gagr))/mean(Yt);
RESTANTE=1-(IND_CHI+SER_CHI+AGR_CHI+PIND+PSER+PAGR);

pie([IND_USA, SER_USA, AGR_USA, IND_ARG, SER_ARG, AGR_ARG, ...
IND_CHI, SER_CHI, AGR_CHI, CIND_EUA, CAGR_EUA, CIND_ARG, ...
CSER_ARG, CAGR_ARG, CIND_CHI, CSER_CHI, CAGR_CHI, ...
PIND, PSER, PAGR]);

pie([IND_USA, SER_USA, AGR_USA, IND_ARG, SER_ARG, AGR_ARG, ...
IND_CHI, SER_CHI, AGR_CHI, PIND, PSER, PAGR]);

RESTANTE=1-(IND_USA + IND_ARG + IND_CHI + SER_CHI + AGR_CHI + PIND + PSER + 
PAGR);
pie([IND_USA, IND_ARG, IND_CHI, SER_CHI, AGR_CHI, PIND, PSER, PAGR, RESTANTE]);

```