

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
SETOR DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA  
MESTRADO EM ECONOMIA**

**RUBENS IBRAIM RIBEIRO**

**Um ABM Norte-Sul com Dinâmica de Demanda e Mudança  
Estrutural: Convergência e Divergência Econômica em uma Relação  
Bilateral**

**PONTA GROSSA**

**2019**

**RUBENS IBRAIM RIBEIRO**

**Um ABM Norte-Sul com Dinâmica de Demanda e Mudança  
Estrutural: Convergência e Divergência Econômica em uma Relação  
Bilateral**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Economia, no Programa de Pós-Graduação em Economia, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Hermes Yukio Higachi

**PONTA GROSSA**

**2019**

R484           Ribeiro, Rubens Ibraim  
Um ABM Norte-Sul com dinâmica de demanda e mudança estrutural  
convergência e divergência econômica em uma relação bilateral / Rubens  
Ibraim Ribeiro Ponta Grossa, 2019.  
111 f.

Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Economia - Área de  
Concentração: Macroeconomia), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Hermes Yukio Higachi.

1. ABM. 2. Norte-sul. 3. Políticas industriais. 4. Competição  
schumpeteriana. I. Higachi, Hermes Yukio. II. Universidade Estadual de  
Ponta Grossa. Macroeconomia. III.T.

CDD: 330.9


## TERMO DE APROVAÇÃO

RUBENS IBRAIM RIBEIRO

### UM ABM NORTE-SUL COM DINÂMICA DE DEMANDA E MUDANÇA ESTRUTURAL: CONVERGÊNCIA E DIVERGÊNCIA ECONÔMICA EM UMA RELAÇÃO BILATERAL

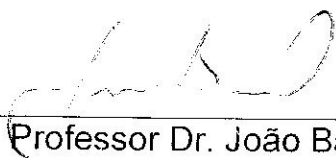
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Economia, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Ponta Grossa, 26 de fevereiro de 2019.




---

Professor Dr. Hermes Yukio Higachi  
Universidade Estadual de Ponta Grossa



---

Professor Dr. João Basílio Pereima Neto  
Universidade Federal do Paraná



---

Professora Drª. Eva Yamila Amanda da Silva Catela  
Universidade Federal de Santa Catarina

*Dedico este trabalho primeiramente a Deus, que sempre foi o autor da minha vida e do meu destino. O meu maior apoio nos momentos difíceis. À minha esposa Adrieli Ferreira Ribas, que com simples palavras de amor e carinho me fez acreditar que tudo daria certo.*

# Agradecimentos

Agradeço imensamente a instituição Universidade Estadual de Ponta Grossa, Departamento de Economia e seus professores, onde passei seis anos de minha vida acadêmica, desde graduação até o mestrado e que me propuseram, além da formação acadêmica, diversos momentos de engrandecimento pessoal e contato com pessoas que foram fundamentais em minha caminhada. Agradeço aos amigos Matheus, Pedro e Junior que me ajudaram durante esta fase e com quem compartilhei momentos de descontração e de muito divertimento, os quais guardarei comigo durante toda a minha vida.

Agradeço especialmente aos professores doutores: Alex, Alysson, Augusta, Celso, Cleise e Karlo e Luiz Philippe por compartilharem comigo seu conhecimento durante estes dois últimos anos. Aos membros da banca, professor Dr. João Basílio Pereima e professora Dr<sup>a</sup> Eva Yamila Amanda da Silva Catela, obrigado pelas contribuições que serviram para direcionar os propósitos do trabalho ao caminho certo.

Agradeço a CAPES pelo financiamento durante este período, sem o qual este trabalho não poderia ser concluído. Finalmente, agradeço imensamente ao meu orientador professor Dr. Hermes Yukio Higachi por todo seu empenho, paciência e auxílio em todas as fases da construção deste trabalho e pela sua vitalidade e empolgação que sempre me deram ânimo para continuar a desenvolver esta dissertação.

*"Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes".  
(Isaac Newton, 1676)*

# Resumo

Neste trabalho foi construído um modelo ABM capaz de responder as questões que envolvem o distanciamento tecnológico e econômico entre os países. O modelo gerado integra o ambiente microeconômico através do arcabouço teórico da teoria evolucionária e o ambiente macroeconômico e o comércio internacional pela teoria pós-keynesiana. Além disto, foram consideradas no modelo as dinâmicas internas de produtividade, salários, preços, competitividade, demanda e cambial. Foram construídos três distintos cenários de simulação: ausência, presença e abandono de políticas industriais pelos países Norte e Sul. Os principais resultados apontam para o surgimento de hiato tecnológico em um ambiente onde existam assimetrias entre os países e ausência de políticas industriais. Além disto, sugerem a especialização comercial e mudança estrutural em direção ao setor science-based no país Norte e especialização setorial e comercial do país Sul em produtos do setor cumulative-technology. Houve divergência econômica em termos de PIB per capita e de renda, representada pelos salários reais dos países. No segundo cenário observou-se que a política industrial foi efetiva na redução do gap tecnológico e no aumento da especialização comercial e setorial do país Sul em direção ao setor science-based, além de significativa convergência do PIB per capita e de renda, através do salário real dos países. O terceiro cenário demonstrou que o abandono das políticas industriais foi prejudicial ao país mais atrasado, pois isto significou a perda da redução do hiato tecnológico e também a divergência de renda, representada pelos salários reais dos países.

**Palavras-chave:** ABM; Norte-Sul; Políticas Industriais; Competição Schumpeteriana;



# Abstract

In this work an ABM model was constructed able to answer the questions that involve the technological and economic distance between the countries. The model generated integrates the microeconomic environment through the theoretical framework of evolutionary theory and the macroeconomic environment and international trade by the post-Keynesian theory. In addition, internal dynamics of productivity, wages, prices, competitiveness, demand and foreign exchange were considered in the model. Three different simulation scenarios were constructed: absence, presence and abandonment of industrial policies by the North and South countries. The main results point to the emergence of a technological gap in an environment where there are asymmetries between countries and absence of industrial policies. In addition, they suggest the commercial specialization and structural change towards the science-based sector in the North country and the sectoral and commercial specialization of the South in products of the cumulative-technology sector. There was economic divergence in terms of GDP per capita and income, represented by the real wages of the countries. In the second scenario, it was observed that the industrial policy was effective in reducing the technological gap and increasing the commercial and sector specialization of the South country towards the science-based sector, in addition to a significant convergence of per capita GDP and income, through countries' real salary. The third scenario demonstrated that the abandonment of industrial policies was detrimental to the most backward country, as this meant the loss of the reduction of the technological gap and also the divergence of income, represented by the real wages of the countries.

**Keywords:** ABM; North South; Industrial Policies; Schumpeterian Competition;

# Lista de Figuras

Figura 1 – Produtividade do trabalho . . . . .	78
Figura 2 – Produtividade do trabalho – cenário 1 . . . . .	80
Figura 3 – Taxa real de Câmbio – cenário 1 . . . . .	81
Figura 4 – Padrão de especialização do comércio internacional – cenário 1 . . . . .	82
Figura 5 – Padrão de especialização setorial – cenário 1 . . . . .	83
Figura 6 – PIB per capita – cenário 1 . . . . .	84
Figura 7 – Salário real – cenário 1 . . . . .	85
Figura 8 – Preços médios – cenário 1 . . . . .	86
Figura 9 – Produtividade do trabalho – cenário 2 . . . . .	89
Figura 10 – Taxa real de câmbio – cenário 2 . . . . .	90
Figura 11 – Padrão de especialização do comércio internacional – cenário 2 . . . . .	91
Figura 12 – Padrão de especialização setorial – cenário 2 . . . . .	92
Figura 13 – PIB per capita – cenário 2 . . . . .	93
Figura 14 – Salário real – cenário 2 . . . . .	94
Figura 15 – Preços médios – cenário 2 . . . . .	95
Figura 16 – Produtividade do trabalho – cenário 3 . . . . .	97
Figura 17 – Taxa real de câmbio – cenário 3 . . . . .	98
Figura 18 – Padrão de especialização do comércio internacional – cenário 3 . . . . .	99
Figura 19 – Padrão de especialização setorial – cenário 3 . . . . .	100
Figura 20 – PIB per capita – cenário 3 . . . . .	101
Figura 21 – Salário real – cenário 3 . . . . .	102
Figura 22 – Preços médios – cenário 3 . . . . .	103

# Lista de abreviaturas e siglas

ABM	<i>Agents Based Model</i>
BP	Balanco de Pagamentos
BPCG	<i>Balance of Payments Constrained Growth</i>
GDP	<i>Gross Domestic Product</i>
NW	Modelo Nelson & Winter
NWA	Modelo Nelson & Winter Ampliado
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
LSD	<i>Laboratory for Simulation Development</i>

# Lista de símbolos

$\gamma$	Parcela de trabalhadores envolvidos em P&D.
$\lambda$	Produtividade dos trabalhadores envolvidos em P&D.
$\theta$	Grau de dedicação das firmas em um dos métodos (inovação ou imitação).
$\eta$	Parâmetro que serve como limite entre os métodos (inovação ou imitação).
$\sigma_{in}$	Desvio padrão de inovação.
$\zeta$	Capacidade de imitação da firma (proporção).
$\Lambda$	Ponteiro para acesso a variável aleatória de produtividade da firma.
$\varphi$	Proporção do <i>gap</i> de produtividade incorporado ao salário de trabalhadores envolvidos na produção.
$\varpi$	Proporção do <i>gap</i> de produtividade incorporado ao salário de trabalhadores envolvidos em P&D.
$\tau$	Indexação salarial em relação aos preços.
$\delta$	Custos de transação de exportação.
$\beta$	Sensibilidade do <i>market-share</i> em relação a diferença de competitividade.
$\epsilon$	Elasticidade-renda da demanda por produtos do setor.
$\phi$	Política de Câmbio.

# Sumário

<b>Introdução</b> . . . . .	<b>13</b>
<b>Parte I      REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>17</b>
<b>Capítulo 1      A TEORIA EVOLUCIONÁRIA DA MUDANÇA E DO CRESCIMENTO ECONÔMICO</b> . . . . .	<b>18</b>
<b>1.1      Princípios Evolucionários</b> . . . . .	<b>20</b>
1.1.1      Racionalidade Limitada . . . . .	20
1.1.2      Agentes Heterogêneos . . . . .	23
<b>1.2      Economia Evolucionária: Apenas uma analogia biológica?</b> . . . . .	<b>24</b>
1.2.1      Mecanismo de Hereditariedade . . . . .	25
1.2.2      Mecanismo de Variação ou Mutação . . . . .	27
1.2.3      Mecanismo de Seleção . . . . .	38
<b>Capítulo 2      FAMÍLIAS DE MODELOS DE CRESCIMENTO</b> . . . . .	<b>42</b>
<b>2.1      Modelos Estruturalistas e Pós-Keynesianos</b> . . . . .	<b>42</b>
2.1.1      Demanda, estrutura produtiva e o crescimento econômico . . . . .	44
2.1.2      Relações do consumo e produtividade . . . . .	46
<b>2.2      Família de Modelos Nelson-Winter</b> . . . . .	<b>48</b>
2.2.1      Modelo Norte-Sul de Fernandes & Porcile . . . . .	50
<b>2.3      Família de Modelos Keynes-Schumpeter</b> . . . . .	<b>54</b>
2.3.1      Modelo Norte-Sul de Verspagen (1993) . . . . .	55
2.3.2      Modelo multi-países de crescimento endógeno de Dosi, Roventini & Russo (2017) . . . . .	57
<b>Parte II      METODOLOGIA</b>	<b>59</b>
<b>Capítulo 3      MODELO ABM DE CRESCIMENTO NORTE-SUL COM REGIMES ECONÔMICOS E TAXA DE CÂMBIO</b> . . . . .	<b>60</b>
<b>3.1      Sequência de Eventos</b> . . . . .	<b>61</b>
<b>3.2      Ambiente Microeconômico ou da Firma</b> . . . . .	<b>62</b>
<b>3.3      Dinâmica de produtividade</b> . . . . .	<b>63</b>
<b>3.4      Dinâmica de Salários</b> . . . . .	<b>65</b>
<b>3.5      Dinâmica de Preços</b> . . . . .	<b>66</b>
<b>3.6      Dinâmica de competitividade ou competição das firmas</b> . . . . .	<b>68</b>

<b>3.7</b>	<b>Dinâmica de Demanda . . . . .</b>	<b>69</b>
<b>3.8</b>	<b>Nível Mesoeconômico ou Industrial . . . . .</b>	<b>71</b>
<b>3.9</b>	<b>Nível Macroeconômico: . . . . .</b>	<b>72</b>
 <b>Parte III      RESULTADOS</b>		 <b>76</b>
<b>Capítulo 4</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS . . . . .</b>	<b>77</b>
<b>4.1</b>	<b>Cenário 1 . . . . .</b>	<b>79</b>
4.1.1	Conclusão . . . . .	87
<b>4.2</b>	<b>Cenário 2 . . . . .</b>	<b>87</b>
4.2.1	Conclusão . . . . .	95
<b>4.3</b>	<b>Cenário 3 . . . . .</b>	<b>96</b>
4.3.1	Conclusão . . . . .	103
 <b>Capítulo 5      CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .</b>		 <b>105</b>
 <b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>		 <b>107</b>

# Introdução

O surgimento das pesquisas sobre o crescimento econômico, *catching up, forging ahead e falling behind*<sup>1</sup> inauguraram dois campos de pesquisa na economia heterodoxa a partir da década de 1950: de um lado ideias em relação a geração do crescimento liderado pela demanda e de outro lado liderado pela oferta, através do comportamento em nível da firma na teoria evolucionária. Pelo lado da demanda, as teorias estruturalistas de corrente pós-keynesianas defendem que o crescimento é diferente entre os países por conta de suas diferenças estruturais. Deste modo, existe um *lacuna* entre os países, enquanto alguns países conseguiram atingir níveis maiores de sofisticação produtiva, outros continuam atrasados ao manterem uma estrutura produtiva primitiva que dificulta a inserção destes no comércio internacional – essa relação entre países atrasados e líderes ficou conhecida como centro-periferia (PREBISCH, 1950).

A teoria estruturalista defende que a mudança estrutural – *i.e.* deslocamento da importância de um setor no PIB para outro setor com maior oportunidade tecnológica, encadeamento produtivo, *spill-overs* tecnológicos, etc. – é o determinante do crescimento e do atraso dos países subdesenvolvidos em relação aos países desenvolvidos. De acordo com as ideias de Kaldor (1966) a indústria é o setor chave no processo de crescimento. Aliado as ideias de Prebisch (1950), Kaldor (1966 apud GALA, 2017, p. 37-8) relacionou positivamente a taxa de crescimento da produtividade do trabalho com a taxa de crescimento industrial.

Mais tarde, Thirlwall (1979) construiu um modelo de crescimento com restrição no balanço de pagamentos. O que se extrai deste modelo é que um país deve crescer a uma taxa que o mantenha com equilíbrio em relação ao seu passivo externo. Essa relação ficou conhecida como lei de Thirlwall (1979) e declara que a taxa de crescimento da economia, depende da relação entre a taxa de crescimento das exportações e a elasticidade renda das importações. Sua importância na tradição pós-keynesiana ocorre por incluir as relações de comércio internacional. Neste sentido, o crescimento seria impulsionado pelo comércio internacional. A modelagem, que incluiu a mudança estrutural em um *framework* macroeconômico com dinâmica de demanda na teoria *pós-keynesiana*, foi realizada em

---

<sup>1</sup> Catching-up é o processo de recuperação do crescimento de um país atrasado em relação a um país líder atingindo a mesma renda. Outros termos que serão utilizados são *forging-ahead* representa um país que esta avançando no crescimento e *falling-behind* um país que está ficando para trás (ABRAMOVITZ, 1986).

Pasinetti (1981) e Pasinetti (1993).

Do lado da teoria do crescimento liderado pela oferta surge, a partir do trabalho escrito por Nelson e Winter (1982), a teoria evolucionária<sup>2</sup> da mudança econômica, que incorporou elementos da teoria *Schumpeteriana* e do *Darwinismo* universal na economia, e trouxe grande avanço em defesa da necessidade de avanços tecnológicos como motor do crescimento econômico e do *catching up*.

A Economia evolucionária, além da teorização, formalizou um modelo<sup>3</sup> de crescimento endógeno gerado pelo processo de inovação e dependente das decisões da firma. Os *microfundamentos* produzidos por esta teoria enriquecem a análise dos possíveis resultados das decisões dos agentes em inovar, além de permitir a análise sobre o crescimento econômico. Permite considerar os agentes como heterogêneos, dotados de racionalidade limitada em um ambiente de competição schumpeteriana.<sup>4</sup>

A partir dos desenvolvimentos de ambas as teorias pós-keynesiana e evolucionária, surgiram nos recentemente modelos que utilizam das ideias das duas famílias de modelos como em Verspagen (1993), Ciarli et al. (2010), Dosi, Fagiolo e Roventini (2010), Dosi, Roventini e Russo (2017), Cimoli, Pereima e Porcile (2018), etc. Acredita-se que as teorias não são concorrentes, mas complementares e enriquecem a análise do crescimento econômico por se constituírem a partir dos *microfundamentos* da teoria evolucionária – possibilitando a inclusão da dinâmica da inovação – e do *framework* macroeconômico estruturalista e pós-keynesiano – que possibilita a inclusão da dinâmica de demanda, mudança estrutural e crescimento liderado pelas exportações.

Neste sentido, o objetivo é formular um modelo de crescimento econômico baseado nas duas famílias de modelos, com uma estrutura evolucionária que permita analisar a natureza, os determinantes e os efeitos da dinâmica setorial quanto ao relacionamento Norte-Sul: uma relação entre países calcada na existência de assimetrias tecnológicas e comerciais. O estudo da dinâmica setorial é relevante na medida em que distintos setores podem mostrar taxas diferentes de crescimento da produtividade e de expansão da demanda *keynesiana*, tornando o padrão de especialização – os setores que predominam na estrutura produtiva de cada país – decisivo em definir as taxas de crescimento de longo prazo. Por outro lado, o estudo da dinâmica das assimetrias tecnológicas entre os países é também relevante, desde que podem se reproduzir ou ampliar no tempo: a cumulatividade das capacidades de inovação permite que os países que estão mais perto da fronteira tecnológica possam manter sua vantagem no tempo, dando lugar a processos

<sup>2</sup> Também conhecida como Teoria Neo-Schumpeteriana por conta da enorme contribuição das ideias de Joseph Schumpeter para a construção dos conceitos utilizados pelos teóricos evolucionários. Portanto neste trabalho será utilizado ambas as denominações para esse grupo de pesquisadores.

<sup>3</sup> Capítulo 12 de Nelson e Winter (1982).

<sup>4</sup> Competição guiada pela geração de inovações no sistema. Caracteriza-se por destruição criativa, ou seja, o surgimento de uma inovação tecnológica torna obsoleta as tecnologias existentes e dá ao seu detentor vantagem competitiva em seu ramo de atuação.



de divergência internacional (i.e. distanciamento crescente entre o Norte inovador e o Sul menos avançado tecnologicamente).

A construção do modelo se apoia na necessidade de responder a um fenômeno que ocorreu em alguns países relativos as suas estratégias industriais: Existe um grupo de países *líderes* em termos tecnológicos e industriais, representado por países da Europa, Estados Unidos, Japão, etc. Estes países aumentaram acentuadamente sua produtividade do trabalho e hoje têm indicadores sólidos nesta área. O segundo grupo é formado por países do leste asiático que conseguiram reduzir, consideravelmente, a diferença de sua produtividade em relação aos países líderes a partir das décadas de 1970 e 1980, principalmente. O último grupo são alguns países em desenvolvimento como Brasil e Argentina que conseguiram aumentar sua produtividade até certo período mas, a partir de certo ponto não conseguiram dar um *salto* tecnológico que fosse capaz de reduzir a distância tecnológica para os países do primeiro grupo.

Esses dois tipos de questões teóricas e empíricas podem ser tratados rigorosamente por meio da metodologia de modelos baseados em agentes, os quais permitem analisar o resultado de decisões e as interações<sup>5</sup> diretas e indiretas, complexas e não lineares, entre os agentes heterogêneos e evolucionários. Pressupomos que as implicações em termos de crescimento econômico e distanciamento tecnológico são resultado das decisões, tanto no âmbito da firma – decisões em relação a melhorias das capacidades de inovação e imitação tecnológica – quanto em âmbito das decisões industriais e macroeconômicas – políticas que visam fortalecer a indústria como a desvalorização do câmbio.

O processo de convergência/divergência do crescimento econômico entre duas economias Norte e Sul será analisado em um ambiente inovativo com fluxo de comércio internacional e análise estrutural. Para tanto será construído um modelo ABM evolucionário Norte-Sul que considere a dinâmica das assimetrias tecnológicas entre eles com a incorporação de dinâmica microeconômica, setorial (mudança estrutural) e macroeconômica, representadas pelas variáveis relativas a produtividade, salários, preços, competitividade, demanda e câmbio, além de políticas industriais que possam corrigir ou melhorar as trajetórias dos países, sendo estas a principal contribuição do trabalho.

O presente trabalho é composto por 5 capítulos além desta seção. No capítulo 1 avançaremos na análise da teoria evolucionária ou *neo-schumpeteriana*, lançando mão dos conceitos mais importantes para a fundamentação teórica microeconômica. No capítulo 2 analisaremos os modelos *demand-led*, *export-led*, *supply-led*, além de dos modelos conjugados para fundamentação teórica macroeconômica e comercial. No capítulo 3 será apresentado o modelo ABM Norte-Sul com dinâmica de demanda e mudança estrutural. O capítulo 4 segue com as simulações e análises dos resultados que permitam verificar o processo de

---

<sup>5</sup> Firmas-firmas, firmas-consumidores, firmas-bancos, consumidores-consumidores, consumidores-bancos, etc.

convergência/divergência tecnológica e econômica. O capítulo 5 segue com as considerações finais do trabalho.

# Parte I

## Referencial teórico

# Capítulo 1

## A Teoria Evolucionária da Mudança e do Crescimento Econômico

A teoria evolucionária da mudança econômica tem seu início no trabalho seminal de Nelson e Winter (1982) e os seus conceitos foram construídos em analogia a princípios da biologia evolucionária e das ideias de Charles Darwin e principalmente nos trabalhos de Joseph Schumpeter, ficando conhecida como teoria neo-schumpeteriana. Os conceitos principais como "seleção" são utilizados em comparação aos conceitos econômicos e, embora haja uma grande contribuição advinda da teoria evolutiva, as ideias de Schumpeter<sup>1</sup> são mais recorrentes e grandemente utilizadas: Higachi, Lima e Pereima (2016)

... é uma síntese evolucionária neo-schumpeteriana, no espírito de apenas seguir a concepção geral e algumas referências básicas da biologia evolucionária por analogia, e não tentando uma aplicação direta, centrando-se ao inverso na análise econômica. Na verdade, a inspiração do enfoque é até mais claramente schumpeteriana, em face do número de citações e referências a esse autor e do sentido geral da análise, do que propriamente evolucionária, embora deva muito a ambas (POSSAS, 2008, p. 287).

Embora exista uma conexão de ideias entre a biologia e a economia, não se pode considerar que essa relação seja perfeita pois não existem elementos suficientes para respaldar o uso de um "darwinismo universal", que possam sujeitar várias conquistas no campo teórico da economia. Portanto, a dificuldade encontrada em definir alguns dos conceitos da biologia evolucionária dentro da economia<sup>2</sup> delegam um papel de analogia a esses princípios e que podem contribuir para melhor analisar os comportamentos e

<sup>1</sup> No prefácio do livro *"An Evolutionary Theory of Economic Change"* Nelson e Winter (1982) apontam sua "dívida" intelectual com Joseph Schumpeter e Herbert Simon: "(...)Schumpeter pointed out the right problem-how to understand economic change—and his vision encompassed many of the important elements of the answer. Simon provided a number of specific insights into human and organizational behavior that are reflected in our theoretical models";

<sup>2</sup> Um exemplo disso em Nelson e Winter (1982, p.142-143): *"In biological evolution, differential reproduction rates of phenotypes possessing different genetic inheritances drive the selection dynamics. In models of economic selection, expansion of profitable firms relative to unprofitable ones plays an analogous role. But in cultural selection systems, as contrasted with purely biological ones, there is as well the possibility*

os padrões que emergem das interações entre os agentes (POSSAS, 2008). Assim sendo, Nelson e Winter (1982, p.11) enfatizam "(...) *we are equally prepared to pass over anything that seems awkward, or to modify accepted biological theories radically in the interest of getting better economic theory(...)*".

Nelson e Winter (1982) foram os responsáveis em teorizar sobre uma ideia que percorreu o século XX: utilizar o conceito de seleção na economia de forma a romper com algumas simplificações utilizadas no núcleo duro da ortodoxia. Essa adoção permite por exemplo, "olhar para a mudança" em vez de tomar equilíbrio como ponto de partida "natural" (DOSI, 1990 apud MAGNUSSON, 1994, p. 2). O *flerte* com as teorias evolucionárias atingiu também Alfred Marshall. O lema adotado por Marshall "*Natura non facit saltum*"<sup>3</sup> demonstra sua aproximação às ideias evolutivas. Ainda de acordo com Marshall (1948 apud NELSON; WINTER, 1982, p. 44) "the Mecca of economics lies in economic biology rather than economic mechanics". Embora seu sonho era avançar na exploração das ideias evolutivas o autor não pôde realizar esse feito (LANGLOIS; EVERETT, 1994, p. 16).

Alguns anos depois, quando as teorias *marginalistas* entraram em discussão, os pressupostos das teorias ortodoxas foram alvo de discordâncias. O princípio da racionalidade foi relativizado nesta discussão pois as ações *racionais* não precisam ser conscientes. No entanto, a defesa da hipótese da maximização presente na teoria *marginalista* não encontrou um consenso na tradição ortodoxa. Neste ponto, Alchian (1950 apud LANGLOIS; EVERETT, 1994, p. 19) e Friedman (1953 apud LANGLOIS; EVERETT, 1994, p. 19) lançaram mão do uso de um mecanismo explícito de seleção natural. Alchian assume a assimetria de informações argumentando que o ambiente seleciona as empresas que tomam as melhores decisões. Friedman, por outro lado, acredita que o mecanismo de seleção corrobora com a teoria marginalista lançando o uso da expressão "*as if*", ou seja, as firmas agem *como se* soubessem de todas as informações e agissem maximizando o lucro (LANGLOIS; EVERETT, 1994, p. 19-20). Por outro lado, Nelson e Winter (1982, p. 141-42) argumentam que Friedman negligencia que o processo não ocorre instantaneamente, ou seja, se o determinante do comportamento das firmas for aleatório, não se deve creditar a hipótese da maximização em todos os momentos – haja vista que leva um tempo para que a maior lucratividade ocorra para as empresas que adotam a hipótese. Portanto, "to the extent that behavior is random, there may be no systematic selection at all".

Em suma, esses debates, além dos estudos desenvolvidos nas décadas seguintes da seleção econômica, culminaram na reunião das contribuições e desenvolvimento de uma teoria singular em torno dos *princípios evolucionários* em Nelson e Winter (1982).

---

*of imitation. In the selection dynamics of the models we shall build, often both mechanisms will be at work.*"

<sup>3</sup> Expressão em latim que significa algo como: a natureza não dá saltos. Essa expressão foi citada diversas vezes por Darwin no livro "Origem das espécies" indicando que a mudança não acontece de forma repentina, mas gradualmente.

## 1.1 Princípios Evolucionários

Higachi, Lima e Pereima (2016) A teoria evolucionária é pautada em uma análise que investiga de perto as formas de organização, comportamento e tomadas de decisões dos agentes, dando um potencial peso para estes nas possíveis trajetórias resultantes das suas ações. A análise inicialmente é de nível microeconômica e levada em novas agregações surgem desdobramentos meso-macroeconômicos.

Como dito anteriormente, a abordagem evolucionária surgiu através da crítica de teóricos da área contra hipóteses simplificadoras usados até então nos modelos de crescimento econômico com progresso técnico exógeno – sendo este último endogenizado nos modelos evolucionários e responsável por toda a sua dinâmica – e, diferentemente da abordagem de cunho ortodoxo que baseia sua análise no agente racional-maximizador (ou racionalidade substantiva), agente representativo e padrões de equilíbrio, a análise é focada no agente adaptativo que possui racionalidade limitada (ou processual) e que, através da sua avaliação sobre as condições internas e do ambiente econômico externo, toma decisões ativas e reativas, tudo isso dentro um leque diversificado de opções – existem comportamentos "diversos" entre os agentes, ou seja, existe a presença de agentes heterogêneos – e que podem gerar novos resultados em relação ao equilíbrio da teoria ortodoxa. Assim, existe a substituição do agente maximizador – que possui acesso a todas as informações – pelo agente com racionalidade limitada no sentido de Simon com informações assimétricas, gerando como resultado da interação com outros agentes – com comportamentos distintos no ambiente competitivo –, diversas trajetórias tecnológicas – que podem ocorrer fora do equilíbrio.

### 1.1.1 Racionalidade Limitada

O ponto principal da divergência entre os modelos que consideram os agentes com racionalidade substantiva ou com racionalidade limitada, gira em torno do "conhecimento" que eles possuem acerca das variáveis envolvidas no processo de decisão. Segundo Cimoli e Porcile (2015) a racionalidade substantiva "assume que a) as firmas têm perfeito conhecimento dos parâmetros do sistema econômico e b) são capazes (pelo menos na média) de tomar decisões ótimas na produção, consumo e inovação". Isto possibilita analisar um comportamento "único", médio e previsível (*i.e.* maximizador) de um agente representativo na racionalidade substantiva. Na racionalidade limitada considera-se a assimetria de conhecimento. Portanto o total ou parcial conhecimento que resulta nas ações dos agentes é central nesta discussão:

Rationality, whether substantive as in neoclassical economics or procedural along the lines stressed by Simon, is a process of logical inference (every computation is such a process). It proceeds from knowledge of a problem to knowledge of an answer to it (in the sense of a method

of handling it). It raises questions such as what is meant by “knowing” something and in what sense can we infer or otherwise proceed from knowing some propositions to knowing others. (ARROW, 2004, p. 49)

O conhecimento das variáveis envolvidas no processo decisório<sup>4</sup>, tanto as ações quanto as reações dos agentes frente aos diversos cenários, ensejam análises mais acuradas levando-se em consideração as dificuldades e os custos de se obter as informações necessárias no processo de decisão. Além disso, informações simétricas "são suposições bastante exigentes sobre o conhecimento incorporado ou acessível aos agentes – que dificilmente se aplicam a ambientes complexos e mutáveis" (DOSI; MARENGO; FAGIOLO, 2003, p. 5). Na análise dos modelos de maximização considera-se a hipótese simplificadora de que não existem barreiras (*i.e.* custos) para os agentes obterem as informações necessárias a uma tomada de decisão considerada "ótima" e, portanto, a maximização dos resultados é um objetivo comum e possível de ser alcançado por eles. O agente é racional no sentido em que suas condutas levam a um conjunto deles maximizarem os resultados (na média) frente aos seus objetivos. Em alguns momentos eles otimizam tendo pensado de maneira correta sobre o conjunto de possibilidades que estão envolvidas, em outras vezes eles aprenderam e utilizaram as estratégias ótimas mesmo sem ter pré-calculado os desdobramentos e outras vezes pode ser entendido "*as if*" tivessem realmente calculado (DOSI; NELSON, 1994).

Entretanto, mesmo em um cenário institucional bem definido – onde o sistema de leis e regras são claras –, ambiente político estável e concorrência perfeita, é difícil de considerar que existam informações simétricas e disponíveis a todos os atores. O fator que pode ser preponderante para essa dificuldade é o tempo. O lapso temporal pode gerar assimetrias de informações pois, dentro da estrutura da firma considera-se que existe uma dinâmica interna intensa, onde existem elementos que possibilitam a mudança e a adequação destas aos possíveis cenários que se apresentam em um ambiente de concorrência Schumpeteriana, dificultando as reações "ótimas" das empresas concorrentes necessárias a maximização dos objetivos, ou seja, o ambiente competitivo muda constantemente pela busca e a presença constantes de inovações que podem gerar novos produtos, processos e o surgimento de novos mercados. Neste sentido, o tempo confere ao conhecimento uma característica dinâmica no curso das tomadas de decisão graças a busca pelo domínio do mercado pelas firmas e pela emergência de novas e diversificadas estratégias. Assim, "conforme o processo vai se intensificando – conforme o tempo passa – as experiências se modificam, os resultados passados podem ser julgados e as estratégias de decisão podem variar, em constante adaptação comportamental" (SILVA, 2014). Neste sentido::

(...) a ideia subjacente ao conceito de maximização é de um comportamento de equilíbrio de um organismo com perfeita adaptação, que

<sup>4</sup> Segundo Cimoli e Porcile (2015) os agentes "form expectation about present and future prices, market shares, consumption patterns, the policy environment, technical change – including the emergence of new goods and sectors in the economic landscape"...

depende apenas de seu objetivo. Mas se o ambiente apresentar alterações, se existirem múltiplos objetivos ou, ainda, se o organismo for afligido por conflitos internos, o conceito de maximização não se mostra promissor. Neste caso, para entender o comportamento do organismo é necessário conhecer sua estrutura interna e, particularmente, seu mecanismo de adaptação. (SBICCA, 2014, p. 582)

Gigerenzer (1997, p. 2) separou em quatro requisitos que filtram uma situação específica para que seja considerada a necessidade da adoção da racionalidade limitada de modo mais específico:

- i) É muito difícil para o agente calcular uma solução exata: os recursos disponíveis, mesmo os computacionais são limitados.
- ii) O ambiente de decisão precisa ser estudado: o ambiente deve ser considerado além do limite das capacidades de cálculo.
- iii) Recursos cognitivos limitados: inferência é realizada em tempo limitado, com limitado conhecimento, capacidades computacionais limitadas e recursos limitados para obter a *informação*. Esses recursos são insuficientes para calcular a solução exata.
- iv) Uma estratégia de *satisficing* é especificada: é preciso uma estratégia de *satisficing* proposta com um modelo de racionalidade limitada que calcule um julgamento ou uma decisão a partir da análise do ambiente.

Seguindo esse filtro utilizado por Gigerenzer (1997) evidencia-se que no processo de competição entre as empresas, não existem garantias de que o i) poderio computacional<sup>5</sup> disponível hoje seja capaz de simular com precisão os resultados das possíveis estratégias escolhidas pelas empresas, haja vista que os consumidores reagem de maneira incerta em relação às inovações criadas pelas empresas. As estratégias das firmas devem considerar as características do ambiente (*e.g.* indústria, mercado, setor, etc.) onde está inserido atendendo o requisito ii), além da necessidade de julgar suas particularidades internas limitadas em relação ao conhecimento, recursos e tempo frente aos seus custos de produção, marketing, P&D, etc. de acordo com o requisito iii). Portanto, a estratégia que será adotada pela firma será a mais satisfatória em relação aos seus objetivos e em relação as suas limitações iv), ensejando a análise supondo a racionalidade limitada.

Mas então o que caracteriza a racionalidade limitada ou como o agente escolhe suas estratégias em um ambiente de incerteza dentro da economia evolucionária? A maneira de decidir sobre as alternativas não considera o mundo como um sistema integral, mas

<sup>5</sup> Recentemente iniciou-se uma nova fase na era computacional com o surgimento do *machine learning*. Esse método pode revolucionar a capacidade computacional de prever as reações dos agentes frente a diversas situações de incerteza. Um exemplo disso pode ser encontrado em Ravnik, Solina e Žabkar (2014), que aplica a técnica para prever o comportamento do consumidor em um ambiente de varejo obtendo 88,6% de precisão sobre a decisão tomada pelo consumidor.



considera as limitações do próprio agente em definir a melhor estratégia. Para Simon<sup>6</sup> a decisão é tomada através de uma estratégia de *satisficing* que é baseada nas aspirações do agente econômico. Dois aspectos são enfatizados por Simon sobre o *satisficing*: busca por alternativas e os níveis de aspirações. Leva-se em consideração que o agente realiza buscas por alternativas quando as que estão disponíveis não o satisfazem suficientemente e, de acordo com as suas aspirações, ele escolhe a alternativa que seja boa o suficiente conforme suas pretensões iniciais (SBICCA, 2014, p.583).

Podemos então constatar que todas as trajetórias que surgirão em nível meso-macro são o resultado do comportamento dos agentes em nível micro frente as suas condições internas e ao ambiente em que o agente está inserido. Também podemos considerar que a racionalidade limitada advinda da assimetria de informações abre possibilidades para o surgimento do processo de "aprendizado" pois, o desconhecimento *ex ante* da estrutura, a insuficiência de informações ou o domínio de um repertório limitado de ações podem gerar erros nas escolhas que envolvem os resultados da produção ou resultados piores dos que seriam percebidos pelas escolhas de um agente onisciente. A partir disto, *ex post* as estratégias seriam corrigidas e os resultados poderiam ser ajustados (DOSI; MARENGO; FAGIOLO, 2003, p. 3).

A importância de se considerar essa limitação racional em economia, é motivada pela busca de um maior realismo aos pressupostos que são inerentes aos agentes e também de considerar que, embora o objetivo das empresas seja o lucro, a otimização do mesmo impõe restrições às incertezas envolvidas no processo de decisão, diminuindo as possibilidades advindas do processo de mudança econômica e adaptação dos agentes a esses casos:

Strict adherence to optimization notions either requires or strongly encourages the disregard of essential features of change the prevalence of Knightian uncertainty (Knight, 1921), the diversities of viewpoint, the difficulties of the decision process itself, the importance of highly sequential "groping" and of diffuse alertness for acquiring relevant information, the value of problem-solving heuristics, the likely scale and scope of actions recognized *ex post* as mistaken, and so forth. (NELSON; WINTER, 1982, p.31)

### 1.1.2 Agentes Heterogêneos

A noção de agentes representativos da teoria neoclássica segue de perto o fato que o comportamento dos agentes na busca pela maximização de seus objetivos sujeitas a determinadas restrições levam o indivíduo a otimizar seus resultados através do conhe-

<sup>6</sup> Os estudos de Herbert Simon, Daniel Kahneman, Amos Tversky e Richard Thaler inauguraram uma nova área de pesquisa em economia conhecida como economia comportamental. Vale ressaltar que as contribuições de Herbert Simon e Daniel Kahneman fizeram com que fossem agraciados com o prêmio em memória de Alfred Nobel em 1978 e 2002 respectivamente. Outro pesquisador da área que também recebeu o prêmio no ano de 2013 foi Robert Shiller por suas contribuições no campo de finanças comportamentais.

cimento *ex ante* das informações necessárias, ou que reduzam significativamente o risco, para uma tomada de decisão que os permitam alcançar o equilíbrio ou *steady-state*. Esses resultados, caso estejam factíveis de ocorrer, são o resultado de cálculos matemáticos precisos pelos agentes que tomam as mesmas decisões em busca desse objetivo comum, e que sugerem um comportamento único, seja de uma família objetivando maximizar sua utilidade ou seja uma firma maximizando seu lucro ou outras organizações e que não cometem erros sistemáticos. Sendo assim o sistema é tomado por um comportamento único por diferentes agentes e que podem ser reunidos em um "agente representativo". A abordagem evolucionária contesta esse ponto atribuindo a assimetria informacional implicando em agentes com comportamentos distintos, ou seja, "agentes heterogêneos" que concorrem em busca de resultados não convergentes a maximização, mesmo sendo esse um objetivo plausível todavia em muitas situações inviável para agentes com racionalidade limitada. Neste sentido, ocorre a identificação de agentes heterogêneos que, por não conhecerem todas as possibilidades e por não possuírem acesso a todas as informações para uma tomada de decisão considerada "ótima" ou maximizadora, seguem regras simples de decisão que resultam de seu conhecimento prévio das condições do ambiente onde estão inseridos e também do conhecimento de eventos ou experiências passadas em uma estratégia adaptativa. Não apenas isso, mas avaliam as respostas e estratégias adotadas pelos outros agentes (num ambiente de interação), sendo então influenciados e também podendo exercer influência sobre estes. Segundo Sbicca e Fernandes (2005), "mesmo diante de informações e situações idênticas, as escolhas poderão ser diferentes. Assim, entende-se que alguns tomarão decisões de comportamento e assumirão rotinas que se mostrarão melhores que outras".

## 1.2 Economia Evolucionária: Apenas uma analogia biológica?

A modelagem evolucionária é baseada "na proposição de que, nos curto e médios prazos, o comportamento das firmas pode ser explicado quanto a regras e procedimentos relativamente simples"(NELSON; WINTER, 1982, p. 36). O que distingue um agente de outro são essas regras de decisão que na teoria evolucionária são chamadas de "rotinas", conceito que pode tanto a) servir como uma nomenclatura para as heurísticas utilizadas pelas pessoas em relação a tomada de decisões e escolhas baseadas em sua limitação frente a informações assimétricas, como b) amplia o espectro de análise para as rotinas de produção e as ações/reações das firmas num ambiente competitivo.

Dentro da abordagem evolucionária as firmas correspondem aos "*fenótipos*" que por sua vez carregam dentro de si diversas rotinas durante sua existência como se fossem seus "*códigos genéticos*" ou "*genes*". A capacidade de se adaptar ao meio e permitir a continuidade de suas atividades advém da lucratividade que elas obtêm com suas operações e corresponde ao seu "*fitness*". Durante o ciclo de existência da firma, ela tende a modificar

constantemente suas estratégias frente as condições do mercado e estas ações, resultado de sua intencionalidade, são capazes de modificar de uma vez as decisões que serão tomadas a partir de então ou como e o quê a firma irá produzir. Tudo isso torna-se possível graças ao surgimento das inovações que tem como contrapartida biológica as "*mutações*" e, diferentemente da economia, não resultam da intencionalidade dos agentes (POSSAS, 2008). Essas analogias nos permitem compreender que existe uma constante luta pela sobrevivência no mercado assim como no mundo biológico e, apesar da dificuldade de se aplicar todas as conquistas dos estudos em biologia evolucionária à teoria econômica, possibilita analisar melhor o processo de adaptação, mudança e sobrevivência da firma.

A economia evolucionária se estruturou em analogia a princípios biológicos herdando as concepções de mudança que estão presentes na biologia evolutiva. Trata-se de observar os padrões de comportamento do indivíduo (ou agente) podendo ser este: pessoas, empresas, indústrias, setores ou até mesmo países. Os padrões de comportamento surgem como o foco de análise por comporem características que muitas vezes possuem certa estabilidade no tempo e que está passível de sofrer alterações dirigidas pelo processo de mudança econômica ou progresso tecnológico que ultrapassa as fronteiras do comportamento individual, podendo ser consequência direta da interação com o ambiente ou indiretamente da reação às possíveis ações adotadas por outros agentes em um cenário de interação entre eles.

Esses fatos ensejaram as relações de conceitos com contrapartida com os da biologia evolucionária, em que o papel do comportamento dos agentes são centrais na análise e segundo Corazza e Fracalanza (2004) pela identificação no comportamento dos agentes de:

- a) Elementos de permanência ou hereditariedade;
- b) Um princípio de variação ou mutações;
- c) Os mecanismos de seleção;

### 1.2.1 Mecanismo de Hereditariedade

Assim como na biologia, a hereditariedade se manifesta nos indivíduos pela permanência ou transmissão de características idênticas entre os agentes. Trata-se de estabelecer e preservar determinados atributos que envolvem o indivíduo e que são responsáveis pelo seu comportamento ou, relativamente as firmas, pela sua organização e suas atividades internas.

Para a biologia esse conjunto de atributos está incorporado ao código genético ou "genes" biológicos. A teoria evolucionária creditou às *rotinas*<sup>7</sup> das firmas como o seu código

<sup>7</sup> O termo é utilizado para incluir "characteristics of firms that range from well-specified technical routines for producing things, through procedures for hiring and firing, ordering new inventory, or stepping up production of items in high demand, to policies regarding investment, research and development (R&D),

genético. Portanto a rotina é um elemento central da análise evolucionária e está sujeita tanto a mecanismos de hereditariedade quanto a sofrer variações e também mecanismos de seleção.

As rotinas carregam em si dois elementos que para a teoria ortodoxa são distintos, mas para a teoria evolucionária são semelhantes: regras de decisão e técnicas de produção. Deste modo, uma técnica de produção, limitada pelo maquinário disponível, assim como a decisão de qual técnica adotar, possuem, para Nelson e Winter (1982, p. 14) diferenças "sutis e contínuas, e não claras e bem definidas". Dentro das firmas, as rotinas são expressões do comportamento do agente que se moldou pelas decisões e ações de um conjunto de indivíduos que, dadas suas próprias capacitações, limitações e divergências de pensamentos internos, direcionou seus esforços para a resolução de determinados problemas ou por suas escolhas técnicas ao resolver conflitos internos e entregar como resultado determinadas regras de decisão que fazem parte do rol de soluções práticas, ou "regras de bolso" que o agente utiliza quando se defronta com situações que envolvem escolha.

Logicamente, as decisões dos empresários não seguem um padrão que se repete indefinidamente. O ambiente de competição envia sinais aos atores econômicos que muitas vezes não permitem o uso das mesmas respostas. Também, as decisões não costumam ser sempre diferentes ou radicais. Quando se observa a característica do mercado, existe um processo evolutivo que se desenrola sem grandes mudanças radicais em um processo cumulativo e que se traduz em respostas que conservam o caráter regular e algumas vezes previsível. Assim, o comportamento da firma cabe dentro de determinadas rotinas que cumprem os requisitos evolucionários de persistência no tempo ou de *repetição*. Vromen (1995, p. 112-13) argumenta que a fragilidade do elo "reprodutivo" que inviabiliza o "feedback loop", pode produzir a estabilidade do sistema econômico e diminuir a possibilidade das rotinas passadas comporem o *repertório* de regras de decisão ou técnicas produtivas que fazem parte das estratégias dominadas pela firma. Intimamente ligado a *repetição*, está a *experimentação* que resultam na "geração constante de novas oportunidades de operação" e "estão na base da aprendizagem, por meio da qual são construídos os comportamentos". (CORAZZA; FRACALANZA, 2004, p.130)

(CARIO, 1995, 157-58) destaca cinco características que compõe e validam o uso da nomenclatura "*rotinas*" para os aspectos inerentes ao comportamento das firmas:

- i) Os procedimentos de rotina abarcam a concepção do tempo. Os procedimentos decisórios podem ocorrer de forma contínua ou podem ser separados de forma descontínua em curto prazo – operacionais e de produção – e longo prazo – relativos ao investimento.

---

or advertising, and business strategies about product diversification and overseas investment."(NELSON; WINTER, 1982, p.14)

- ii) A rotina incorpora as decisões e resoluções de entes com diversidade de comportamentos, capacitações e opiniões que, dadas essas divergências, conciliam suas ideias, afastando os conflitos internos e tomando decisões consensuais.
- iii) As rotinas representam o acúmulo de conhecimento, codificando as experiências passadas (de sucessos ou fracassos), de difícil transferência. São o resultado dos esforços de inovação da empresa e do *know-how* que a mesma adquiriu no seu ramo de atividade.
- iv) As rotinas apresentam regularidades representadas pelo conhecimento que se consolidou pelos sucessos e fracassos no processo produtivo, política de P&D, decisão de investimentos que resultam em comportamentos regulares.
- v) Existem distintas graduações (ou tipos) de rotinas que podem ser consideradas e acessadas dentro de uma estrutura hierárquica entre elas.

### 1.2.2 Mecanismo de Variação ou Mutação

Na seção anterior, especificamente no item v), destacamos que existem distintas graduações de rotinas de acordo com o tipo – ou característica. Nelson e Winter (1982, p.36) separam as rotinas em três classes (DOSI; NELSON, 1994, p.160):

- a) São rotinas de curto prazo, acessadas de acordo com as decisões tomadas pelas firmas em relação ao que a firma "*faz*" a qualquer tempo dado seu estoque, capacidade produtiva e capital acumulado no período. Os autores chamam de "*características operacionais*".
- b) Diferente da classe anterior, esta classe de rotinas é capaz de modificar os fatores que são fixos no curto prazo, ou seja, promovem o aumento/diminuição do estoque de capital de um período a outro. A presença de rotinas de investimento (ou projetos) leva em consideração a existência de dois padrões que divergem apenas em relação a casos já precedentes. Ao direcionar investimentos em expansão industrial – representando aqui rotinas de alta complexidade –, as regras de decisão observadas pelos "*managers*" podem ser usuais na firma pois esta já possui conhecimento adquirido por experiências anteriores, sendo assim os procedimentos tomados serão conhecidos da mesma forma que são conhecidos os procedimentos necessários a substituição de equipamentos (*i.e.* rotinas de investimento simples). Por outro lado, o padrão de atuação (ou regras utilizadas) para investir na expansão pode envolver decisões imprevisíveis para os atores envolvidos, que leva a adoção de estratégias improvisadas.
- c) Existe uma classe importante de rotinas que se caracteriza por seguir determinadas regras e são capazes de modificar diversos aspectos operacionais ao longo do tempo.

Essas regras "perturbam" o sistema econômico ao modificar as rotinas que fazem parte do processo produtivo das firmas, resultando em mudanças radicais. Essas rotinas são conhecidas como *search* ou rotinas de busca e sua atuação implica em mudanças drásticas em contrapartida a variação genética da analogia biológica. Trataremos adiante os aspectos destas rotinas.

### Rotinas de busca indutoras do Progresso Tecnológico

As atividades da firma, em geral, contemplam a coordenação interna (nos seus diversos níveis) de seus funcionários que produzem, em determinado ponto do tempo, produtos ao combinar os insumos necessários a produção – que são determinados pela magnitude do estoque de capital da firma – tudo isso levando-se em conta variáveis exógenas como a demanda externa e a oferta de bens intermediários, de capital etc. Neste sentido, *estático*, as rotinas são pré-estabelecidas ao incorporarem o *estoque de conhecimento* disponível da firma ou sua *memória* organizacional onde as firmas "mantém nos seus repertórios todas as rotinas verdadeiramente necessárias para dado estado rotineiro de funcionamento da organização" e que são executadas a partir da interpretação realizada por seus membros do "fluxo de mensagens enviadas por outros membros e pelo ambiente". (NELSON; WINTER, 1982, p.155)

Esse repertório de conhecimentos acumulados pode, então, ser modificado (sofrer acréscimos) dentro da firma após as rotinas de buscas adotadas pela mesma. Quando o incremento de conhecimento acontece de forma mais radical ele provoca mudanças drásticas no mercado e a firma que obteve esse sucesso, desponta como uma líder no processo competitivo. Esse tipo de inovação <sup>8</sup> radical é gerado por investimento da firma em P&D (inovativo e imitativo), que tem por característica principal um risco alto por parte das empresas. Desprende-se então a característica *dinâmica* do sistema em que a competição Schumpeteriana é causada por esse mecanismo endógeno do progresso tecnológico que surge como a disputa pela liderança conduzida pelas rotinas de buscas ou inovações e que resultam em destruição das empresas menos competitivas e concentração monopolística ou oligopolística.

As rotinas de busca não tratam apenas da dedicação da firma em empregar esforços em P&D inovativo ou imitativo (realizados por departamentos de análise de mercado, oficinas de pesquisa operacional e laboratórios), trata-se muitas vezes, "de tempos em tempos, algumas pessoas dentro dela se engajem em refletir sobre o que a firma está fazendo e por quê, com vistas a uma revisão, ou mesmo uma mudança radical". Neste sentido, também "(...) numa teoria evolucionária, mudança de estratégia ou de política

<sup>8</sup> O conceito pode englobar: "inovações em produtos, processos, formas de organização, mercados e fontes de matérias-primas"(CORAZZA; FRACALANZA, 2004, p. 131)

pode ser tratada exatamente da mesma maneira que as mudanças de técnica", e também "Nós aplicamos a teoria evolucionária para analisar o efeito de mudanças autônomas nas condições de mercado, bem com as mudanças induzidas por inovações endógenas. Nossa teoria é uma teoria sobre processos de mercado". (NELSON; WINTER, 1982, p.37, 65, 70)

Este segundo mecanismo evolucionário de mutação é caracterizado por incerteza. Na subseção 1.1.1 tratamos de explicar a incerteza e racionalidade limitada, também conceitualizamos a otimização como um critério difícil de ser alcançado dentro do ambiente competitivo pela firma. Diante disto podemos perceber que a presença constante de inovações confere as rotinas de busca, segundo Corazza e Fracalanza (2004, p.132) como processos que "são permeados por um tipo muito especial de incerteza – de natureza não-Bayesiana ou não-probabilística –, a inovação passa a ser um processo guiado por uma heurística de busca, com base em experiências prévias, tentativas, sucessos e fracassos" e "there is not, and there cannot be, a general rule which leads innovative search. Indeed, there can only be specific search heuristics, strongly characterized by procedural uncertainty (DOSI; EGIDI, 1991, p. 163). Portanto, além de seguir regras, as rotinas de buscas envolvem incerteza:

Our basic hypothesis is that agents follow various forms of *rule-guided* behaviors which are *context-specific* and, to some extent, *event-independent* (in the sense that actions might be invariant to fine changes in the information regarding the environment). On the other hand, agents are always capable of experimenting and discovering new rules and, thus, they continue to introduce behavioral novelties into the system. (DOSI; NELSON, 1994, p. 157)

O processo de busca e de introdução de variedades segue o esforço das firmas em introduzir novidades que produzem *desequilíbrios* e *diferenciação*, tudo motivado pela conquista de valorização de ativos e aumento de lucros. Para Cario (1995, p. 158) a busca ocorre a partir do surgimento de condições modificadas na estrutura de concorrência e também do surgimento de problemas internos que a firma tem que lidar, exigindo novos expedientes, novos esforços, adaptação as novas circunstâncias e esforço inovador que podem recompensar as inovadoras frente às concorrentes. Segundo Corazza e Fracalanza (2004, p. 133), assumir que as estratégias ou rotinas de busca não são "*ótimas*" não implica em assumir que são *totalmente aleatórias*.

A dedicação dos atores envolvidos no processo de busca em relação a solucionar determinados problemas, levam a firma a identificar as *áreas-problemas* na medida em que existe uma focalização e surgimento de dispositivos gerados durante esta investigação. Esta *focalização* identifica as possíveis fragilidades, gargalos tecnológicos e os pontos fracos sujeitos a revisão. O resultado disto é que os sinais percebidos pelas firmas após suas atividades serem direcionados para a constante superação de suas debilidades nas suas *áreas-problemas* traçam aquilo que foi chamado por Nelson e Winter (1977) de *trajetórias*

*naturais* e que expressam o *moto interno* (*momentum*) da mudança tecnológica, sendo este relacionado aos limites das capacidades cognitivas dos indivíduos envolvidos no processo de busca. (NELSON; WINTER, 1977 apud CORAZZA; FRACALANZA, 2004, p. 133)

## Tecnologias

Para Dosi (1982, p. 151-52) tecnologia pode ser considerada como:

"(...) as a set of pieces of knowledge, both directly 'practical' (related to concrete problems and devices) and 'theoretical' (but practical, applicable although not necessarily already applied), know-how, methods, procedures, experience of successes and failures and also, of course, physical devices and equipment. Existing physical devices embody - so to speak - the achievements in the development of a technology, in a defined problem-solving activity. At the same time, a 'disembodied' part of the technology consists of particular expertise, experience of past attempts and past technological solutions, together with the knowledge and the achievements of the 'state of the art'."

De modo geral "a technology can be seen as a human designed means for achieving a particular end" (DOSI; NELSON, 2010, p. 55). Também verificamos que a tecnologia surge com o acúmulo de *conhecimento* a partir da produção e está sujeito a modificação através das rotinas de buscas e também do processo de aprendizado. Nesse sentido a "technological change as the increase in productivity of all techniques available, technological change is now defined as the search for an increase of the known set of production techniques" (VERSPAGEN, 1993, p.64). O contexto onde as inovações operam está centrado no contexto tecnológico, através da dedicação em resolver os problemas e perseguir as oportunidades existentes neste contexto (CARIO, 1995, p.158).

Dosi e Nelson (2010, p. 56) citam quatro características da tecnologia que definem seu uso e importância:

- i) Conhecimento tecnológico (ou informação) é um bem considerado não-rival, ou seja, sua utilização por um indivíduo não reduz o uso por outro;
- ii) A tecnologia é indivisível, ou seja, metade dela não tem valor algum, apenas a informação completa tem valor;
- iii) Existe um alto custo de geração de conhecimento tecnológico e da informação completa, ao passo que o custo de repetição do uso da tecnologia ou reprodução da informação tem custo insignificante;
- iv) Existem retornos crescentes ao uso da tecnologia, o que implica em dizer que diferente de outros bens, ela não deprecia com o tempo ou pelo uso, pelo menos em termos técnicos.



Além dessas características, vale ressaltar que mesmo a tecnologia sendo não-rival no seu uso, ela não é caracterizada por ser um *bem público puro*, o que vale dizer que existem custos associados ao desenvolvimento, absorção e replicação. Nesse sentido a tecnologia não está aberta a todos os atores e seu uso é restrito pelos custos de replicação que são positivos, variados e significativos. (DOSI; NELSON, 2010, p.57) Outro aspecto relevante é que a tecnologia envolve conhecimentos tácitos<sup>9</sup> que são desenvolvidos pelas firmas e sua codificação dificulta a replicação do mesmo por outras empresas. Dosi e Nelson (2010, p.60) comparam as tecnologias ou o conhecimento tecnológico como receitas que incorporam as *regras* ou diretrizes codificadas e que orientam a produção de determinado artefato, além disso, o autor resalta a existência de aspectos tácitos e articulados bem como as combinações sequenciais de atos físicos e cognitivos.

A produção industrial envolve além das tecnologias como diretrizes de produção, a coordenação das atividades entre os atores no que Dosi e Nelson (2010, p. 61) chamou de *tecnologias sociais* que envolvem a divisão do trabalho, organização e gerenciamento que possibilitam a eficiência produtiva. Em suma, a tecnologia compreende:

(a) a specific body of practice-in the form of processes for achieving particular ends-together of course with an ensemble of required artifacts on the “input side”; (b) quite often some distinct notion of a design of a desired “output” artifacts; and (c) a specific body of understanding, some relatively private, but much of it shared among professionals in a field. (DOSI; NELSON, 2010, p.66)

A união dos três elementos acima pode ser entendida como *paradigmas tecnológicos*.

## Paradigmas e Trajetórias Tecnológicas

A definição de paradigma tecnológico é relativamente subjetiva, calcada na interpretação de processos que se constituem, de certo modo, dinâmicos e mutáveis por um lado e persistentes e estáveis por outro. Existem determinados gargalos nos procedimentos técnicos e nos produtos que surgem como *oportunidades* de melhorias, e que são solucionados por meio das mesmas regras dentro de determinados materiais tecnológicos selecionados, constituindo-se de modo padronizado dentro desta *base tecnológica* e servindo de insights para avanços futuros. Essas regras e bases tecnológicas compõe o que denominamos paradigmas tecnológicos<sup>10</sup> (CORAZZA; FRACALANZA, 2004, p. 134).

<sup>9</sup> "Tacitness refers to the inability by the actor(s), or even by sophisticated observers, to explicitly articulate the sequences of procedures by which 'things are done,' problems are solved, behavioral patterns are formed, etc" e "In a nutshell, tacitness is a measure of the degree to which 'we know more than we can tell'."(DOSI; NELSON, 2010, p.58-59)

<sup>10</sup> Alguns exemplos de tecnologias envolvidas em paradigmas são tecnologia de vapor, eletricidade, tecnologia (petro) química, o motor de combustão interna e semi-condutores (ou, mais em geral, tecnologia da informação) (VERSPAGEN, 1993), (DOSI, 1982, p. 152). Algumas heurísticas específicas

Ao definir o conceito, Dosi (1982, p.152) compara os paradigmas tecnológicos com a definição Kuhniana de paradigmas científicos e desenvolve a hipótese de que as descobertas tecnológicas são agrupadas neles (VERSPAGEN, 1993, p. 57). Os paradigmas científicos caracterizam-se por uma perspectiva que define os problemas existentes e pelo surgimento de um modelo de solução que segue um determinado padrão de investigação. Neste sentido, os paradigmas tecnológicos seguem os mesmos procedimentos tendo, também, a presença de *heurísticas positivas e negativas*<sup>11</sup> que dirigem (coordenam) o programa de pesquisa nos caminhos da mudança tecnológica a seguir e aqueles que devem ser negligenciados. Os engenheiros estão tão focados nas direções das pesquisas que devem percorrer que ficam "cegos" (negligenciam) sobre outros possíveis caminhos tecnológicos a perseguir, surgindo então, um *efeito de exclusão* (DOSI, 1982, p.153).

Para Dosi e Nelson (1994, p. 161) tanto a natureza do conhecimento envolvido nas possíveis inovações quanto o procedimento organizacional adotado pelas firmas são captados dentro dos paradigmas. Portanto, os paradigmas descrevem o conjunto de entendimentos compartilhados pelas firmas e a comunidade de engenheiros, as visões e heurísticas envolvidas para melhorar as "coisas" que são feitas e também associa a ideia dos artefatos que podem ser melhorados tanto nas características específicas de design e eficiência quanto no barateamento de seu processo produtivo. Neste mesmo sentido, Dosi e Nelson (2010, p. 64) ressaltam que os paradigmas envolvem *regularidade* na dinâmica de procedimentos, características de artefatos e intensidades de insumos.

Para que um novo paradigma surja, é necessário que a regularidade dita anteriormente seja refletida na coordenação estratégica e produtiva dos atores econômicos de várias firmas dentro de uma indústria, como se houvesse uma direção geral coordenando as estratégias que são semelhantes. A consolidação do novo paradigma decorre apenas a partir de certo tempo, superadas as fortes incertezas envolvidas na introdução da mudança e incorporação das inovações até que a coordenação dos atores econômicos esteja presente (VERSPAGEN, 1993, p. 67). Além disso, o novo paradigma deve alcançar um caráter mais sistêmico, não impactando apenas a firma, mas o setor como um todo. Isto posto, Verspagen (1993, p. 59) sustenta que o surgimento do paradigma é exógeno no nível da firma única, pois decorre do impacto além-firma sobre um setor, ou a economia como um todo, mesmo que dependa fundamentalmente das decisões de nível microeconômico.

O impacto de um determinado paradigma tecnológico em se difundir e influenciar uma economia em nível macroeconômico foi introduzido por Perez (1983, p. 4) como um novo *estilo tecnológico* denominado *paradigma tecnoeconômico*. Um novo paradigma

---

da pesquisa: "in microelectronics search concerns methods for further miniaturization of electrical circuits, the development of the appropriate hardware capable of "writing" semiconductor chips at such a required level of miniaturization and advances in the programming logic to be built into the chip." (DOSI; NELSON, 2010, p. 67)

<sup>11</sup> As heurísticas positivas nos dizem "as rotas que devemos seguir na pesquisa científica", enquanto a heurística negativa nos diz "quais caminhos devem ser evitados" (MASSONI, 2005, p.22).

tecnoeconômico surge das "complementarities and externalities of families of interrelated technical, organizational and social innovations and with the rigidities of the built environment, institutional environment and established technological systems" (FREEMAN, 1991, p. 222). As consequências dessas grandes mudanças tecnológicas são chamadas por (FREEMAN, 1991, p.222) de "revolução tecnológica" ou "mudança no paradigma técnico-econômico", ou "mudança no regime tecnológico". De acordo com Dosi e Orsenigo (1988, p. 10)<sup>12</sup> esse *meta-paradigma* caracteriza-se por possuir um estilo tecnológico dominante pelo qual o senso comum e as regras gerais afetam toda a economia diferindo das ideias semelhantes em Dosi (1982) e aproximando-se das *trajetórias naturais* ou *regimes tecnológicos* de Nelson e Winter (1982). Dosi e Orsenigo (1988, p. 10) seguem explicando que os paradigmas tecnoeconômicos difundem-se com maior alcance na economia, graças a uma combinação de vantagens técnicas e econômicas, reconhecendo as influências do ambiente de seleção que molda a nova tecnologia dentro de um campo tecnicamente viável. O paradigma tecnoeconômico pode ser entendido como um "tipo ideal" de organização produtiva ou "senso comum" de melhor qualidade tecnológica, que se desenvolve em resposta a dinâmica da estrutura de custos relativos, ou seja, os gerentes e engenheiros aplicarão os procedimentos incluídos no *senso comum técnico* existente para prosseguir com suas políticas de inovações ou melhorias, e alcançar o *tipo ideal* de organização produtiva (PEREZ, 1983, p. 3). Resumidamente podemos considerar os paradigmas tecnoeconômicos como "clusters" de paradigmas tecnológicos.

A importância dos paradigmas envolve a possibilidade de avanços tecnológicos dirigidos pelas regularidades na atuação de distintos atores e cooperação entre eles. Esse avanço envolve as mudanças dentro dos paradigmas e mudanças de paradigmas. A natureza do progresso gerado dentro dos paradigmas costuma ter um caráter mais cumulativo enquanto as mudanças de paradigmas são mais radicais. Isso significa que a mudança dentro do paradigma está limitada pelas características tecnoeconômicas circunscritas no paradigma tecnológico, ou seja, existem determinadas *trajetórias tecnológicas* advindas das inovações dentro dos paradigmas. Nesta perspectiva, a natureza paradigmática e cumulativa do conhecimento tecnológico abre avenidas de evolução tecnológica ao passo que grandes discontinuidades são geradas por mudanças de paradigmas (DOSI; NELSON, 2010, p. 70).

De acordo com Verspagen (1993) as trajetórias tecnológicas correspondem a desenvolvimentos em determinadas tecnologias nos moldes existentes no paradigma tecnológico existente. Dosi (1982, p. 154-155) reúne algumas características gerais das trajetórias tecnológicas:

- i) Existem trajetórias mais gerais ou circunscritas e outras mais poderosas e menos poderosas;

---

<sup>12</sup> Prefácio escrito por Christopher Freeman.

- ii) Existem complementariedades entre as trajetórias (conhecimento, experiência, habilidades, etc.);
- iii) Em relação as dinâmicas tecnológicas e econômicas, a *fronteira tecnológica* corresponde ao mais alto grau de desenvolvimento de um determinado caminho tecnológico;
- iv) O progresso tecnológico em uma região advém de esforços cumulativos. Devido a isto, a probabilidade de avanços está relacionada a posição que a região ocupa em relação a fronteira tecnológica;
- v) É difícil mudar de uma trajetória já consolidada para outra dado o conhecimento já acumulado. Isso pode ser visto quando ocorre uma mudança de paradigma, – de acordo com Dosi e Nelson (2010, p. 70) uma mudança no paradigma geralmente implica uma mudança nas trajetórias – geralmente as trajetórias geradas no novo paradigma começam do zero na atividade de resolução de problemas em relação a antiga trajetória;
- vi) É difícil comparar *a priori* a superioridade de uma trajetória em relação a outra, isso torna a atividade de pesquisa incerta nos possíveis resultados;

Corazza e Fracalanza (2004, p. 135), Dosi (1982) defendem que a resolução dos *trade-offs* envolvidos entre variáveis definidas como relevantes pelos paradigmas causam os movimentos que geram as trajetórias. Sendo assim, o progresso tecnológico diz respeito as melhorias destes trade-offs. Enquanto os paradigmas identificam as necessidades e requisitos técnicos dos usuários, as trajetórias envolvem o aprimoramento e melhorias das respostas da oferta em relação aos requisitos de demanda (DOSI; NELSON, 2010, p. 67). As trajetórias envolvem, então, o caminho de melhoria adotado pela tecnologia, – dadas as percepções dos tecnólogos sobre as oportunidades – o mercado e outro mecanismos de avaliações que determinam as atividades que são lucrativas (DOSI; NELSON, 1994, p. 161).

Dosi (1988 apud VERSPAGEN, 1993, p.67) lista cinco fatos estilizados relacionados a mudança tecnológica:

- i) A inovação envolve um elemento fundamental de incerteza;
- ii) Existe crescente dependência de oportunidades tecnológicas em avanços no conhecimento científico;
- iii) A complexidade das atividades de pesquisa e inovação favorece grandes organizações em detrimento dos inovadores individuais;

- iv) Uma grande quantidade de inovações deriva de *learn-by-doing* e *learn-by-using*<sup>13</sup>;
- v) Mudança técnica é uma atividade cumulativa;

Os itens iii, iv e v reforçam a concepção de que a mudança tecnológica é *path-dependent*, ou seja, dependente da trajetória. Essa *path-dependence* pode gerar um efeito de *lock-in* ou aprisionamento que ocorre quando uma região específica não consegue realizar um salto – *catch-up* – de uma trajetória ultrapassada para uma trajetória de fronteira. Os estágios anteriores ou o passado produtivo da economia tem impacto fundamental nos estágios e tipos de inovação em que a economia se encontra. Neste sentido, David (1985, p. 332) afirma que "acidentes históricos" não podem ser ignorados na análise econômica e o processo dinâmico assume um caráter essencialmente histórico. Para confirmar sua tese, o autor utiliza o exemplo do teclado "QWERTY", que surgiu nas antigas máquinas de escrever para solucionar o problema de que as barras de digitação "emperrassem" quando letras muito utilizadas, fossem acionadas repetidas vezes causando problemas na impressão do papel. Esse sistema se mostra ineficiente quando colocado frente a outro tipo de teclado – denominado DSK – desenvolvido por August Dvorak e W. L. Dealey e que permite que a digitação ocorra de 20 a 40% mais rápido que o "QWERTY". Este é, portanto, um exemplo de *lock-in* que demonstra que certas trajetórias são irreversíveis dado a cumulatividade e a padronização de uma certa solução tecnológica que se apresentou "cedo demais" e que gerou a especialização dos agentes em uma trajetória que se demonstra menos eficiente (CORAZZA; FRACALANZA, 2004, p. 136).

Vamos ampliar na próxima subseção o espectro de análise que envolve a mudança econômica e tecnológica, em relação aos cenários onde os paradigmas emergem como regularidades das atividades de inovação e as condições que eles encontram.

## Regimes Tecnológicos

O conceito de *regimes tecnológicos* muitas vezes se sobrepõe ao de paradigmas no sentido de que envolve certas regularidades, porém abrange muita mais do que isso pois diz respeito as condições conjunturais da economia num aspecto mais macro. Deste modo, se assemelha com os conceitos de paradigmas tecnoeconômicos de Perez (1983). Dosi e Nelson (1994, p. 160) argumentam que os regimes são, ao mesmo tempo, sustentados e delimitados em seu desenvolvimento e ao longo de trajetórias particulares pela complexidade das firmas, disciplinas profissionais e sociedades, formação universitária e programas de pesquisa, e estruturas legais e regulatórias. Os regimes são o agrupamento de distintos paradigmas tecnológicos que se assemelham nos modos de aprendizagem específicos e

<sup>13</sup> *Learn-by-doing* é o aprendizado que possibilita um aumento do conhecimento na firma adquirido pela própria produção. *Learn-by-using* é o conhecimento que se adquire com o uso das técnicas produtivas e dos produtos.

fontes de conhecimento tecnológico (DOSI; NELSON, 2010, p. 87). De acordo com Dosi, Malerba e Orsenigo (1994, p. 216) regimes tecnológicos "provides a description of the technological environment in which firms operate".

O conceito de regimes tecnológicos deve ser capaz de agrupar os paradigmas – que possuem regularidades principalmente em relação a base tecnológica – com características distintas usando um filtro comum. Além disto, eles contribuem para explorar as diversidades de padrões de mudanças, com foco principal em produtos e processos, relação entre as condições do mercado e com as fontes de tecnologias. O conceito de regimes tecnológicos é útil pois fornece uma estrutura para interpretar o conjunto de evidências da organização e estratégia da firma e padrões setoriais da mudança tecnológica (DOSI; MALERBA; ORSENIGO, 1994, p. 216). Em um esforço de organizar os setores de acordo com as mesmas regularidades padrões básicos de atividades inovadoras, Pavitt (1984) elaborou uma taxonomia para agrupá-los em quatro grupos:

- i) *Supplier dominated*: as oportunidades inovadoras advêm da aquisição de novas peças de máquinas e novos insumos intermediários. As atividades de inovação são limitadas, com foco em melhorias incrementais e adaptativos com processos de learn-by-doing e learn-by-using. É composto de empresas pequenas e médias e a rapidez do processo de difusão, ao invés da inovação, é essencial no âmbito competitivo. As trajetórias tecnológicas objetivam melhorias no rendimento dos processos produtivos. Pertencem a este setor as indústrias têxtil, de vestuário e produtos de metal.
- ii) *Scale intensive*: a escala de produção influencia a capacidade de explorar oportunidades inovadoras e desempenham um papel relevante na competição entre empresas e na formação da estrutura da indústria que é composta de grandes empresas, em geral verticalmente integradas com grande barreira à entrada de novas empresas. Learn-by-doing, learn-by-using e P&D inovativo são fundamentais nas suas atividades de inovação. Em relação aos processos de produção, as trajetórias tecnológicas estão voltadas em melhorias dos rendimentos do processo, aumentos na escala de produção e nos processos de automação. Pertencem a este setor indústrias de materiais a granel (aço, vidro), montagem (bens de consumo duráveis e automóveis).
- ii) *Specialised suppliers*: Neste setor as interações com os consumidores são essenciais, na medida em que possuem grande capacidade de se adaptar seus produtos às necessidades dos usuários, direcionando suas atividades no desenvolvimento, engenharia e no design. Proporcionam uma *apropriabilidade* relativamente alta das inovações de produto. A estrutura da indústria é composta de pequenas e médias empresas altamente especializadas. São comuns as inovações de produto principalmente incrementais. As trajetórias tecnológicas visam as melhorias no desempenho e

confiabilidade dos produtos. Fazem parte deste setor as indústrias de máquinas e equipamentos industriais.

- iv) *Science based*: as oportunidades coevoluem principalmente no nível inicial de suas atividades onde P&D e aprendizado por buscas são elementos-chave na atividade inovadora. A estrutura da indústria é caracterizada por grandes firmas oligopolistas e pequenas firmas schumpeterianas. As trajetórias tecnológicas envolvem aumento do desempenho dos produtos e melhorias nos rendimentos dos processos produtivos. Fazem parte do setor indústrias eletrônicas, elétricas e químicas (DOSI; MALERBA; ORSENIGO, 1994, p. 205-206), (DOSI; NELSON, 2010, p. 87).

Outra taxonomia utilizada comumente são os regimes Schumpeterianos denominados *regime Mark I* e *regime Mark II*. Segundo Dosi e Nelson (2010, p. 87) O regime Mark I caracteriza-se por baixa cumulatividade de acumulação de conhecimento. Este aspecto facilita a entrada de uma nova indústria no setor (DOSI; MALERBA; ORSENIGO, 1994, p. 208). Ao contrário do regime anterior, o regime Mark II corresponde a permanência de empresas grandes e estabelecidas, forte barreira a entrada de novas empresas e presença de conhecimento cumulativo.

Dosi, Malerba e Orsenigo (1994, p. 208) rotulam os regimes Mark I e II como regimes de ampliação e aprofundamento respectivamente. O regime Mark I é de ampliação na medida em que as atividades inovadoras são frequentemente ampliadas pela entrada de novos inovadores e conta também com o surgimento de vantagens competitivas e tecnológicas das firmas estabelecidas. Por sua vez, o regime Mark II é de aprofundamento pois é composto por firmas continuamente inovadoras que dominam o setor pela acumulação de recursos tecnológicos no decorrer do tempo.

Malerba e Orsenigo (1993 apud DOSI; MALERBA; ORSENIGO, 1994, p. 216) propuseram que os regimes tecnológicos reúnem algumas condições específicas: condições de oportunidade e apropriabilidade, graus de cumulatividade do conhecimento tecnológico e características da base de conhecimento relevante.

As condições de *oportunidade* refletem o incentivo implícito nas atividades inovadoras e o alto potencial ganho das firmas que investem na pesquisa e desenvolvimento delas. Os graus de *oportunidades* de difusão podem ser altos quando os resultados das inovações são aproveitados em diversos produtos e mercados, ou podem ser baixas quando restritas a um específico conjunto de produtos e processos. A condição de *apropriabilidade* reflete a capacidade da empresa proteger e manter as inovações realizadas em seu próprio poder, sem que surjam forças capazes de difundir esse conhecimento para outras firmas no mercado, ou exista uma facilidade de imitação pelas empresas. A *cumulatividade* reflete o grau necessário do desenvolvimento e domínio de conhecimento acumulados historicamente pelas firmas, que formam um ponto de partida para o surgimento de inovações em um

setor, consistindo em forte barreira à entrada de novas firmas no mercado. Por fim, a *base de conhecimento* envolve a complexidade das atividades necessárias para o desenvolvimento das tecnologias. As bases de conhecimento podem ser tácitas ou codificadas, sendo a primeira de difícil replicação em outro ambiente, pois envolve conhecimento de difícil transmissão e a codificada considerada mais "universal", por reunir instruções simples de como fazer e que podem ser difundidas com mais facilidade por outros atores econômicos.

A importância dessas condições está na definição das estratégias adotadas pelas firmas que, moldarão o padrão de atividades utilizados por elas, construindo um núcleo de exploração comum entre as empresas, além da coordenação de suas atividades. Por exemplo, em um setor que combina alta oportunidade, alta cumulatividade e alta apropriabilidade, são geradas estratégias de criação de novas tecnologias, melhoria das existentes ou uma combinação das duas. Caso o regime seja caracterizado por alta oportunidade, alta apropriabilidade e baixa cumulatividade, as atividades serão voltadas para as inovações e geração de novas tecnologias. Se o regime for caracterizado por alta apropriabilidade, alta cumulatividade e baixa oportunidade, as estratégias se voltarão para a melhoria das tecnologias existentes. Em geral, alta oportunidade está relacionada ao incentivo em inovações radicais, alta cumulatividade relaciona-se às melhorias incrementais nas tecnologias existentes, baixa apropriabilidade incentiva o surgimento de inovações. A base de conhecimento também influencia as estratégias das empresas. Um exemplo seria a combinação de alta presença de conhecimento tácito no regime tecnológico combinado com alta apropriabilidade que possibilita o surgimento de alianças estratégicas entre as empresas no desenvolvimento das inovações. Em suma, estas condições geram os *trade-offs* que influenciam as decisões dos agentes e que formam os padrões *ordenados* de mudança (DOSI; MALERBA; ORSENIGO, 1994, p. 217-218).

As características dos regimes tecnológicos são muito importantes, assim como as condições específicas existentes dentro deles. É importante notar que a constante presença de desequilíbrios – assim como a constante busca por estes desequilíbrios – são os responsáveis pela dinâmica padronizada de mudança tecnológica existente no sistema econômico. Esses conceitos serão aplicadas no desenvolvimento do modelo que será construído neste trabalho no capítulo 3.

### 1.2.3 Mecanismo de Seleção

Outro mecanismo derivado das ciências biológicas que é objeto de analogia em economia é a de seleção natural ou seleção econômica. A fim de utilizar a analogia, Verspagen (1993) diferencia a evolução darwiniana da lamarkiana. Na evolução darwiniana a seleção ocorre dos indivíduos mais adaptados à sobrevivência no meio em que estão inseridos; a evolução lamarkiana credita a sobrevivência dos indivíduos à sua capacidade de se adaptar ao ambiente, desta forma endogeniza o comportamento e considera o



papel indispensável das mutações como mecanismo de adaptação, e a seleção como a forma de selecionar aqueles indivíduos que conseguem se adequar as condições ambientais. Desta forma a seleção econômica se aproxima mais da evolução lamarkiana, haja vista a capacidade das firmas aprenderem e serem capazes de modificar suas características e influenciar o ambiente.

Para entender o processo de seleção econômica é necessário, em primeiro lugar, responder algumas questões como: qual é a unidade de seleção? A seleção é feita com base em quais critérios? Como são medidos estes critérios? Verspagen (1993) responde a algumas questões similares a estas:

Some preliminary answers could be to use the firm as the unit of selection, and market share as a measure of performance. Measures of competitiveness would then be product price or quality. Market shares would change as a result of firm behaviour, and technological paradigms would emerge, develop and retard as an outcome of this firm-level selection process. Another approach would be to use a technology as the unit of selection, and make the development of firms secondary to this. (VERSPAGEN, 1993, p. 73)

Langlois e Everett (1994, p. 31) creditam ser a competição a responsável por definir qual é a unidade de seleção, ou seja, a pergunta que se faz é: o que compete pela sobrevivência? A unidade de seleção pode mudar dependendo de qual foco de análise se está utilizando, porém, o seu tipo não muda. Fato é que haverá seleção a favor de certas unidades e contra outras (DOSI; NELSON, 1994, p. 155). Veblen propôs como unidade de seleção as instituições baseadas nos instintos e hábitos humanos (HODGSON, 2005, p. 114). Metcalfe (2005, p. 405) considera três características importantes para definir a unidade de seleção: deve ser distintamente individual, ser estável e possuir as características capazes de ser selecionado. De acordo com exposto o autor argumenta que a teoria evolucionária adotou como unidade de seleção tecnologias específicas ou organizações práticas ou empresas específicas. Metcalfe (2005) continua seu argumento em defesa da utilização de um *complexo organizacional e tecnológico* que é composto por um conjunto de rotinas que guiam o comportamento. Esse complexo é então chamado pelo autor de "*unidade de negócios*" que é usado intercambiavelmente como empresa. Podemos considerar, a partir do que já foi exposto que a unidade de seleção possa ser tanto as rotinas selecionadas pelas empresas no ambiente de produção – sendo este um ambiente de seleção dentro da firma – quanto os próprios produtos – resultados da combinação de técnicas e tecnologias diferentes – e as empresas no ambiente de mercado (NELSON; WINTER, 1982, 143). Portanto, as rotinas que são utilizadas pelos empresários não são diretamente selecionadas, porém indiretamente após a escolha dos agentes do mercado, dos produtos produzidos pela mesma que compreende as técnicas que se adaptam de acordo com as preferências do consumidor. As empresas então crescem e ampliam seu *market-share*

enquanto outras são excluídas (METCALFE, 2005, p. 411); (DOSI; NELSON, 1994, p. 156).

Outro aspecto importante é sobre o ambiente onde a unidade de seleção compete pela sobrevivência. Segundo Dosi e Nelson (1994, p. 156) existe uma multiplicidade de ambientes de seleção – por exemplo o mercado de produtos e o mercado de financiamentos – e estes afetam a probabilidade de crescimento e sobrevivência da unidade. O ambiente de seleção não é responsável pelo *juízo* e adoção das melhores práticas, mas é responsável por facilitar a adoção de novos recursos que se adaptaram melhor em relação as respostas aos mecanismos seletivos. Neste sentido, o ambiente fornece estímulos para o desenvolvimento de melhorias técnicas. Portanto a competição é um processo de seleção realizado no ambiente de seleção, e as unidades de seleção são escolhidas neste ambiente (METCALFE, 2005, p. 400).

O processo de seleção é um guia para as mudanças evolutivas de unidades em competição. Existe um *feedback* entre o ambiente e as unidades que é responsável pela mudança de ambos. Langlois e Everett (1994, 33-34) atribuíram à unidade a "*função*" de se adaptar ao ambiente, sendo deste modo guiado a mudanças que, dependendo do seu grau de profundidade, pode provocar mudanças no ambiente (e.g. surgimento de novos mercados). De acordo com Verspagen (1993, p. 70) o ambiente seletivo conecta os padrões comportamentais e os padrões de crescimento realizados. Sendo assim, o mecanismo de seleção torna-se uma maneira dinâmica de descrever a economia.

Uma das *condições* essenciais para que haja um processo de seleção é a existência de variedade – e existência de variedade pressupõe a existência de inovações –, ou seja, a estabilidade não é uma característica presente na seleção de mercado. Nesta perspectiva, a falta de variedade nos organismos individuais, ou unidade de seleção, leva a escolha destes no processo de seleção fazendo com que qualquer variação deixe de existir conduzindo o sistema a estabilização. O processo seletivo também é responsável pelo surgimento de inovações e sua ausência conduziria o sistema a excluir qualquer possibilidade de inovar – dada a falta de incentivos na diferenciação (MOKYR, 2005, p. 205); (DOPFER, 2005, p. 44); (VROMEN, 1995, 108). De acordo com Dawid (2006, p. 1245-46), a evolução econômica implica em um primeiro estágio onde surge a variabilidade causada pela busca por diferenciação através da inovação. Em um segundo estágio surge a redução de variedade causada pelos processos de seleção, sendo a interação dos dois estágios supracitados o "*combustível*" do processo evolutivo.

Do exposto anterior devemos compreender que havendo seleção, existirá necessariamente critérios para avaliar quais unidades selecionar. Esses critérios fazem parte do conjunto de premissas que orientam os agentes a adotar ou escolher uma unidade ao invés de outra. Para Dosi e Nelson (1994, 156) os agentes selecionam de acordo com o *fitness* (ou aptidão) da unidade de seleção. De acordo com a teoria da mudança econômica

de Nelson e Winter (1982), as firmas mais adaptadas ao meio ou ainda as que possuem a maior aptidão ou *fitness* – que os autores consideram como a lucratividade – são as que conseguem se manter em operação e por muitas vezes obter lucros de monopólio. O mecanismo de seleção é responsável por perpetuar uma determinada rotina ou uma firma, ou de excluí-las. As empresas com as melhores estratégias obtêm lucratividade maior, que torna possível o aumento de seu *market-share* e sua continuidade expulsando via processo competitivo as empresas menos eficientes, detentoras de pouca aptidão ou que acumulam perda de *market-share* e sistematicamente prejuízos econômicos. Portanto Nelson e Winter (1982) utilizam como definição de *fitness* a lucratividade da firma (VROMEN, 1995, p. 108). Dosi e Nelson (1994, p. 156) levantam como questão outros critérios que podem determinar o que é apto ou não em diferentes ambientes, além da lucratividade:

(...) different degrees on the financial markets according to their cash-flow, or their accounting profits, or the expectations that investors hold about future profits; and in the product markets, the opportunities of growth and survival may be determined on the grounds of the relative quality of their products, their prices, after-sale servicing, delivery delays, marketing networks, etc. This multidimensionality of selection criteria clearly demands that evolutionary models of e.g., technological or economic change specify the interactive mechanisms through which selection occurs.

Outra característica do processo de evolução é que ele é path-dependence, ou seja, o ambiente seleciona as unidades com maior *fitness*, mas isso pode não acontecer em todos os casos. Pode coexistir por longo período unidades de seleção ineficientes como rotinas e firmas. Isso é causado pelo efeito de *lock-in* mencionado na seção anterior (LANGLOIS; EVERETT, 1994, p. 30); (ALLEN, 2005, p. 450). Uma forma de prolongar a presença de rotinas, regras e firmas ineficientes são por exemplo os cartéis. Estes podem conseguir através da construção de acordos suprimir o surgimento de firmas com tecnologias mais eficientes. Portanto, esse tipo de prática pode viesar e distorcer o processo de seleção. Nesse contexto, o Estado ocupa uma posição importante para garantia do processo de concorrência evolucionária, impedindo que algumas empresas viesem o processo de seleção em benefício próprio (METCALFE, 2005, p. 403-4).

## Capítulo 2

# Famílias de Modelos de Crescimento

Neste capítulo apresentaremos algumas famílias de modelos agregados que analisam as implicações no crescimento econômico de longo prazo. Iniciaremos na próxima seção com o modelo *Norte-Sul*, que foi desenvolvido com base nas ideias derivadas da teoria *estruturalista*. Ressaltamos de antemão que as disparidades na estrutura produtiva, grau de desenvolvimento setorial e desigualdade competitiva no comércio internacional, são as características presentes entre os países e formam a fundamentação da teoria estruturalista. A teoria estruturalista compartilha com a teoria pós-keynesiano de um conceito-chave que é o crescimento liderado pela demanda – *demand-led growth theory*. A família de modelos NW, que será discutido na seção 2.2, foi desenvolvido pioneiramente em Nelson e Winter (1982) e tem como base a teoria evolucionária discutida no capítulo anterior. O modelo utiliza como fator essencial e determinante do crescimento de longo prazo a dinâmica das inovações, que geram o progresso tecnológico e que sustentam um crescimento mais elevado no decorrer do tempo. Neste sentido, o crescimento é liderado pelo lado da oferta – *supply-led growth theory*. Na seção 2.3 abordaremos uma família de modelos que integram as duas famílias anteriores, constituindo uma construção sinérgica de ideias convergentes e complementares de modo a dar um tratamento mais completo na análise do crescimento econômico. Portanto, o modelo que será desenvolvido no capítulo 3 contemplará a integração da teoria evolucionária – crescimento liderado pelas inovações com implicações do lado da oferta – com as ideias básicas da teoria estruturalista e pós-keynesiana – que focalizam o crescimento liderado pela demanda.

### 2.1 Modelos Estruturalistas e Pós-Keynesianos

A teoria estruturalista nasce em um contexto onde iniciou-se uma maior preocupação em entender o processo de crescimento econômico. Esse período foi durante o pós II Guerra mundial e levou a uma integração maior entre os pesquisadores, com o foco em pesquisas que se concentrassem na superação do atraso econômico e convergência de renda dos países.

O estruturalismo latino-americano surge nesse período com as ideias de Prebisch (1950).

Para o pensamento estruturalista, existem assimetrias produtivas entre os países que condicionam um grupo deles a um constante e persistente atraso. Esse atraso gera uma relação que Prebisch (1950) chama de centro-periferia<sup>1</sup>. Nesta relação, os países se especializam em determinadas atividades produtivas e isto condiciona sua posição em termos da produção global. Alguns países que se industrializaram mais cedo (Norte), obtêm maiores ganhos no comércio internacional por terem se especializado em um setor que possui maiores retornos de escala produtiva, por outro lado, "the specific task that fell to Latin America, as part of the periphery of the world economic system, was that of producing food and raw materials for the great industrial centres"(PREBISCH, 1950, p. 1).

Existe, portanto, uma divisão internacional de atividades produtivas (ou do trabalho) que condiciona os diversos países no comércio internacional. Para os estruturalistas isso gera uma forte dependência dos países do Sul em relação ao Norte, no sentido de que existe um maior fluxo de produtos tecnológicos e novas tecnologias do Norte em direção ao Sul. Outro problema é a diferença entre os preços dos produtos que causa déficits comerciais para o Sul. Esse fato decorre da "*deterioração dos termos de troca*", que gera assimetria dos valores agregados das atividades produtivas entre os países. Para Prebisch (1950) essa divisão internacional impede que os países do Sul consigam intensificar seu processo de industrialização de modo a atingir "maturidade" suficiente e concorrer no mercado externo.

O foco na industrialização vem do fato de que o setor industrial possui um alto grau de oportunidade, retornos crescentes de escala produtiva, fortes encadeamentos<sup>2</sup> e *spill-overs tecnológicos* que quando apropriados pelos países, possibilitam um aumento de renda, além de redução de déficits comerciais. Para os estruturalistas o crescimento econômico é *setor-específico*, deste modo a estrutura econômica de um país, composta por diversos setores, tem papel preponderante no desempenho deste. Sendo assim, quanto maior a produtividade e maior o grau tecnológico de um setor, maior serão os rendimentos derivados deste pelo país.

Kaldor (1966 apud GALA, 2017, p. 37-8) relacionou positivamente a taxa de crescimento da produtividade do trabalho com a taxa de crescimento industrial. De acordo com o autor, o crescimento da produtividade leva a uma aumento da produção e, no sentido oposto, um aumento da produção gera um aumento da produtividade do trabalho. Gala

<sup>1</sup> Para facilitar as análises posteriores, os termos Centro e Periferia serão doravante chamados Norte e Sul, respectivamente, aproveitando-se do fato de que existem grandes similaridades na aplicação dos termos.

<sup>2</sup> Segundo Hirschman (1958 apud BIANCHI, 2007) existem encadeamentos para trás e para frente (*backward and forward linkages*) que representam, respectivamente, estímulos para setores fornecedores de insumos para determinadas atividades de um setor base e surgimento de novas atividades oriundas da produção do setor-base.

(2017) argumenta que existem duas explicações para este efeito na literatura Kaldoriana: 1) Existe um movimento de saída de trabalhadores dos setores com baixa produtividade para os de alta, pois aquele setor constitui-se de atividades primárias que absorve pouca mão-de-obra gerando um excesso de desta e provocando a migração entre os setores. Economias que passam por esse processo seguem um caminho em direção ao que Kaldor chama de maturidade. 2) Coexistem na indústria retornos estáticos – economias de escala dentro da indústria – e retornos dinâmicos – que geram aumento da produtividade devidos a *learn by doing*, externalidades positivas e *spill-overs* tecnológicos.

Dito isto, a "*mudança estrutural*" está no centro da teoria estruturalista. Esta mudança representa o deslocamento do *peso* ou da participação de um setor na criação de empregos e na composição do PIB para um setor com maior oportunidade tecnológica. Esse movimento de um setor menos produtivo para outro gera o crescimento econômico. Desta forma, a indústria é vista como tendo as condições necessárias para a convergência das atividades produtivas que impulsionam o país.

Nassif, Feijo e Araujo (2014, p. 1312-13) citam dois fatos estilizados que sustentam os argumentos anteriores e uma hipótese básica que analisaremos na próxima seção:

- Stylised fact 1: "Economic development is a process of deep structural change of the economy";
- Stylised fact 2: "The more rapidly a country is able to build and sustain a large and diversified manufacturing sector with a significant share in total GDP and total net exports, the more rapidly it will catch up";
- Hipótese: "The more a country directs its productive structure and net export basket to very diversified goods, with a major presence of the science-, engineering- and knowledge-based sectors, the larger will be its degree of intensity of structural change";

### 2.1.1 Demanda, estrutura produtiva e o crescimento econômico

A hipótese anterior deriva da construção teórica e formal de Thirlwall (1979). O modelo de Thirlwall (1979) inaugurou modelos que adotam a estratégia de crescimento guiada pela exportações (*export-led*). Seu modelo ficou conhecido como BPCG (*balance-of-payments-constrained growth*) pois procura relacionar o crescimento econômico restrito, ou consistente, com o equilíbrio no balanço de pagamentos. Outra característica é que parte de uma análise de demanda. As ideias seguem próximas as de Prebisch (1950) pois, para este autor, o crescimento econômico seria limitado de acordo com as diferenças das elasticidades renda da importação/exportação, na medida em que, com o aumento das elasticidade das importações aumentando o diferencial em relação as elasticidades da

exportação, geraria um acúmulo do passivo externo que "obrigaria" o país do Sul a reduzir a taxa de crescimento futuro para equilibrar as contas (SILVA; SANTOS; BAPTISTA, 2017, p. 641).

De acordo com a lei de Thirlwall (1979) a taxa de crescimento do produto é prevista pela razão entre a taxa de crescimento das exportações em relação a elasticidade-renda das importações. Deste modo, se a taxa de crescimento das exportações for maior que a elasticidade renda da demanda por importações, o país experimentará um crescimento do seu produto. Desta forma, o deslocamento da especialização de um país para setores que impulsionem as exportações, guiado pelo aumento da demanda constitui-se uma estratégia de crescimento factível para um país que busca uma recuperação. Outro fato é que o balanço de pagamento restringe o crescimento ao impor uma demanda em que a oferta do país deve se ajustar. Deste modo, a força que o país ocupa em relação a posição de seu balanço de pagamentos explica a diferença de desempenho frente ao resto do mundo (ARAUJO; LIMA, 2007, p. 1).

A lei de Thirlwall (1979), assim como as teorias Keynesianas, não incorporam *explicitamente* a mudança estrutural nos seus modelos, exceção a Pasinetti (1981), Pasinetti (1993). Baseado nisto, Araujo e Lima (2007) constroem um modelo que integra a lei de Thirlwall (1979) em um *framework "pasinettiano"*, buscando agregar no modelo relações setoriais para analisar o crescimento restrito pelo balanço de pagamentos. No modelo, as elasticidades-renda são ponderadas pela participação de cada setor no volume das importações/exportações. O modelo resultante ficou conhecido como "lei de Thirlwall multissetorial". Segundo os autores esse modelo lança mais luz sobre o desenvolvimento desigual entre os países.

Araujo e Lima (2007, p. 12) argumentam que a lei original sugere que a taxa de crescimento do país sofrerá acréscimos, apenas no caso em que a taxa de crescimento da renda externa aumente. A lei multissetorial implica em uma taxa de crescimento crescente pela alteração da composição setorial das exportações e importações, mesmo que a taxa de crescimento da renda mundial não cresça.

Outra constatação do modelo de Araujo e Lima (2007, p. 17) é o fato de que os gastos do consumidor do país A para bens do país U, assim como o gasto dos consumidores do país U por bens produzidos em A, estabelece uma relação que determina a taxa de crescimento econômico dos dois países. Esse fato é gerado pela evolução dos gostos dos consumidores dos dois países.

O fato dos gostos dos consumidores não serem estáticos, porém dinâmicos, geram um deslocamento do consumo de bens de necessidade primária para bens com conteúdo tecnológico mais elevado. Essa *evolução* dos gostos dos consumidores ficou conhecida como *Lei de Engel*<sup>3</sup>. Segundo esta lei, existe uma relação de mudança da composição da

<sup>3</sup> A lei de Engel surgiu como observação do estatístico saxão do século XIX Ernst Engel (1857), trata-se de

demanda de acordo com o aumento da renda. Sendo assim, os indivíduos em um estágio inicial possuem uma cesta de consumo em que existe grande participação de produtos primários e de necessidade básica. A medida que a renda aumenta, o indivíduo tende a comprometer menor parcela da renda com esses bens e destinar uma parcela cada vez maior para o consumo de bens superiores e de luxo. A lei afirma ainda que todos os bens ou produtos tem um ciclo bem definido, onde inicia-se o consumo crescente, e com o aumento da renda, o bem chega a um ponto de saturação. A ocorrência destas constatações leva ao entendimento de que existe um movimento de mudança da composição do consumo dos bens que, levado a novas agregações, geram uma dinâmica da composição estrutural da econômica com o surgimento, estabelecimento, esgotamento e, em alguns casos, o desaparecimento da demanda pelo consumo de determinados bens. Neste contexto surge a mudança estrutural.

A mudança estrutural pode ser entendida como um fenômeno que gera *feedbacks* positivos sobre o crescimento econômico. A lei de Thirwall original, – apesar de produzir *insights* importantes sobre o crescimento econômico, principalmente no tocante a análise *export-led e demand-led* – por não contemplar a mudança estrutural não foi capaz de analisar a importância dos setores econômicos. Na estrutura de Pasinetti (1981) – focada em uma análise para uma economia fechada –, a lei multissetorial de Araujo e Lima (2007) trouxe significativa contribuição ao superar estes gargalos e melhorar a análise da dinâmica do consumo e da demanda sobre as mudanças da composição setorial, aliado a um prisma que considera as relações de uma economia aberta com restrições impostas pelo balanço de pagamentos. Esta lei utilizou-se também das ideias de Engel que explica a relação dinâmica entre a renda e mudança estrutural.

### 2.1.2 Relações do consumo e produtividade

Na seção anterior vimos a importância que mudanças nos padrões de consumo tem para a economia. Entretanto, a capacidade produtiva de um trabalhador e de uma firma também muda ao longo do tempo trazendo novas implicações sobre a dinâmica macroeconômica de um país. Deste modo, o objetivo desta seção é entender como coexistem e quais as direções e implicações das mudanças no consumo e na produtividade sobre a dinâmica do sistema econômico.

Pasinetti (1993, p. 15-26) analisou as relações anteriores em um sistema limitado a uma economia fechada. No *framework pasinettiano* do capítulo 2 considera-se uma economia onde os indivíduos realizam atividades tanto de produção quanto de consumo. Existem apenas bens de consumo ou serviços que são gerados exclusivamente a partir do emprego de mão-de-obra. Considera-se que exista uma divisão do trabalho em que cada

---

uma constatação fundada em uma uniformidade empírica, ou seja, conclusões tiradas de uma observação aos dados empíricos (PASINETTI, 1993, p. 38).



trabalhador se especializa em determinada etapa produtiva, implicando na possibilidade de incremento de produtividade. Os eventos ocorrem em uma unidade de tempo, sem dinâmica temporal. O processo de produção é definido em termos do emprego de  $m$  coeficientes de trabalho, enquanto a demanda é representada por  $m$  coeficientes de consumo. A ideia por trás disto é que os  $m$  trabalhadores são também consumidores (através do salário recebido) e assume-se que a população trabalhadora refere-se a população total. A produção total e os preços são representadas em um modelo fechado de Leontieff com dois sistemas (referentes a produção e preços), com equações lineares e homogêneas. As soluções dos sistemas determinam as quantidades relativas e os preços relativos.

De acordo com Pasinetti (1993, p. 19) as soluções dos dois sistemas traduzem os princípios da teoria *smithiana* do valor-trabalho e o princípio da demanda efetiva *keynesiana*. Para a solução do sistema de preços, é utilizado os coeficientes de mão-de-obra que geram os preços *naturais*<sup>4</sup> da economia. Por outro lado, a solução para quantidades físicas utiliza-se dos coeficientes de consumo. Segundo Pasinetti (1993, p. 25) a contribuição da produtividade para o sistema econômico é muito concentrada – pois os indivíduos são especializados em determinadas atividades. Por outro lado, a contribuição da demanda tende a se espalhar melhor pelo sistema, pois a demanda de um indivíduo afeta uma infinidade de bens e serviços.

No capítulo 3 de Pasinetti (1993, p. 27-36) a análise ganha novos elementos. Em primeiro lugar, o tempo passa a ser ampliado para vários períodos em uma análise de médio-longo prazo. Em segundo lugar, o autor considera o progresso tecnológico que eleva a produtividade do trabalho ao longo do tempo a uma taxa de crescimento fixa e igual para todos os setores. Em terceiro lugar, considera que todos os coeficientes de consumo aumentam a uma taxa uniforme anual. As duas taxas são iguais por hipótese. Essas suposições equivalem a uma elasticidade renda da demanda igual a um. Para a solução de equilíbrio, as duas taxas de crescimento (produtividade e consumo) devem ser iguais. Além disto, a taxa de crescimento do produto cresce na mesma proporção da taxa de crescimento do consumo e, simetricamente, os preços diminuem na mesma proporção da taxa de crescimento da produtividade. Deste modo, o sistema se move dinamicamente de maneira proporcional, com a ausência de mudança estrutural. O autor então acrescenta um elemento que proporciona a mudança estrutural: as taxas de crescimento da produtividade e do coeficiente de consumo variam entre os bens, permanecendo igual apenas as taxas agregadas da produtividade e consumo. Portanto, surgem mudanças nas participações entre os setores que variam os preços relativos e quantidades relativas (PASINETTI, 1993, p. 31 ).

Na seção anterior, argumentamos sobre a relação do consumo e da renda através da

<sup>4</sup> Pasinetti (1993, p. 19) relaciona estes preços a determinantes permanentes e fundamentais como o custo de produção que envolve quantidade de trabalho e salário, diferente dos preços de mercado que são relativos as forças de oferta e demanda.

lei de Engel, mas qual é a relação existente entre progresso técnico e consumo? De acordo com Pasinetti (1993, p. 40) a variação na composição do consumo não muda apenas com a renda e o preço, mas também do surgimento de novos produtos e serviços inovadores. O capítulo 4 de Pasinetti (1993) analisou essas questões. Em primeiro lugar a população cresce a uma taxa constante. Em segundo lugar, a produtividade do trabalho muda entre os setores ao longo do tempo a uma taxa que também varia. Os coeficientes de consumo mudam entre as mercadorias, porém, desta vez os coeficientes de consumo mudam de forma diferente dos coeficientes de produção e a uma taxa que varia em um conjunto de períodos.

A consequência prática das suposições é:

- i) Se a taxa de crescimento da produtividade do setor é positiva, então os preços diminuem mantendo fixo o salário, ao contrário, se for negativa o preço aumentaria;
- ii) Os preços diminuem em relação a média se a produtividade crescer a taxas superiores a média, com crescimento da taxa natural dos salários produzindo ganhos extraordinários no setor.
- iii) Um aumento no salário natural deve ser acompanhada de aumento na produtividade no setor. Se o setor não puder acompanhar os outros aumentando sua produtividade, pode sofrer perdas irreparáveis.

O modelo de Pasinetti (1993) contribuiu muito com a literatura por criar uma dinâmica de consumo e de produtividade em um contexto de mudança estrutural. Porém sua limitação é que, embora haja mudança técnica, a produtividade é determinada exógenamente a uma taxa *ad-hoc*. A próxima seção fornece a dinâmica endógena da produtividade que será necessária para a construção do modelo do capítulo 3.

## 2.2 Família de Modelos Nelson-Winter

O modelo de Nelson e Winter (1982, p. 275-308) (doravante NW) do capítulo 12, foi construído para *inaugurar* uma nova agenda de pesquisas dentro da Economia Evolucionária. A principal característica do modelo NW é a presença da dinâmica da produtividade endógena com microfundamentos, que torna-se essencial no presente trabalho.

O modelo NW se desenvolve em uma ambiente de competição Schumpeteriana de evolução das indústrias, onde as firmas operam adotando sua melhor técnica para a produção de um produto homogêneo possibilitado pelo seu estoque de capital. As técnicas produzem diferentes quantidades por unidade de capital. Os preços dos insumos e o custo por unidade de capital são constantes ao longo do tempo. O custo de uma unidade do

produto varia no modelo pela mudança da produtividade, que é diferente entre as firmas e aumenta ao longo do tempo.

Toda a dinâmica do modelo NW gira em torno do aumento da produtividade. As firmas são "*selecionadas*" de acordo com sua produtividade, separadas entre as que obtêm sucesso – adoção do mais alto nível de produtividade atual da indústria – e fracasso – as que não conseguem acompanhar as práticas mais produtivas. Portanto, a competição concentra-se na inovação de processo que gera alta produtividade do capital. Esse processo de concorrência é caracterizado por "*busca*" de desenvolvimento de maiores produtividades através de P&D inovativo – que gera aumento e novos conhecimentos tecnológicos relevantes – e imitativo – cópia das melhores rotinas produtivas presentes na indústria.

As políticas de P&D geram dispêndio por parte da firma e envolvem incerteza dos seus resultados. Esses elementos criam diferentes políticas de P&D por parte das firmas que são função de seus gastos na atividade de *busca* por unidade de capital. De acordo com a capacidade de investimento da firma ou de sua capacidade de captação de capital no setor financeiro, as firmas irão expandir ou contrair sua produção aumentando ou diminuindo seu tamanho. Os dois tipos de P&D são modelados em um processo aleatório em dois estágios, sendo o primeiro o sucesso do resultado em P&D e o segundo a produtividade adquirida pela atividade de inovação ou imitação que é proporcional ao dispêndio realizado nestas atividades.

Existem vantagens das firmas grandes na atividade de P&D visto ser o resultado desta atividade proporcional ao dispêndio realizado entre as duas modalidades. Além disto, a "*apropriabilidade*" garante que a firma possa absorver os resultados integralmente, ao supor que não incorrem em novos custos na utilização da nova tecnologia.

Nelson e Winter (1982, p. 283) especificam dois regimes tecnológicos: *Science Based* e *Cumulative Technology*. O primeiro regime considera que o P&D inovativo advém de atividades que ocorrem em uma ambiente *extra-firma* (e.g. pesquisas desenvolvidas na Universidade ou Institutos de pesquisa). Espera-se neste regime, incorporar à produtividade da firma um parâmetro exógeno chamado de *produtividade latente*, que cresce a uma determinada taxa. Os resultados são independentes dos acúmulos passados. O segundo regime é obtido no ambiente *intraindustrial* com a distribuição dos resultados de P&D inovadores, envolvendo a produtividade atual mais pequenos acréscimos incrementais.

Esse sistema estocástico e dinâmico descreve um ambiente onde a competição é centrada no aumento de produtividade. Se os acréscimos forem suficientemente grandes, o diferencial produtivo aumenta, os custos produtivos e os preços caem ao longo do tempo e a produção do setor aumenta, gerando como resultado diferenciais de lucratividade em benefício das grandes firmas.

### 2.2.1 Modelo Norte-Sul de Fernandes & Porcile

Fernandes e Porcile (2007) construíram um modelo evolucionário Norte-Sul para avaliar o processo de convergência/divergência entre os países do Norte (mais desenvolvido) e Sul (menos desenvolvido). O modelo, chamado pelos autores de NWA, é derivado de Nelson e Winter (1982) com adaptações propostas pelo modelo de Andersen (2001), e trás grandes contribuições para a análise da dinâmica tecnológica em um ambiente de relação bilateral.

O modelo NWA considera que cada país (N e S) possui dois setores (1 e 2) que competem entre si – setor 1 do Norte compete com o setor 1 do Sul e, simetricamente, setor 2 do Norte compete com o setor 2 do Sul. O modelo considera a presença de um *hiato tecnológico* entre os países representados por diferentes capacidades das firmas presentes neles. O modelo NWA também considera a presença de dois regimes tecnológicos: *Science-Based* e *Cumulative Technology* com as mesmas características exibidas no modelo NW. O modelo NWA é microfundamentado pela teoria evolucionária e possui agregações no âmbito macroeconômico.

Além de contribuir com um *framework* que será utilizado para construção do modelo do capítulo capítulo 3, o modelo NWA inova ao utilizar técnicas de Monte-Carlo para avaliar a consistência e robustez dos resultados das simulações realizadas neste sistema ou *mundo artificial*.

- Definições do Modelo NWA:

A análise da produtividade foca no fator trabalho que segue a principal contribuição do modelo de Andersen (2001), diferente do modelo NW que utiliza o capital como fator de produção. Deste modo o único insumo para produção é o número de trabalhadores utilizado pelas firmas. Deste modo a função de produção da firma é definida por:

$$Q_{psf(t)} = (1 - r_{psf}) \cdot L_{psf(t-1)} \cdot A_{psf(t-1)} \quad (2.1)$$

Sendo  $Q$  a quantidade produzida pela firma e os sufixos  $p, s, f$  relativos ao país, setor e firma, respectivamente, definidas no tempo ( $t$ ). O parâmetro  $r$  representa a parcela de trabalhadores de  $L$  que estão envolvidos em P&D. Deste modo, existe um determinado número de trabalhadores envolvidos na produção:  $L_{psf}^{prod} = (1 - r) \cdot L_{psf}$  e outros envolvidos em P&D:  $L_{psf}^{pesq} = r_{psf} \cdot L_{psf}$ . A variável  $A$  representa a produtividade do trabalho dos trabalhadores envolvidos na produção. Essa é uma importante contribuição do modelo de Andersen (2001) por representar diretamente a produtividade do trabalho no modelo.

A oferta de cada país e o somatório da oferta de cada uma de suas firmas, que compõe o setor, e é dado pela equação abaixo:

$$TQ_{psf(t)} = \sum_{f=1}^n Q_{psf(t)} \quad (2.2)$$

A renda  $TL$  em cada setor é igual ao somatório do salário nominal ( $w$ ) multiplicado pelo total de trabalhadores de cada firma do setor no período anterior:

$$TL_{ps(t)} = \sum_{f=1}^n w \cdot L_{ps(t-1)} \quad (2.3)$$

- Por simplificação o salário é constante e  $w = 1$

A suposição de salário constante assim como câmbio constante dão maior força a competição guiada por inovações, que não podem ser atenuadas por políticas de salário e políticas cambiais.

A Demanda Mundial corresponde à soma das rendas setoriais nos dois países:

$$Q_{psf(t)} = TL_{N1t} + TL_{N2t} + TL_{S1t} + TL_{S2t} \quad (2.4)$$

O preço de mercado em cada um dos setores é definido conforme a equação abaixo, na qual se supõe que a demanda mundial (DM) divide-se igualmente entre os dois setores, 1 e 2:

$$P_{s(t)} = \frac{0,5 \cdot DM_{(t)}}{TQ_{Ns(t)} + TQ_{Ss(t)}} \quad (2.5)$$

O consumo de cada setor é dado pela equação abaixo. Considera-se que metade da renda nominal do país no período anterior é consumida em cada um dos setores de sua economia:

$$C_{ps(t)} = \frac{0,5 \cdot YY_{p(t-1)}}{P_{s(t)}} \quad (2.6)$$

A taxa de lucro de cada firma é igual ao preço corrente multiplicado pelo produto, subtraído o custo do trabalho, dividido pelo custo do trabalho:

$$Lucro_{psf(t)} = \frac{P_{s(t)} \cdot Q_{psf(t)} - L_{psf(t-1)}}{L_{psf(t-1)}} \quad (2.7)$$

As produtividades máxima e média de cada país e setor são dadas pelas equações abaixo:

$$A\_MAX_{psf(t)} = \max(A_{psf(t)}) \quad (2.8)$$

$$A\_MEDIA_{psf(t)} = \text{media}(A_{psf(t)}) \quad (2.9)$$

Probabilidade de sucesso em P&D é modelada como um processo estocástico de dois estágios. Sucesso ou falha em P&D são modelados através da variável estocástica  $Z_{psf(t)} \in \{0, 1\}$ , onde  $Z_{psf(t)} = 1$  significa sucesso e  $Z_{psf(t)} = 0$  significa fracasso:

$$\text{Prob}(Z_{psf(t)} = 1) = \lambda \cdot r_{psf} \cdot L_{psf(t)} \quad (2.10)$$

- Onde  $Z_{psf(t)} \in \{0, 1\}$
- $\frac{1}{\lambda}$ : Número médio de sucessos por período ou produtividade dos trabalhadores envolvidos em P&D.
- $\lambda$ : Tempo médio de espera para um sucesso.

No segundo estágio verifica-se qual dos métodos obteve sucesso, imitação ou inovação. Esse resultado depende do parâmetro  $\theta$  que é chamada de propensão a inovar e mede o grau de dedicação a um dos métodos. Primeiro é feito um "sorteio aleatório" que retorna um valor pseudo-aleatório no intervalo  $[0, 1]$ . Se o parâmetro  $\theta$  for maior que esse número o sucesso obtido em P&D advém da inovação, do contrário o sucesso advém da imitação. Para o caso do sucesso em P&D obtido através de inovação, a nova produtividade gerada através do regime tecnológico em que a firma se encontra é:

$$AIN_{psf(t)} = \exp[\text{normal}(\log(1, 02) + (\text{double})t \cdot 0.01, \sigma_{in})] \quad (2.11)$$

- se TipoBusca=1 (science-based);

$$AIN_{psf(t)} = \text{norm}[A_{psf(t-1)}, \sigma_{in}] \quad (2.12)$$

- do contrário (cumulative technology);

Se o sucesso for obtido através da imitação, a produtividade dependerá de haver, ou não, difusão internacional de tecnologia que é representada pelo parâmetro *epsilon*:

- Se não há difusão internacional de tecnologia ( $\epsilon = 0$ ), a nova produtividade é:

$$AIM_{psf(t)} = A\_MAX_{ps(t-1)} \quad (2.13)$$

- Se há difusão internacional de tecnologia ( $\epsilon = 1$ ), a nova produtividade é:

$$AIM_{psf(t)} = \max[A\_MAX_{N_s(t-1)}, A\_MAX_{S_s(t-1)}] \quad (2.14)$$

Por fim, a nova produtividade de cada firma será escolhida pela comparação da produtividade advinda de um dos métodos com a produtividade anterior:

$$A_{psf(t)} = \max[A_{psf(t-1)}, AIN_{psf(t)}, AIM_{psf(t)}] \quad (2.15)$$

O investimento da firma depende exclusivamente do lucro obtido pela firma no período  $t$ :

$$Investimento_{psf(t)} = Lucro_{psf(t)} \quad (2.16)$$

O lucro é reinvestido totalmente na contratação de novos trabalhadores conforme a equação abaixo:

$$L_{psf(t)} = L_{psf(t-1)} \cdot (1 + Investimento_{psf(t)}) \quad (2.17)$$

A renda nominal de cada país é dada pela soma do produto de cada um de seus setores, multiplicada pelo respectivo preço:

$$YY_{p(t)} = P_{1(t)} \cdot TQ_{p1(t)} + P_{2(t)} \cdot TQ_{p2(t)} \quad (2.18)$$

As importações de cada setor são dadas pela diferença entre o consumo e a produção de cada setor:

$$M_{ps(t)} = P_{s(t)} \cdot (C_{ps(t)} - TQ_{ps(t)}) \quad (2.19)$$

O modelo NWA foi capaz de reproduzir o processo de convergência na presença de dinâmica de inovação e de difusão internacional de tecnologia. O regime tecnológico, assim como a difusão internacional de tecnologia, influenciam significativamente nos resultados de convergência/divergência das economias. No caso em que o regime é *science based* leva a necessidade maior do Sul em destinar seus esforços para inovar, como meio de evitar a divergência e seu conseqüente atraso ou *falling-behind*.

O modelo NWA possui algumas limitações que os próprios autores relatam, e que serão objeto de esforços de superação no modelo do capítulo 3. São algumas delas:

- i) Ausência de elementos macroeconômicos como a dinâmica de preços, salários e câmbio;
- ii) Ausência de uma dinâmica do consumo que poderia permitir o surgimento de mudança estrutural;
- iii) Um efeito mais dinâmico da distância tecnológica sobre a capacidade de imitar, ou difusão internacional de tecnologia variável.

## 2.3 Família de Modelos Keynes-Schumpeter

A teoria econômica tem avançado nas últimas décadas para o estudo da economia como um sistema complexo. A característica principal deste sistema são as diversas possibilidades de interação de distintos agentes, que se adaptam as diversas circunstâncias presentes neste sistema. A análise que descreveremos abaixo pela família de modelos Keynes-Schumpeter representam uma aproximação destas ideias. Entende-se que o mundo globalizado resulta em diversas interconexões entre múltiplos países que trocam produtos, tecnologias, técnicas, culturas, etc. Neste sentido, o comércio internacional faz parte de um sistema econômico complexo.

Uma possibilidade para produzir *insights* sobre as relações de um sistema econômico é delimitá-lo. Os modelos Norte-Sul representam um exemplo disto, na medida em que isolam o sistema, dividindo a economia em dois países e construindo uma estrutura que acrescenta determinadas características básicas dos distintos países, mas que contribui para a análise dos possíveis padrões emergentes das interações entre eles e possíveis dinâmicas das mudanças internas. A partir do comércio entre os dois países, a análise enfoca os *outputs* das variáveis macroeconômicas relevantes.

Para manter a coerência na análise macroeconômica torna-se necessário construir bases microeconômicas sólidas (ou *microfundamentos*), que sejam capazes de gerar os fatos estilizados ou produzir as regularidades empíricas do "*mundo real*". Portanto, existe uma dinâmica interna que gera movimentos macro, responsáveis pelas flutuações e tendências de longo prazo.

Outro ponto importante a se ressaltar é que, alguns movimentos de variáveis macroeconômicas influenciam as estruturas internas do sistema, ao mesmo tempo que os microfundamentos geram movimentos nas mesmas estruturas constituindo, em alguns casos, movimentos no mesmo sentido, ou no sentido contrário, por vezes anulando os efeitos ou potencializando-os. Esses efeitos recaem sobre estruturas que podemos chamar de mesoeconômicas. Um exemplo que podemos tomar destes movimentos é o efeito de uma mudança na taxa de câmbio (choque macroeconômico), que pode tornar um setor mais/menos competitivo que os demais, impulsionando uma mudança estrutural.



Outro exemplo é o aumento nas capacidades produtivas advindas do surgimento de inovações tecnológicas (choque microeconômico), que geram uma acumulação maior de conhecimento em determinado setor, resultando em uma maior participação deste nos resultados econômicas *per se*.

Os modelos da família Keynes-Schumpeter avançam no sentido de reproduzir os fatos estilizados e regularidades observadas das interações que ocorrem dentro do sistema. Reúnem aquilo que pode ser considerado por alguns como "*duas faces da mesma moeda*", ao reunir *insights* do lado da oferta (pela teoria evolucionária e neo-schumpetrian) e do lado da demanda (principalmente pela teoria pós-keynesiana). Deste modo, os modelos se utilizam, principalmente, dos microfundamentos evolucionários por fornecerem uma estrutura que envolvem princípios dinâmicos micro, aliados a heterogeneidade dos agentes. O arcabouço macroeconômico incorpora elementos da teoria pós-keynesiana, que analisa os resultados econômicos da distinção entre as capacidades dos países. Analisaremos resumidamente alguns modelos abaixo que integram, mesmo que parcialmente, algumas das construções teóricas ditas anteriormente.

### 2.3.1 Modelo Norte-Sul de Verspagen (1993)

Verspagen (1993, p. 166-170) define alguns fatos em relação ao sistema econômico delimitado por ele em um modelo Norte-Sul. Inicia fundamentando sua análise considerando a relação entre comércio e crescimento. De acordo com o autor, as exportações tem efeitos positivos sobre o crescimento da renda, enquanto as importações tem efeitos negativos. Entretanto, estimular exportações e desestimular importações é um dilema que produz ineficiência no sentido de Pareto. Na visão de Verspagen (1993, p. 167) o crescimento deve ocorrer com uma balança comercial equilibrada, um grande excesso de exportações com baixa importação apenas causaria acúmulo desnecessário de reservas externas.

O autor estabelece também uma relação entre comércio e tecnologia. Segundo o autor, a influência da tecnologia sobre a competitividade determina as relações de comércio. A vantagem competitiva em um bem determina o país como exportador deste bem. O autor separa entre competitividade de preços e de qualidades, sendo a primeira determinada pela inovação de processo e a segunda pela inovação de produto. Deste modo, o autor opta por adotar a inovação de processo no modelo, que gera a competitividade de preços como foco de análise. Portanto, sua atenção se voltará para a dinâmica de salários e de custos na formação dos preços (VERSPAGEN, 1993, p. 168).

Outra relação utilizada diz respeito a localização da internacional da inovação. Existem diferenças setoriais – um setor específico de um país tem vantagem em relação ao setor concorrente de outro país – e agregadas – um determinado país tem nível tecnológico superior a outro. Essas diferenças podem desaparecer, serem persistentes ou auto-reforçadas ao longo do tempo. Nesse contexto, os *feedbacks positivos* como a inovação tecnológica,

negativos como as dinâmicas de salários podem influenciar essas diferenças (VERSPAGEN, 1993, p. 169).

A última relação diz respeito ao padrão de especialização e crescimento. De acordo com o autor, as taxas de crescimento agregadas são ponderadas pelas taxas de crescimento setoriais. Deste modo, a especialização em um setor que possui grande demanda potencial (i.e. consumo do setor nos outros países) impulsiona o crescimento. Esta demanda potencial depende da elasticidade-renda do consumo pelo bem em questão.

A partir destes fatos, Verspagen (1993) constrói o modelo Norte-Sul com  $j$  setores. Parte dos pressupostos de que as taxas setoriais e nacionais de mudança tecnológica e elasticidades-renda diferem. Assim, inicia a formulação utilizando a lei de Thirlwall (1979) para calcular a *renda de equilíbrio* restrita pelo BP, onde a razão das elasticidades renda das exportações e das importações determina se o país cresce acima, abaixo ou igual a renda mundial. A variável que o autor chama de *penetração das importações* é determinada por um processo de seleção, onde os consumidores escolhem o produto que é mais competitivo. Se a competitividade do produto é maior do que a média, ele é escolhido aumentando o *market-share* da firma, por outro lado, se a competitividade for menor, ele é recusado e perde *market-share*<sup>5</sup>.

O modelo é construído com uma estrutura macroeconômica que envolve variáveis como: câmbio, consumo real, demanda, etc. Apoiado nesta estrutura, o modelo desenvolve uma contrapartida multissetorial da lei de Thirlwall (1979) em que o diferencial de renda entre os países<sup>6</sup> envolve três efeitos além da taxa de câmbio: 1) Efeito dos termos de troca direto; 2) Efeito da competitividade; 3) Efeito dos padrões de consumo.

O primeiro efeito estabelece que dado um aumento dos preços no *resto* do mundo, o país perderá a capacidade de importar pela diminuição das receitas geradas por suas próprias exportações. O segundo efeito reflete variações nas posições setoriais no comércio, deste modo uma maior penetração de produtos do país no *resto* do mundo aumenta sua renda, diminuindo o diferencial de renda do país em relação ao *resto* do mundo. O terceiro efeito representa um movimento dos padrões de consumo que geram a mudança estrutural. Sendo assim, se o padrão de consumo do *resto* do mundo se direcionou aos bens produzidos pelo país considerado, este irá perceber um aumento de sua renda (VERSPAGEN, 1993, p. 173).

Os efeitos anteriores foram analisados considerando a taxa de câmbio fixa. Porém se houver uma variação da taxa de câmbio, os dois primeiros efeitos serão afetados e influenciarão no diferencial de renda do país com o *resto* do mundo. Para o caso de uma

<sup>5</sup> A equação gerada por esta relação é muito conhecida na literatura como equação de seleção *dynamic replicator* ou equação de Fisher (1930). A equação reproduz o princípio de seleção simples de que, uma ação que possua mais retornos é cada vez mais *amostrada* na população (DOSI; MARENGO; FAGIOLO, 2005, p. 293)

<sup>6</sup> Considera a diferença da renda do *resto* do mundo em relação ao país analisado.

desvalorização do câmbio, o efeito do câmbio sobre os termos de troca, *ceteris paribus*, irá aumentar o diferencial da taxa de renda entre os países. Em relação ao segundo efeito, a desvalorização da taxa de câmbio, *ceteris paribus*, irá diminuir o efeito da competitividade sobre o diferencial da renda. Segundo o autor, fica uma questão em aberto se o efeito da competitividade será maior, menor ou igual ao efeito dos termos de troca (VERSPAGEN, 1993, p. 174).

A partir destas análises, o autor endogeniza a competitividade ao estabelecer a formulação de variáveis que a influenciam. Deste modo, cria-se a dinâmica do aprendizado, da taxa salarial e das elasticidades-renda<sup>7</sup>. A produtividade do trabalho varia de acordo com taxas fixas de aprendizado específicas a cada país – que compõem um *feedback* positivo. O *feedback* negativo resulta da dinâmica dos salários. Esta é amplificada pela produtividade do trabalho e restringida pelo *estado* do mercado de trabalho. Se o desemprego for alto, o salário tende a diminuir pelo processo de barganha. Do contrário, se o desemprego for baixo, o salário irá aumentar. O salário só crescerá na mesma taxa de crescimento da produtividade se houver uma taxa de desemprego sem inflação (VERSPAGEN, 1993, p. 180).

Como um resultado importante do trabalho, um aumento de preços de exportação tende a favorecer o crescimento do país no curto prazo, porém, no longo prazo o crescimento diminui causado pela perda de competitividade.

### 2.3.2 Modelo multi-países de crescimento endógeno de Dosi, Roventini & Russo (2017)

Dentre os modelos até agora analisados, o modelo de Dosi, Roventini e Russo (2017) é o mais rico em termos de estrutura e de regularidades empíricas em nível micro, meso e macroeconômico. Envolve um cenário que engloba múltiplos países, múltiplos setores, com uma dinâmica interna gerada em nível micro através da competição pelas inovações, que levam a padrões emergentes de especialização setorial em nível meso e, em um cenário de competição internacional analisa um processo de *catch-up*, *forging ahead* e *falling behind*. Os autores realizam simulações computacionais em um modelo baseado em agentes (ABM) que envolvem mudança tecnológica endógena e mudança estrutural.

O modelo é composto por  $N$  países e  $M$  indústrias de bens de consumo. Além do setor de bem de consumo existe o setor de bens de capital, que produz insumos usados pelo setor de bens de consumo em sua produção. A inovação ocorre apenas no setor de bem de consumo que geram aumentos na produtividade do trabalho. Assume oferta de mão de obra infinita.

Nos períodos  $t$  ocorrem os seguintes acontecimentos: 1) As firmas realizam P&D

<sup>7</sup> A dinâmica das elasticidades segue os argumentos de Pasinetti (1981)

para aumentar a produtividade do trabalho; 2) A firma escolhe o conjunto de decisões de produção, investimento e emprego que depende da expectativa de demanda; 3) O setor de bens de capital inicia sua produção contratando trabalhadores para atender ao setor de bens de consumo; 4) Em nível nacional estabelece-se os salários e a taxa de câmbio; 5) Ocorre a competição internacional com os trabalhadores gastando sua renda em bens domésticos e importados, o que define os *market-shares* das firmas e sua competitividade; 6) De acordo com os *market-shares* das firmas, algumas são expulsas do mercado e outras entram; 7) No final do período, as firmas do setor de bens de capital entregam sua produção para as firmas do setor de bens de consumo que serão utilizadas no período seguinte.

A atividade de P&D é modelada em um processo estocástico em dois estágios, sendo o primeiro, um sorteio aleatório de uma distribuição de *bernoulli* para determinar sucesso ou fracasso na atividade de pesquisa. O sucesso é uma função crescente dos gastos em P&D, que representam uma proporção das vendas do período anterior. No segundo estágio estabelece-se a produtividade gerada pela atividade de inovação ou imitação. A imitação de um firma específica é limitada pela *distância* tecnológica em relação ao país imitado.

Os preços das firmas são determinados pelo salário, produtividade e um *mark-up* que depende do *market-share* da firma. No âmbito macroeconômico os salários são determinados pelas taxas de crescimento anteriores da produtividade nacional, taxa de crescimento do emprego e pelo índice de preços ao consumidor. A taxa de câmbio depende da conta corrente passada e de um ruído estocástico.

A produção das firmas do setor de bens de consumo depende da produção desejada e do seu estoque de capital. O investimento em expansão ocorre quando o estoque de capital desejado é maior do que o estoque de capital real. Existe um investimento de reposição para compensar a depreciação do capital. Do lado do setor de bens de capital a produção segue a ordem de investimento das firmas domésticas. O emprego neste setor depende de sua produção total e da produtividade de seus trabalhadores.

A dinâmica de mercado determina a seleção das firmas com maior competitividade que, dado que os produtos são homogêneos, depende do preço que elas cobram. No mercado estrangeiro a competitividade depende, também, da taxa de câmbio e dos custos de comércio.

As simulações realizadas sugerem que o modelo consegue reproduzir os vinte e um fatos estilizados que os autores lançaram mão no desenvolvimento do trabalho, e que referem-se a evidências empíricas em nível macroeconômico, industrial e da firma. Além disto, existem fortes tendências a *polarização* e formação de *clubes* nas trajetórias geradas de crescimento econômico. A dinâmica schumpeteriana coevolui com mecanismos agregados de demanda *kaldoriana* que acionam a transformação estrutural e, através da concorrência internacional, geram os padrões de especialização entre os países.

Parte II

Metodologia

## Capítulo 3

# Modelo ABM de Crescimento Norte-Sul com Regimes Econômicos e Taxa de Câmbio

O modelo que será construído nesta seção tem por estrutura básica o modelo NWA de Fernandes e Porcile (2007) e procederá com a integração dos modelos das famílias Nelson & Winter, que contém a dinâmica da inovação e são modelos *supply-led*, e da teoria pós-keynesiana que contém a estrutura meso e macro e são *demand-led*. Deste modo busca-se criar um modelo dentro da família Keynes-Shumpeter.

As contribuições das 3 famílias de modelos Norte-Sul são compatíveis e complementares. A principal limitação de modelos da família agregada *demand-led* é que não captam as interações complexas e não lineares firma-firma, firma-consumidor, firma-setor, etc. A principal limitação de modelos evolucionários baseados em agentes da família Nelson-Winter é a falta de uma dimensão macroeconômica (não possui dinâmica de salários, câmbio e interações comerciais).

Portanto, o processo de inovação e imitação será modelado por meio da primeira família, enquanto a dinâmica macro será inspirada nas contribuições da segunda família. A competição acontecerá na presença de dois regimes tecnológicos *Science-based e Cumulative Technology*.

E suma, propõe-se como contribuições do modelo em relação aos modelos *demand-led* e modelos *supply-led*:

- i) a incorporação da dinâmica de preços via formação de *mark-up ex ante*;
- ii) incorporação da dinâmica de salários determinados pela produtividade média do trabalho e pela taxa de inflação passada;
- iii) incorporação da dinâmica de demanda;

- iv) incorporação da dinâmica da taxa nominal de câmbio;
- v) incorporação da Mudança Estrutural;
- vi) política industrial representada por aumento da capacidade de geração e absorção tecnológica;
- vii) política industrial por meio da desvalorização nominal da taxa de câmbio;

### 3.1 Sequência de Eventos

- Lado da Oferta:
  1. Inicialmente a firma decide qual a proporção de trabalhadores serão contratados para as atividades de produção e de P&D no período corrente. A quantidade de trabalhadores envolvidos em P&D aumentará a probabilidade de sucesso nesta atividade. O sucesso em P&D no período  $(t - 1)$  determina o aumento da produtividade dos trabalhadores envolvidos na atividade de produção no período  $(t)$ , aumentando a capacidade de produção da firma;
  2. O aumento da produtividade dos trabalhadores no período  $(t - 1)$  é repassado aos seus salários como forma de prêmio. A taxa de crescimento dos preços do período  $(t - 1)$  corrige os salários do período corrente;
  3. Os salários determinam os preços praticados pelas firmas. Além disto o preço é determinado pela produção física restrita pelo trabalho;
  4. Os preços determinam a competitividade da firma tanto no mercado interno quanto no mercado externo. Além dos preços, a taxa de câmbio exerce influência sobre a competitividade externa do país;
- Lado da Demanda:
  1. A elasticidade-renda (interna e externa) da demanda determina a demanda efetiva da firma no mercado interno e externo;
  2. A demanda efetiva do período  $(t - 1)$  determina a demanda esperada pela firma no período  $(t)$ ;
  3. A demanda esperada pela firma no período  $(t)$  é comparada com o estoque não planejado do período  $t - 1$  para formar a produção desejada pelas firmas;
  4. A produção física restrita pelo trabalho no período  $(t)$  será o menor valor entre a produção desejada e a oferta da firma ambas no período  $(t)$ ;

Os resultados destas dinâmicas serão agregadas em variáveis macroeconômicas e analisadas no capítulo 4 de acordo com as simulações realizadas.

## 3.2 Ambiente Microeconômico ou da Firma

O modelo inicia pela equação abaixo que corresponde a capacidade produtiva da firma, que através de decisões *ex ante*, aloca seus recursos na contratação de trabalhadores que serão responsáveis pela produção e trabalhadores envolvidos na atividade de P&D. Desta forma, a produção ou oferta da firma é representada por:

$$Qs_{sf(t)}^p = (1 - \gamma_{sf}^p) \cdot L_{sf(t-1)}^p \cdot A_{sf(t-1)}^p \quad (3.1)$$

Na equação acima, os subscritos, que serão amplamente utilizados para representar o objeto de análise, representam:  $p$  o país que pode ser o país Norte representado por  $N$  e Sul por  $S$ ;  $s$  o setor específico que pode ser do tipo *Science-Based* ou setor 1 e *Cumulative-Technology* ou setor 2;  $f$  a firma que corresponde as 20 firmas de cada setor.<sup>1</sup> O parâmetro  $\gamma$  acima corresponde a parcela de trabalhadores envolvidos na atividade de P&D. Deste modo,  $\gamma L$  é a quantidade de trabalhadores que atuam na pesquisa, enquanto a diferença  $L - \gamma L$  corresponde aos trabalhadores que atuam apenas na produção da firma. A variável  $A$  equivale a produtividade dos trabalhadores da produção com uma defasagem, ou seja, a capacidade produtiva da firma no período anterior é utilizada na produção presente, sendo esta dinâmica e variável a cada período e dependente das melhorias desenvolvidas pelos trabalhadores envolvidos em P&D que aumentam a capacidade de produção da firma.

A apuração dos lucros das firmas é representado na equação abaixo:

$$\pi_{sf(t)}^p = \frac{p_{s(t)}^p \cdot QL_{sf(t)}^p - w_{sf(t)}^p - wPD_{sf(t)}^p}{w_{sf(t)}^p + wPD_{sf(t)}^p} \quad (3.2)$$

Onde  $\pi$  é a variável que determina a taxa de lucro ao representar quanto o lucro (numerador da equação) é maior que os custos incididos sobre a firma. A variável  $p$  descreve os preços da firma e  $QL$  a produção física restrita pelo trabalho. As variáveis  $w$  e  $wPD$  refletem os salários pagos pela firma aos trabalhadores envolvidos em atividades de produção e P&D respectivamente.

A partir do lucro auferido pela firma no período, este é totalmente reinvestido:

$$I_{sf(t)}^p = \pi_{sf(t)}^p \quad (3.3)$$

<sup>1</sup> O setor *Science-Based* corresponde a um setor onde existem melhores tecnologias desenvolvidas, geralmente através de inovações tecnológicas desenvolvidas em Universidades ou centros de pesquisa e que, através de parcerias com empresas, geram maior capacidade produtiva para estas. Neste sentido, a concorrência presente no modelo é aquela que amplifica a produção da empresa. Em alguns modelos ABM existe a competição voltada para desenvolvimento de novos produtos e melhorias de qualidade do produto como o modelo desenvolvido em (VALENTE, 2012).



Sendo o investimento  $I$  utilizado na contratação de novos trabalhadores. A equação abaixo representa esse processo e também pode ser entendida como a demanda de trabalhadores pela firma:

$$L_{sf(t)}^p = L_{sf(t-1)}^p \cdot (1 + I_{sf(t)}^p) \quad (3.4)$$

### 3.3 Dinâmica de produtividade

A dinâmica da produtividade foi modelada por um processo de *poisson* em dois estágios:

- O primeiro estágio busca verificar se existe *sucesso* ou *fracasso* das firmas nas atividades desenvolvidas em P&D;
- O segundo estágio computa as produtividades geradas pela empresa em caso de *sucesso* em P&D, que podem ser adquiridas pelo processo de *imitação* ou por meio da geração de *inovação* pela firma;
- Em caso de *fracasso* em P&D a firma não altera sua produtividade e assim mantém a produtividade do período anterior;

#### Primeiro Estágio:

Sucesso ou falha em P&D são modelados através da variável estocástica  $Z_{sf(t)}^p \in \{0, 1\}$ , onde  $Z_{sf(t)}^p = 1$  significa sucesso e  $Z_{sf(t)}^p = 0$  significa fracasso:

$$Prob(Z_{sf(t)}^p = 1) = \exp^{-(\lambda \gamma_{sf}^p L_{sf(t)}^p)} \cdot \lambda \gamma_{sf}^p L_{sf(t)}^p \quad (3.5)$$

Na equação anterior,  $(\lambda \gamma_{sf}^p L_{sf(t)}^p)$  representa o número médio de casos de sucesso na atividade de P&D. O parâmetro  $(\lambda)$  representa a produtividade dos trabalhadores envolvidos em P&D. Se a distribuição de probabilidade de *poisson*:  $Prob(Z_{sf(t)}^p = 1) > 0$  a firma obteve sucesso em P&D e segue ao próximo estágio.

#### Segundo Estágio:

Ao verificar a ocorrência de sucesso na atividade de P&D, a apuração da nova produtividade gerada pela atividade segue para verificar a origem do sucesso e absorver a nova produtividade gerada por ela. Desta forma, considerando o sucesso advindo da atividade de inovação, segue a verificação do parâmetro  $\theta$  que representa o grau de dedicação da firma em uma das duas atividades e pode assumir valores dentro do intervalo

[0,1]. Se o parâmetro for maior que a variável aleatória  $\eta[0, 1]$  o sucesso adveio da inovação pela firma. Deste modo, a produtividade gerada por inovação é:

$$\begin{cases} AIN_{sf(t)}^p = \exp[\text{normal}(\log(1, 02) + (\text{double})t \cdot 0.001, \sigma_{in})] & \text{se Science-Based} \\ AIN_{sf(t)}^p = \text{norm}[A_{sf(t-1)}^p, \sigma_{in}] & \text{se Cumulative Technology} \end{cases} \quad (3.6)$$

Considerando que existem dois regimes de inovação da firma, a equação acima pode gerar a respectiva produtividade de acordo com o regime onde a firma se encontra. Na equação acima o parâmetro de inovação  $\sigma_{in}$  representa o desvio padrão em relação a média.

Verificando a ocorrência do sucesso em P&D por meio da imitação, a produtividade gerada por esta atividade pelas firmas do país ocorre por meio da equação seguinte:

$$\begin{cases} AIM_{sf(t)}^{N(S)} = \zeta \cdot \max(\Lambda_{sf(t)}^{N(S)}, \Lambda_{sf(t)}^{NS(SN)}) \cdot \exp \left[ -\log \left( \frac{\max(\Lambda_{sf(t)}^{N(S)}, \Lambda_{sf(t)}^{NS(SN)})}{A_{sf(t-1)}^{N(S)}} \right) \right] \\ \quad \text{se } \max(\Lambda_{sf(t)}^{N(S)}, \Lambda_{sf(t)}^{NS(SN)}) > A_{sf(t-1)}^{NS} \\ \\ AIM_{sf(t)}^{N(S)} = 0 \\ \quad \text{se } \max(\Lambda_{sf(t)}^{N(S)}, \Lambda_{sf(t)}^{NS(SN)}) \leq A_{sf(t-1)}^{N(S)} \end{cases} \quad (3.7)$$

Onde o parâmetro  $\zeta$  reflete a proporção da nova tecnologia que a firma consegue imitar das firmas internas e externas<sup>2</sup>. O valor desse parâmetro impede que a firma consiga imitar *perfeitamente* a tecnologia de outras, visto que no mundo real isto é muito difícil.

O Parâmetro  $\Lambda$  surge da equação abaixo:

$$\begin{cases} \Lambda_{sf(t)}^p = \text{RNDDRAW\_FAIR}(\text{Firma}_{sf(t-1)}^p, A_{sf(t-1)}^p) & \text{dentro do país} \\ \Lambda_{sf(t)}^{NS(SN)} = \text{RNDDRAW\_FAIR}(\text{Firma}_{sf(t-1)}^{S(N)}, A_{sf(t-1)}^{S(N)}) & \text{fora do país} \end{cases} \quad (3.8)$$

A variável  $\Lambda$  é gerada a partir da função *RNDDRAW\_FAIR*<sup>3</sup> que retorna o valor da produtividade de uma firma, escolhida aleatoriamente dentro do mesmo setor, com uma probabilidade de escolha igual entre todas elas. O valor retornado através deste *sorteio aleatório* representa uma situação de informações imperfeitas, incerteza dos resultados e

<sup>2</sup> Nesta equação e nas outras que seguirão no modelo, quando houver o subscrito NS,(SN), deve-se entender que a origem da variável parte do país retratado no lado direito (neste caso o Sul) da qual o subscrito a esquerda depende (o Norte) – considerando as letras fora dos *parênteses* e quando a variável a ser explicada é a variável do Norte. Quando a variável dependente é do país Sul inverte-se a análise e considera-se os subscritos dentro dos *parênteses*. Por exemplo, se desejamos apurar a variável de produtividade de imitação do Norte, os subscritos ficariam  $\Lambda_{sf(t)}^N, \Lambda^{NS}$ .

<sup>3</sup> Essa função é um dos *macros* criados para uso no *software* LSD.

equivoco da escolha imitativa da firma, que acontece no ambiente da busca tecnológica entre elas. Sendo assim, a firma no período (t) pode imitar uma tecnologia que ocasionalmente não seja a melhor que poderia ter escolhido, e isto não lhe trazer o melhor salto produtivo.

Após a apuração dos resultados da firma em relação a suas atividades de P&D, esta irá proceder ao processo decisório de escolha tecnológica. Neste estágio ela decide qual a tecnologia irá adotar no período corrente de acordo com a equação:

$$A_{sf(t)}^p = \max(A_{sf(t-1)}^p, AIN_{sf(t)}^p, AIM_{sf(t)}^p) \quad (3.9)$$

A escolha da firma envolverá a decisão entre a produtividade criada por seus trabalhadores envolvidos no processo de busca, e aquela que já possuía no período anterior. Deste modo, a firma otimizará sua escolha.

A equação abaixo representa a produtividade média do Setor:

$$\bar{A}_{s(t)}^p = \frac{\sum_{f=1}^n m s_{sf(t)}^p \cdot A_{sf(t)}^p}{\sum_{f=1}^n m s_{sf(t)}^p} \quad (3.10)$$

A equação utiliza como ponderador o *market-share* das firmas.

$$\bar{A}_{a(t)}^p = \frac{PIB_{1(t)}^p}{PIBR_{(t)}^p} \cdot \bar{A}_{1(t)}^p + \frac{PIB_{2(t)}^p}{PIBR_{(t)}^p} \cdot \bar{A}_{2(t)}^p \quad (3.11)$$

A equação acima reflete a produtividade média agregada do país  $PIB_{1(t)}^p$  denota o produto interno bruto do setor 1 no período (t).  $PIBR_{(t)}^p$  reflete o produto interno bruto real do país no período (t).

### 3.4 Dinâmica de Salários

O modelo segue com o próximo bloco de equações que retornam a dinâmica de salários. No modelo não é considerado que os salários sejam fixos e, portanto, a cada período a firma ajusta-os conforme a seguinte equação:

$$\begin{cases} w_{sf(t)}^p = [(1 - \gamma_{sf(t)}^p) \cdot L_{sf(t-1)}^p] \cdot [W_{(t)}^p + \varphi \cdot (A_{sf(t)}^p - \bar{A}_{a(t-1)}^p)] & \text{se } \varphi \cdot (A_{sf(t)}^p - \bar{A}_{a(t-1)}^p) > 0 \\ w_{sf(t)}^p = W_{(t)}^p \cdot (1 - \gamma_{sf(t)}^p) \cdot L_{sf(t-1)}^p & \text{se } \varphi \cdot (A_{sf(t)}^p - \bar{A}_{a(t-1)}^p) \leq 0 \end{cases} \quad (3.12)$$

A equação acima representa os salários nominais pagos pelas firmas aos trabalhadores envolvidos na atividade de produção – conforme o primeiro termo após a igualdade. No segundo termo,  $W$  representa o salário nominal médio da economia. Deste modo, a firma irá ajustar o salário dos trabalhadores com base no salário nominal médio da economia.

Caso a produtividade da firma seja acima da média do setor, ela irá repassar parte desta diferença aos salários. Essa parcela da diferença da produtividade é captada pelo parâmetro  $\varphi$  acima. Caso essa diferença seja igual a zero ou negativa, a firma pagará o salário médio agregado praticado no período (t), mesmo que não esteja disposta a fazê-lo, por conta do abismo produtivo que possa existir em relação a outras firmas. Portanto, o salário  $W$  pode também ser entendido como salário mínimo. Esta situação descreve a presença de rigidez nominal dos salários.

A equação abaixo representa os salários pagos pela firma aos trabalhadores envolvidos em P&D:

$$\begin{cases} wPD_{sf(t)}^p = \gamma_{sf(t)}^p \cdot L_{sf(t-1)}^p \cdot [W^p + \varpi \cdot (A_{sf(t)}^p - \bar{A}a_{(t-1)}^p)] & \text{se } \varpi \cdot (A_{sf(t)}^p - \bar{A}a_{(t-1)}^p) > 0 \\ w_{sf(t)}^p = W^p \cdot \gamma_{sf(t)}^p \cdot L_{sf(t-1)}^p & \text{se } \varpi \cdot (A_{sf(t)}^p - \bar{A}a_{(t-1)}^p) \leq 0 \end{cases} \quad (3.13)$$

Semelhantemente a equação dos salários dos trabalhadores envolvidos diretamente na produção, os trabalhadores envolvidos em P&D recebem como salário uma parcela  $\varpi$  da diferença de sua produtividade em relação a produtividade média agregada, além do salário praticado no país.

O Salário nominal médio do país foi adaptado de Higachi, Lima e Pereima (2016) e é representado pela equação:

$$\begin{cases} W_{(t)}^p = W_{(t-1)}^p \cdot \left[ 1 + \tau \cdot \frac{\bar{P}_{(t-1)}^p - \bar{P}_{(t-2)}^p}{\bar{P}_{(t-2)}^p} + \frac{\bar{A}a_{(t-1)}^p - \bar{A}a_{(t-2)}^p}{\bar{A}a_{(t-2)}^p} \right] & \text{se } \frac{\bar{P}_{(t-1)}^p - \bar{P}_{(t-2)}^p}{\bar{P}_{(t-2)}^p} > 0 \\ W_{(t)}^p = W_{(t-1)}^p & \text{se } \frac{\bar{P}_{(t-1)}^p - \bar{P}_{(t-2)}^p}{\bar{P}_{(t-2)}^p} \leq 0 \end{cases} \quad (3.14)$$

Salário nominal médio da economia do Norte aumenta com o aumento da produtividade do trabalho e a taxa de inflação do período t-1. Supõe-se que a indexação salarial é parcial – medido por  $\tau \approx n[0, 1]$  – e os trabalhadores recebem integralmente o aumento da produtividade média agregada do período anterior. Se a taxa de inflação passada for menor que zero, o salário nominal não sofre reajustes.

### 3.5 Dinâmica de Preços

Os preços fixados pela firma sofrem variações a cada período a partir do aumento de sua representatividade no mercado. A firma oferece seu produto no mercado interno e no mercado externo. Deste modo o preço praticado pela firma no mercado interno é:

$$\begin{cases} p_{sf(t)}^p = (1 + \mu_{sf(t)}^p) \cdot \frac{w_{sf(t)}^p}{QL_{sf(t)}^p} & \text{se } QL_{sf(t)}^p > 0 \\ p_{sf(t)}^p = p_{sf(t-1)}^p & \text{se } QL_{sf(t)}^p \leq 0 \end{cases} \quad (3.15)$$

Na equação anterior, inspirada em Ciarli et al. (2010) e Dosi, Roventini e Russo (2017),  $\mu$  representa o *mark-up* da firma no período (t),  $w$  o salário e  $QL$  a produção física da firma restrita pelo trabalho no período (t). Se a produção física restrita for  $\leq 0$  os preços não sofrem reajustes. A evolução dos preços dependem diretamente do *mark-up* que é representado por:

$$\mu_{sf(t)}^p = \mu_{sf(t-1)}^p \cdot \left[ 1 + \left( \frac{ms_{sf(t-1)}^p - ms_{sf(t-2)}^p}{ms_{sf(t-2)}^p} \right) \right] \quad (3.16)$$

Na equação, o *mark-up* evolui de acordo com o ganho de mercado obtido pela firma no período anterior, que é representado por  $ms$  (DOSI; ROVENTINI; RUSSO, 2017).

Considerando a atuação da firma no mercado externo, o preço praticado neste caso é:

$$\begin{cases} p_{sf(t)}^{NS} = p_{sf(t)}^N \cdot e(t) \cdot \delta(t)^N & \text{se País base é o Norte} \\ p_{sf(t)}^{SN} = p_{sf(t)}^S \cdot \frac{1}{e(t)} \cdot \delta(t)^S & \text{se País base é o Sul} \end{cases} \quad (3.17)$$

O primeiro termo é o preço praticado pela firma no mercado interno. Esse valor é corrigido pela taxa de câmbio nominal  $e^4$  entre os países no período (t) e do parâmetro ( $\delta$ ) que representa os custos de transação que o país enfrenta para exportar seu produto.

Preço médio do setor é ponderado pelo *market-share* das firmas:

$$\bar{P}_{s(t)}^{N(S)} = \frac{\sum_{f=1}^n ms_{sf(t)}^{N(S)} \cdot p_{sf(t)}^{N(S)}}{\sum_{f=1}^n ms_{sf(t)}^{N(S)}} + \frac{\sum_{f=1}^n ms_{sf(t)}^{SN,(NS)} \cdot p_{sf(t)}^{SN,(NS)}}{\sum_{f=1}^n ms_{sf(t)}^{SN,(NS)}} \quad (3.18)$$

O primeiro termo da soma refere-se aos *markets-share* e preços praticados pelas firmas do setor no mercado interno. O segundo termo refere-se aos preços das firmas do mesmo setor e do país concorrente, praticados no mercado interno e os respectivos *markets-share* destas firmas externas no mercado interno.

O preço médio praticado no país é:

$$\bar{P}_{(t)}^p = \frac{PIB_{1(t)}^p}{PIBR_{(t)}^p} \cdot \bar{P}_{1(t)}^p + \frac{PIB_{2(t)}^p}{PIBR_{(t)}^p} \cdot \bar{P}_{2(t)}^p \quad (3.19)$$

Onde o primeiro termo refere-se à razão entre o PIB nominal do setor 1 e o PIB agregado real do setor multiplicado pelo preço médio praticado no setor 1 do país. O segundo termo refere-se ao setor 2.

<sup>4</sup> Consideramos que a taxa de câmbio utiliza como padrão o preço da moeda do país Norte em termos de moedas do país Sul. Por exemplo: 1 unidade monetária do país Norte pode valer 1,20 unidades da moeda do Sul. Essa suposição segue a tendência de que países mais ricos possuem, em geral, moeda mais valorizada frente a moeda de países mais pobres.

### 3.6 Dinâmica de competitividade ou competição das firmas

A competição das firmas se dá no mercado interno e no externo. Deste modo sua competitividade é diferente em cada um dos mercados. A equação abaixo representa a competitividade da firma no mercado interno:

$$E_{sf(t)}^p = \frac{1}{p_{sf(t)}^p} \quad (3.20)$$

Onde a competitividade da firma do país  $p$  equivale ao inverso do preço praticado pela firma do país  $p$  no mercado interno. Quanto maior o preço, menos competitiva é a firma (HIGACHI; LIMA; PEREIMA, 2016).

O Market-share da firma no mercado interno segue a equação (HIGACHI; LIMA; PEREIMA, 2016):

$$ms_{sf(t)}^p = ms_{sf(t-1)}^p \cdot \left[ 1 + \beta \cdot \left( \frac{E_{sf(t-1)}^p}{\bar{E}g_{sf(t-1)}^p} - 1 \right) \right] \quad (3.21)$$

A equação<sup>5</sup> demonstra que o *market-share* evolui quando a competitividade da firma representa um valor positivo comparado a competitividade média global do setor no período anterior. A *transferência* desta maior competitividade reflete no aumento do *market-share* de acordo com o parâmetro de sensibilidade ( $\beta$ ).

A Competitividade da firma no mercado externo é:

$$E_{sf(t)}^{NS,(SN)} = \frac{1}{p_{sf(t)}^{N(S)} \cdot e_{(t)} \cdot \delta_{(t)}^{NS,(SN)}} \quad (3.22)$$

A competitividade da firma no mercado externo dependerá do preço corrigido pela taxa de câmbio entre os países ( $e$ ), além dos custos de transação ( $\delta$ ).

Market-shares das firmas no mercado externo:

$$ms_{sf(t)}^{NS,(SN)} = ms_{sf(t-1)}^{NS,(SN)} \cdot \left[ 1 + \beta \cdot \left( \frac{E_{sf(t-1)}^{NS,(SN)}}{\bar{E}g_{sf(t-1)}^{S(N)}} - 1 \right) \right] \quad (3.23)$$

A firma compara sua competitividade atuando no mercado externo com a competitividade média global do mercado externo. Quando essa diferença é positiva, o *market-share* aumenta de acordo com o parâmetro ( $\beta$ ).

<sup>5</sup> A equação é inspirada na equação *dynamic replicator* criada por Fisher (1930) que demonstrava que a presença de determinada característica de um indivíduo, que desse a ele melhores condições de sobrevivência na natureza, seria replicada na população, o que aumentaria a capacidade do indivíduo sobreviver.

A competitividade média do setor equivale a competitividade média das firmas do setor, ponderadas pelos *markets-share* delas no mercado interno é:

$$\bar{E}_{s(t)}^p = \frac{\sum_{f=1}^n ms_{sf(t)}^p \cdot E_{sf(t)}^p}{\sum_{f=1}^n ms_{sf(t)}^p} \quad (3.24)$$

A competitividade média do setor de um determinado país, que compete no mercado externo, é a competitividade média das firmas ponderadas pelos *markets-share* delas no setor externo:

$$\bar{E}_{s(t)}^{NS,(SN)} = \frac{\sum_{f=1}^n ms_{sf(t)}^{NS,(SN)} \cdot E_{sf(t)}^{NS,(SN)}}{\sum_{f=1}^n ms_{sf(t)}^{NS,(SN)}} \quad (3.25)$$

### 3.7 Dinâmica de Demanda

As decisões de demanda pelos trabalhadores possuem influência nas decisões estratégicas das firmas. Essa dinâmica segue os princípios de Keynes. Esse processo faz parte da engrenagem do sistema econômico e será modelado através do presente bloco de equações abaixo.

A expectativa de demanda das firmas é representado pela equação abaixo (DOSI; FAGIOLO; ROVENTINI, 2010):

$$Qd_{sf(t)}^{ep} = Qdefg_{s(t-1)}^p \quad (3.26)$$

A variável  $Qdefg_{s(t-1)}^p$  descreve a quantidade de demanda efetiva global das firmas de determinado setor da economia do país, que é descrita pela equação abaixo:

$$Qdefg_{s(t)}^p = Qdef_{sf(t)}^p + Qdef_{sf(t)}^{NS,(SN)} \quad (3.27)$$

Onde o primeiro termo da soma representa a demanda efetiva da firma no mercado interno e o segundo termo, a demanda da firma no mercado externo.

A demanda efetiva da firma no mercado interno é:

$$\begin{cases} Qdef_{1f(t)}^p = \epsilon_{1(t)}^p \cdot Y A_{(t-1)}^p \cdot ms_{sf(t-1)}^p & \text{se setor } Science-Based \\ Qdef_{2f(t)}^p = (1 - \epsilon_{1(t)}^p) \cdot Y A_{(t-1)}^p \cdot ms_{sf(t-1)}^p & \text{se setor } Cumulative-Technology \end{cases} \quad (3.28)$$

A equação é descrita para os setores 1 e 2 ou *science-based* e *cumulative-technology* respectivamente. Onde  $\epsilon$  representa a elasticidade-renda da demanda do setor específico no mercado interno. O setor *science-based* possui, além de maior grau de oportunidade tecnológica, maior elasticidade-renda da demanda comparado ao setor *cumulative-technology*.

Considerando o valor de  $\epsilon$  da tabela 1, se a renda aumentar em 1%, 70% deste aumento deverá ser direcionado para a compra dos bens produzidos pelo setor *science-based* e 30% para os bens produzidos pelo setor *cumulative-technology*. A demanda efetiva interna depende também da renda agregada nacional  $Y^A$  do período anterior e do *market-share* interno da firma.

Para a demanda efetiva da firma no mercado externo a equação resulta em:

$$\begin{cases} Qdef_{sf(t)}^{NS,(SN)} = \epsilon_{1(t)}^{S(N)} \cdot Y A_{(t-1)}^{S(N)} \cdot ms_{sf(t-1)}^{NS,(SN)} & \text{se setor } Science-Based \\ Qdef_{sf(t)}^{NS,(SN)} = (1 - \epsilon_{1(t)}^{S(N)}) \cdot Y A_{(t-1)}^{S(N)} \cdot ms_{sf(t-1)}^{NS,(SN)} & \text{se setor } Cumulative-Technology \end{cases} \quad (3.29)$$

A demanda efetiva das firmas do país Norte que vendem seus bens no país Sul dependem da elasticidade-renda da demanda do país Sul, da renda agregada do país Sul e da parcela de mercado que a firma do país Norte detêm no país Sul. Para a firma do país Sul inverte-se a análise.

A produção desejada pelas firmas, seguindo Dosi, Fagiolo e Roventini (2010) e Ciarli et al. (2010) é:

$$Q_{sf(t)}^{dp} = \max(Qd_{sf(t)}^{ep} - X_{sf(t-1)}^p, 0) \quad (3.30)$$

Onde a diferença entre a demanda esperada pela firma e o estoque não planejado pelas firmas no período anterior resulta na produção desejada pelas firmas no período (t), considerando que essa diferença seja positiva.

A equação abaixo representa o estoque não planejado planejado pelas firmas:

$$\begin{cases} X_{sf(t)}^p = X_{sf(t-1)}^p + QL_{sf(t)}^p - Qdef_{sf(t)}^p & \text{se } Qdef_{sf(t)}^p < QL_{sf(t)}^p + X_{sf(t-1)}^p \\ X_{sf(t)}^p = 0 & \text{se } Qdef_{sf(t)}^p \geq QL_{sf(t)}^p + X_{sf(t-1)}^p \end{cases} \quad (3.31)$$

Deste modo, o estoque será equivalente ao estoque acumulado da firma no período anterior somado a diferença entre a produção física restrita pelo trabalho ( $QL_{sf(t)}^p$ ) e a demanda efetiva da firma no período. Essa equivalência ocorrerá quando a produção física da firma no período (t), além do estoque acumulado do período anterior, compensar a demanda efetiva da firma no período (t).

A equação abaixo refere-se a produção física das firmas restritas pelo trabalho (CIARLI et al., 2010):

$$QL_{sf(t)}^p = \min(Q_{sf(t)}^{dp}, Q_{sf(t)}^p) \quad (3.32)$$



Esta equação representa o caso em que a produção não atinja o nível de produção desejada pela firma, dadas as restrições de capacidade produtiva e trabalho.

### 3.8 Nível Mesoeconômico ou Industrial

Apresentamos neste bloco de equações as agregações em nível setorial de algumas variáveis. A este nível chamaremos de mesoeconômico ou nível industrial. As agregações seguem ao conjunto de variáveis oriundas do ambiente da firma e que possuem influência no modelo sobre o ambiente macroeconômico.

A primeira equação é a demanda de trabalho em nível setorial:

$$TL_{s(t)}^p = \sum_{f=1}^n L_{sf(t)}^p \quad (3.33)$$

A demanda por trabalho setorial equivale ao somatório das demandas das firmas individuais. A equação abaixo se refere a oferta do setor restrita pela mão-de-obra:

$$TQ_{s(t)}^p = \sum_{f=1}^n QL_{sf(t)}^p \quad (3.34)$$

A oferta do setor consiste no somatório das ofertas individuais das firmas restritas por sua mão-de-obra. A demanda efetiva do setor é descrita pela equação abaixo:

$$TQdef_{s(t)}^p = \sum_{f=1}^n Qdef_{sf(t)}^p + \sum_{f=1}^n Qdef_{sf(t)}^{NS,(SN)} \quad (3.35)$$

A demanda efetiva do setor equivale a soma entre as demandas efetivas das firmas no mercado interno com a soma das demandas efetivas das firmas pelo mercado externo. A competitividade média do setor é:

$$\bar{E}_{s(t)}^p = \bar{E}_{fs(t)}^p + \bar{E}_{fs(t)}^{N(S),S(N)} \quad (3.36)$$

O valor da competitividade média do setor equivale a soma da competitividade média das firmas no mercado interno com a soma da competitividade delas no mercado externo. Renda agregada gerada pelas firmas na atividade de produtiva é descrita pela equação:

$$Tw_{s(t)}^p = \sum_{f=1}^n w_{sf(t)}^p \quad (3.37)$$

A renda agregada gerada pelas firmas em nível setorial equivale ao somatório dos salários nominais, pagos por estas, aos trabalhadores envolvidos na atividade de produção. A renda agregada gerada pelas firmas na atividade de P&D é:

$$TwPD_{s(t)}^p = \sum_{f=1}^n wPD_{sf(t)}^p \quad (3.38)$$

A renda gerada pelo setor na atividade de P&D equivale ao somatório dos salários pagos pelas firmas aos trabalhadores envolvidos no processo de *busca*. Deste modo, a renda agregada ou total dos salários pagos pelo setor é:

$$Y_{s(t)}^p = Tw_{s(t)}^p + TwPD_{s(t)}^p \quad (3.39)$$

O valor da renda gerada pelo setor consiste na soma dos valores dos salários pagos pelas firmas a todos os seus trabalhadores, sendo estes envolvidos nas atividades produtivas ou geração de novas tecnologias.

O produto interno bruto gerado pelo setor é:

$$\begin{cases} PIB_{s(t)}^N = \frac{Y_{s(t)}^N + \left( \frac{TEXP_{s(t)}^{NS}}{e(t)} \right) - TEXP_{s(t)}^{SN}}{P_{s(t)}^N} & \text{se País base é o Norte} \\ PIB_{s(t)}^S = \frac{Y_{s(t)}^S + \left( TEXP_{s(t)}^{SN} \cdot e(t) \right) - TEXP_{s(t)}^{NS}}{P_{s(t)}^S} & \text{se País base é o Sul} \end{cases} \quad (3.40)$$

De acordo com a equação anterior, o produto interno bruto real gerado pelo setor consiste na soma entre a renda gerada pelo setor com a saldo gerado pela diferença entre a exportação total do setor – corrigido pela taxa de câmbio entre os países – e a importação total do setor. O resultado será expresso em termos moeda do próprio país.

A exportação total do setor é:

$$TEXP_{s(t)}^{NS(SN)} = \sum_{f=1}^n Qdef_{sf(t)}^{NS(SN)} \quad (3.41)$$

A equação demonstra que a exportação total do setor equivale a demanda efetiva externa que o setor recebe por sua produção. Em sentido contrário, a importação do setor equivale a demanda efetiva interna do setor em relação à produção externa.

### 3.9 Nível Macroeconômico:

O presente bloco de equações contempla as variáveis em nível macroeconômico e algumas agregações utilizadas no modelo. A primeira equação reflete uma política cambial

da firma:

$$\begin{cases} e(t) = \phi & \text{se } t > 250 \\ e(t) = 1 & \text{se } t \leq 250 \end{cases} \quad (3.42)$$

A taxa de câmbio nominal irá sofrer uma variação a partir do período ( $t = 250$ ). Anterior a este período, a taxa de câmbio equivale a 1. A partir do período ( $t = 250$ ) ocorre uma política cambial que altera a taxa de câmbio entre os países de acordo com o parâmetro  $\phi$ . Políticas cambiais constituem-se em medidas muitas vezes adotadas pelos países para aumentar a competitividade-preço de seus produtos. Além disto, causam impacto forte em âmbito macroeconômico no longo prazo. De acordo com Gala (2017, p. 103) o câmbio "influi na determinação da especialização setorial da economia, notadamente no que diz respeito à indústria e à produção de bens complexos. O câmbio tem grande impacto na dinâmica de produtividade"<sup>6</sup>.

A taxa real de câmbio é descrita por:

$$\begin{cases} eR_{(t)}^N = \frac{P_{(t)}^N}{P_{(t)}^S} \cdot e(t) & \text{se País base é o Norte} \\ eR_{(t)}^S = \frac{1}{eR_{(t)}^N} & \text{se País base é o Sul} \end{cases} \quad (3.43)$$

Onde a taxa é descrita pelos preços do país Norte em termos dos preços do país Sul. Além disso, se a economia do Sul adota uma política de depreciação do câmbio nominal para aumentar a competitividade de suas exportações, pode ocorrer, num segundo momento, uma apreciação de sua taxa de câmbio real devido ao fato de que o preços dos bens importados e consumidos no Sul possa sofrer uma elevação. O padrão de especialização setorial da economia é descrita conforme a equação abaixo:

$$\begin{cases} PES_{(t)}^N = \frac{\frac{Y_{1(t)}^N}{PIBR_{(t)}^N} / \frac{Y_{2(t)}^N}{PIBR_{(t)}^N}}{\frac{Y_{1(t)}^S}{PIBR_{(t)}^S} / \frac{Y_{2(t)}^S}{PIBR_{(t)}^S}} & \text{se País base é o Norte} \\ PES_{(t)}^S = \frac{\frac{Y_{1(t)}^S}{PIBR_{(t)}^S} / \frac{Y_{2(t)}^S}{PIBR_{(t)}^S}}{\frac{Y_{1(t)}^N}{PIBR_{(t)}^N} / \frac{Y_{2(t)}^N}{PIBR_{(t)}^N}} & \text{se País base é o Sul} \end{cases} \quad (3.44)$$

Onde a razão entre as rendas agregadas dos dois setores e seus respectivos produtos internos brutos reais são comparados as mesmas razões entre variáveis dos setores do país concorrente. Ao analisarmos em primeiramente o numerador da equação é possível perceber que, sendo o valor  $> 1$ , mais especializado é o país no setor *science-based* – setor com maior grau de oportunidade tecnológica e econômica. Comparando este valor com a

<sup>6</sup> Ver também Hausmann, Pritchett e Rodrik (2005) e Rodrik (2008) para relações entre taxa de câmbio real e crescimento econômico no longo prazo e políticas adotadas por alguns países.

especialização do país rival, teremos um valor que, sendo  $> 1$ , implica em uma vantagem do país em relação ao outro, em termos tecnológicos e econômicos.

A equação abaixo representa o padrão de especialização setorial do comércio internacional:

$$\left\{ \begin{array}{l} PEST_{(t)}^N = \frac{\frac{TEXP_{1(t)}^{NS}}{TEXP_{1(t)}^{NS} + TEXP_{2(t)}^{NS}}}{\frac{TEXP_{1(t)}^{SN}}{TEXP_{1(t)}^{SN} + TEXP_{2(t)}^{SN}}} \Big/ \frac{\frac{TEXP_{2(t)}^{NS}}{TEXP_{1(t)}^{NS} + TEXP_{2(t)}^{NS}}}{\frac{TEXP_{2(t)}^{SN}}{TEXP_{1(t)}^{SN} + TEXP_{2(t)}^{SN}}} \quad \text{se País base é o Norte} \\ PEST_{(t)}^S = \frac{\frac{TEXP_{1(t)}^{SN}}{TEXP_{1(t)}^{SN} + TEXP_{2(t)}^{SN}}}{\frac{TEXP_{1(t)}^{NS}}{TEXP_{1(t)}^{NS} + TEXP_{2(t)}^{NS}}} \Big/ \frac{\frac{TEXP_{2(t)}^{SN}}{TEXP_{1(t)}^{SN} + TEXP_{2(t)}^{SN}}}{\frac{TEXP_{2(t)}^{NS}}{TEXP_{1(t)}^{NS} + TEXP_{2(t)}^{NS}}} \quad \text{se País base é o Sul} \end{array} \right. \quad (3.45)$$

Diferente da equação (3.44), a equação acima refere-se ao padrão de especialização do comércio internacional. Um valor maior do que 1 no numerador significa que o país é especializado no comércio internacional de produtos do setor *science-based*. O valor do padrão de especialização, por sua vez, reflete a especialização do país no setor com maior grau de oportunidade econômica e tecnológica em relação ao país rival, quando este valor é maior do que a unidade. A variação desta variável ao longo do tempo expressa a mudança tecnológica e estrutural da economia, quando o valor se desloca em direção a um dos setores.

O salário real médio é:

$$WR_{(t)}^p = \frac{W_{(t)}^p}{\bar{P}_{(t)}^p} \quad (3.46)$$

Onde  $W_{(t)}^p$  equivale ao salário nominal médio e  $\bar{P}_{(t)}^p$  preço médio da economia. A renda real agregada ou total gerada pelo país é:

$$YA_{(t)}^p = Y_{1(t)}^p + Y_{2(t)}^p \quad (3.47)$$

A renda agregada equivale a soma das rendas dos setores. O Produto real agregado ou total gerado pelo país é descrito por:

$$PIBR_{(t)}^p = PIB_{1(t)}^p + PIB_{2(t)}^p \quad (3.48)$$

O produto real agregado equivale a soma dos produtos setoriais. O saldo da balança

comercial é:

$$\left\{ \begin{array}{ll} TB_{(t)}^N = -TB_{(t)}^S & \text{se País base é o Norte} \\ TB_{(t)}^S = TEXP_{1(t)}^{SN} + TEXP_{2(t)}^{SN} - \frac{TEXP_{1(t)}^{NS}}{e_{(t)}} - \frac{TEXP_{2(t)}^{NS}}{e_{(t)}} & \text{se País base é o Sul} \end{array} \right. \quad (3.49)$$

O saldo da balança comercial do país Sul equivale a diferença das exportações dos dois setores da economia e a importação do país corrigida pela taxa de câmbio. A equação abaixo descreve o nível de emprego da economia:

$$Emp_{(t)}^p = TL_{1(t)}^p + TL_{2(t)}^p \quad (3.50)$$

Sendo o emprego a soma dos trabalhadores dos dois setores. O produto interno bruto agregado per capita equivale a razão entre o produto interno bruto real e o total dos empregos gerados na economia:

$$PIBpcp_{(t)}^p = \frac{PIBR_{(t)}^p}{Emp_{(t)}^p} \quad (3.51)$$

Finalmente, a equação abaixo refere-se ao hiato da produtividade do trabalho:

$$HT_{(t)} = \log \left( \frac{\bar{A}_{(t)}^N}{\bar{A}_{(t)}^S} \right) \quad (3.52)$$

O resultado desta equação exprime o *lag* de produtividade entre os dois países. Se o resultado for negativo significa que a produtividade do país Sul é maior que do país Norte. Se o resultado for igual a zero a produtividade dos dois países são iguais. Caso o valor seja positivo, o país Norte possui maior produtividade que o país Sul. Deste modo, valores tendendo a 0 implicam em redução do hiato tecnológico e valores afastando-se de 0 resultam no aumento do hiato.

Parte III

Resultados

## Capítulo 4

# Análise dos Resultados

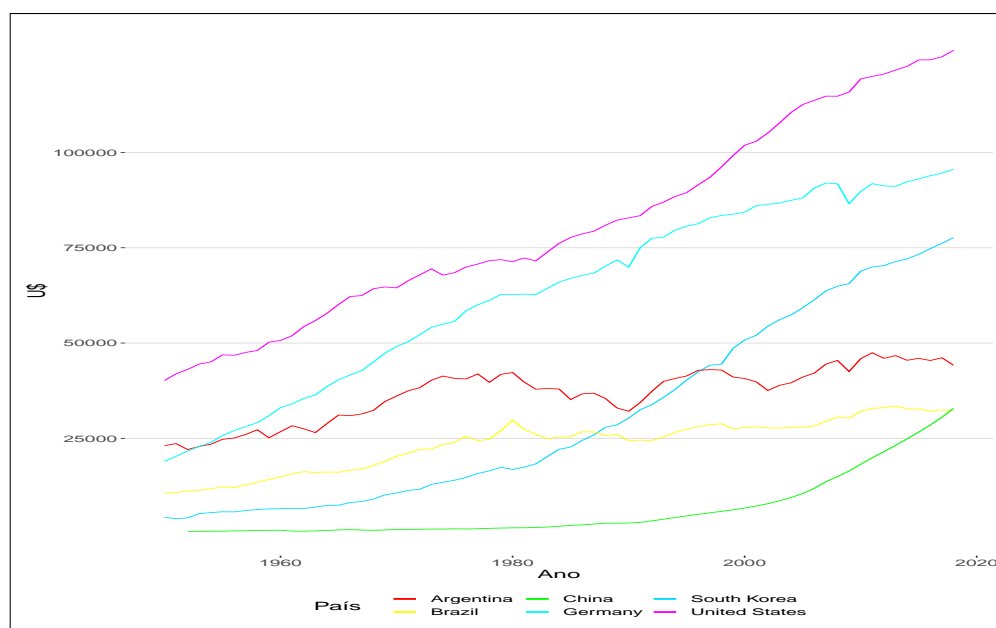
Passaremos neste capítulo a verificar os resultados obtidos a partir das simulações realizadas utilizando-se o *Software LSD*<sup>1</sup>. As simulações visam representar as relações que surgem entre as variáveis a partir de algumas medidas adotadas pelos países. Dividimos em três cenários que passaremos a descrever nas seções seguintes. No primeiro, a simulação ocorrerá sem influência de políticas como a política de inovação ou imitação pela firma e a política cambial pelo governo. No cenário 2, a partir de certo período da simulação, o país Sul adotará medidas de políticas industriais para buscar sua recuperação frente ao país Norte. No último cenário, analisaremos a adoção e posterior abandono das políticas industriais e avaliaremos os seus resultados.

A política de inovação e imitação são adotadas com vistas a reduzir o hiato tecnológico entre os países. Deste modo, a política tende a elevar a produtividade do trabalho das firmas que adotam estas práticas. Sendo este processo generalizado dentro do país, existe uma forte tendência a melhorias nos indicadores macroeconômicos. A produtividade compreende a tecnologia ou o "*estado da arte*" das técnicas de produção de uma firma e se traduz em aumento da competitividade por parte das firmas, tanto no mercado interno, quanto no mercado externo. Existe uma diferença muito grande entre os países quando se trata de produtividade – também conhecida pelo termo *gap tecnológico*. As evidências empíricas demonstram que países com maior produtividade tendem a liderar o comércio internacional e apresentar maior riqueza, comparado aos países pobres ou subdesenvolvidos. O gráfico abaixo retrata a evolução da produtividade do trabalho de alguns países selecionados:

---

<sup>1</sup> Laboratory for Simulation Development foi criada e desenvolvida pelo professor Marco Valente da University of L'Aquila, Italy. É uma linguagem utilizada para modelos de simulação, projetada especificamente para modelos baseados em agentes.

Figura 1 – Produtividade do trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor com dados do *The Conference Board*

O gráfico acima mostra alguns países com um crescimento muito relevante de sua produtividade do trabalho nos últimos setenta anos. Os dados refletem o produto (em dólares) por trabalhador e correspondem a produtividade do trabalho. O gráfico apresenta a evolução da produtividade, sendo esse crescimento adquirido através do forte investimento e da mudança de mentalidade dos agentes, presentes nos países, para superação de seu atraso. Ressalta-se os Estados Unidos e a Alemanha que possuem grande produtividade do trabalho e que a perseguiram durante todo o período. No lado oposto, salienta-se o Brasil e a Argentina que durante o período não buscaram melhorar de modo significativo sua produtividade através de políticas industriais e tecnológicas. Por último, chama a atenção a intensificação dos países China e Coreia do Sul no aumento da produtividade do trabalho, principalmente a partir da década de 1980 na Coreia do Sul e a partir dos anos 2000 na China.

Depreende-se do gráfico a superação da Coreia do Sul em relação ao Brasil e posteriormente à Argentina, enquanto a China possui a mesma produtividade do trabalho que o Brasil no ano 2018, sendo que até a década de 1990 possuía cerca de U\$20.000,00, gerados por trabalhador, a menos que o Brasil. Esses países foram escolhidos com o objetivo de ilustrar três grupos de países que apresentam políticas diversas: países desenvolvidos como os Estados Unidos e Alemanha que são, além de potências econômicas, grandes investidores na atividade de P&D, que eleva a tecnologia resultando em uma maior produtividade do trabalho nestes países. O segundo grupo de países, representado por Argentina e Brasil, não buscam influenciar sua produtividade por ausência de políticas



pesadas em P&D. Alguns países são subdesenvolvidos e outros muito pobres. O último grupo é representado pelos países que reduziram o *gap tecnológico* como a Coreia do Sul – que tem hoje o *status* de potência tecnológica e é um país desenvolvido – e a China – que alcançou o segundo maior PIB do mundo.

Os cenários representados nas simulações abaixo serão comparadas com as evidências do gráfico acima para melhor compreensão do tema. Para gerar os 3 cenários, no período 1-800, foi aplicado uma versão estilizada do método de Monte Carlo, desde que cada observação das variáveis macro neste período é uma média de 100 series temporais. As únicas exceções são as variáveis  $PES^p$  e  $PIBpcp^p$ , nas quais foi selecionado dentre as 100 series temporais geradas aquelas que seguiam um padrão de comportamento mais convencional, e depois extraído médias das series temporais destas variáveis. Os parâmetros do modelo e os seus valores nas simulações são apresentados na tabela abaixo:

Tabela 1 – Parâmetros de Referência

Descrição	Símbolo	Valor
Parcela de trabalhadores envolvidos em P&D	$\gamma$	0,2
Produtividade dos trabalhadores envolvidos em P&D	$\lambda$	0,1
Grau de dedicação das firmas em um dos métodos (inovação ou imitação)	$\theta$	0,1
Parâmetro que serve como limite entre os métodos (inovação ou imitação)	$\eta$	[0,1]
Desvio padrão de inovação	$\sigma_{in}$	0,000025
Capacidade de imitação da firma (proporção)	$\zeta$	0,85
Ponteiro para acesso a variável aleatória de produtividade da firma	$\Lambda$	—
Proporção do <i>gap</i> de produtividade incorporado ao salário de trabalhadores envolvidos na produção	$\varphi$	0,7
Proporção do <i>gap</i> de produtividade incorporado ao salário de trabalhadores envolvidos em P&D	$\varpi$	0,7
Indexação salarial em relação aos preços	$\tau$	$\approx n[0,1]$
Custos de transação de exportação	$\delta$	1,25
Sensibilidade do <i>market-share</i> em relação a diferença de competitividade	$\beta$	0,0125
Elasticidade-renda da demanda por produtos do setor	$\epsilon$	0,7
Política de câmbio	$\phi$	1

Fonte: Elaborado com os dados da simulação.

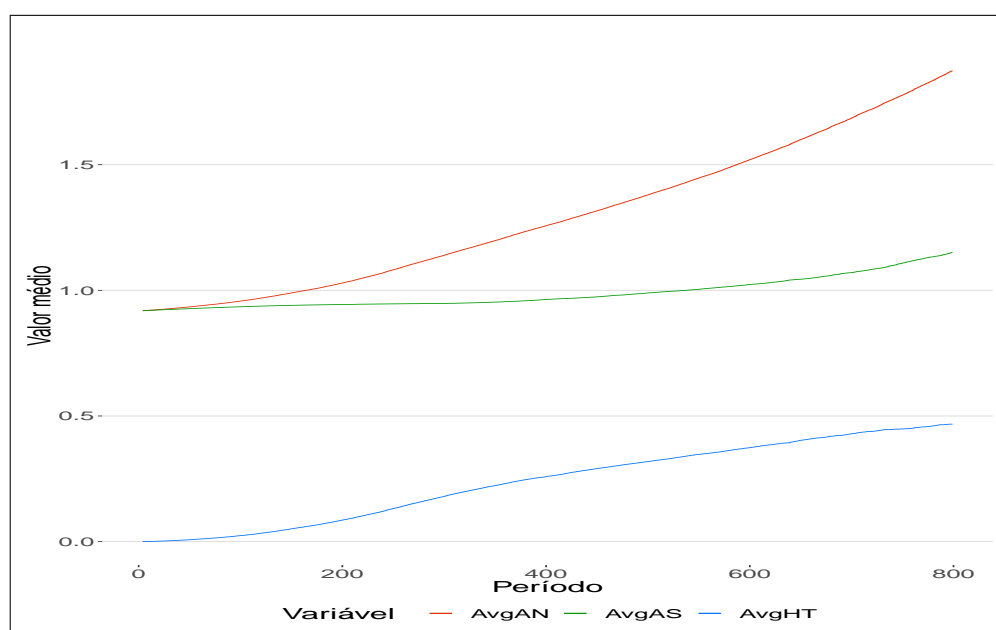
## 4.1 Cenário 1

O cenário 1 se caracteriza pela ausência de política industrial em relação a inovação e imitação, além de ausência de política de câmbio ambos por parte do país Sul. Isto implica na adoção dos valores apresentados na tabela 1 para o país Norte e, no caso do País Sul, dos seguintes valores para os parâmetros  $\theta$ ,  $\zeta$  e  $\phi$ : 0,001; 0,5 e 1 respectivamente.

Deste modo, a probabilidade de que ocorra uma inovação é menor no país Sul em relação ao país Norte. Ao ocorrer imitação, as firmas do país Sul conseguem imitar apenas 50% da tecnologia das outras empresas, sendo elas internas ou externas. As firmas do país Norte, por sua vez, conseguem imitar 85% da tecnologia de outras empresas. Esse é uma importante construção do modelo pois permite considerar a *distância tecnológica* entre as firmas dos dois países. Além disto, há ausência de política de câmbio (fixo e igual a 1 durante todo o período) – o que torna esta variável invariável em relação a influências sobre as variáveis macroeconômicas.

O objetivo deste cenário é verificar as implicações do modelo frente às condições invariáveis em termos de iniciativa radical, tanto privada quanto pública, que poderiam alterar significativamente os resultados. As condições iniciais são, propositalmente, mais favoráveis ao país Norte para que gere *insights* positivos – em termos das influências sobre variáveis macroeconômicas – que são causadas a partir das atividades no âmbito da firma e os padrões que emergem das interações entre elas em um ambiente competitivo. Deste modo, analisaremos o gráfico seguinte que representa a produtividade média do trabalho no país Norte e Sul após as simulações:

Figura 2 – Produtividade do trabalho – cenário 1



Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

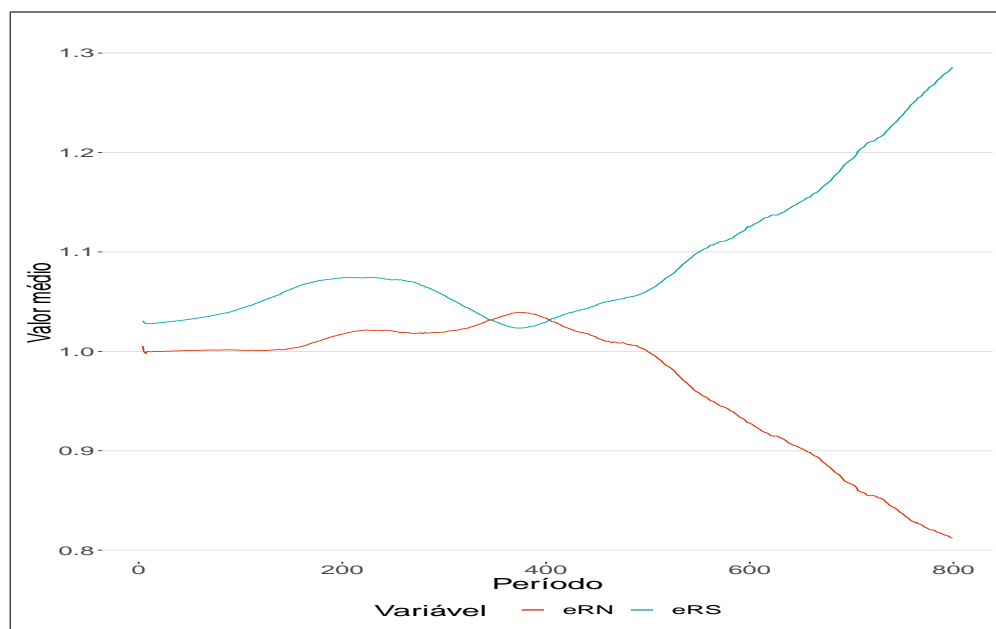
Como os parâmetros não se alteram ao longo do tempo, a simulação é gerada a partir das interações entre as dinâmicas de produtividade, salário, preços, competitividade, demanda e de câmbio. O resultado demonstra que a produtividade do trabalho do país Norte aumenta em aproximadamente 100% entre os 800 períodos considerados, passando de um valor próximo a 1 para outro próximo a 2 no fim da simulação. Esse valor pode

ser comparado ao que ocorreu nos Estados Unidos e a Alemanha entre as décadas de 1950 e 2010. O resultado é alimentado pela maior incidência de inovações e imitações na simulação e retroalimentado pelo aumento do lucro que gera maiores investimentos, contratação de mão-de-obra e conseqüentemente maior ocorrência de sucessos em P&D.

Para o país Sul os resultados não sugerem os mesmos acontecimentos. O aumento da produtividade média do trabalho foi mais tímido, resultando em um aumento de um valor que era no início da simulação pouco abaixo de 1 para um valor pouco acima de 1 entre os períodos 1 a 800. Este panorama ilustra bem os casos do Brasil e Argentina entre as décadas de 1950 e 2010. Nestes países a produtividade do trabalho aumentou a taxas muito baixas, fato este que é alimentado conforme a simulação por baixas ocorrências de inovações, imitações e retroalimentado por baixo lucro das empresas, baixo investimento, contratação de trabalhadores e menor número de casos de sucesso em P&D.

A partir do gráfico é possível perceber o surgimento de uma propriedade emergente: *Hiato tecnológico*. Esse é uma primeira constatação importante do modelo. Neste sentido, a dinâmica evolucionária de aprendizado, seleção de mercado e adaptação conduz a geração e emergência de assimetrias tecnológicas e produtivas entre as firmas, e a emergência de crescente hiato tecnológico entre as economias do Norte e do Sul.

Figura 3 – Taxa real de Câmbio – cenário 1



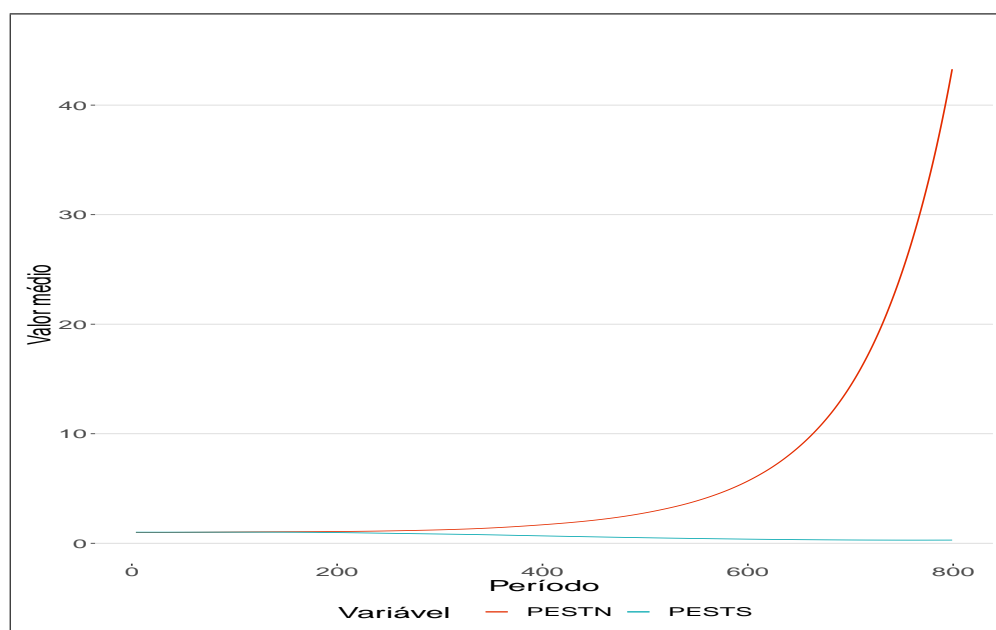
Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

O gráfico acima retrata os resultados da simulação para a taxa de câmbio real. Podemos perceber que a taxa de câmbio real permaneceu maior para o país Sul do que para o país Norte. Esses valores permaneceram relativamente estáveis até o período 400.

A partir daí iniciou-se uma trajetória de aceleração da disparidade entre as taxas dos dois países. Como a taxa de câmbio nominal foi fixa e constante ( $\phi = 1$ ), essa disparidade se acentuou pela mudança na relação entre os preços do Sul em relação ao Norte.

Essa é uma segunda propriedade emergente do modelo: surgimento de apreciação real da taxa de câmbio do país Sul e depreciação real da taxa de câmbio do país Norte. Deste modo, a competitividade do país Sul diminui a medida que os preços de seus bens tornam-se mais caros em relação aos bens estrangeiros, enquanto a competitividade do país Norte aumenta com os preços de seus produtos mais baixos em relação aos do país Sul, considerando-se a conversão dos preços na moeda externa e a taxa de câmbio constante com valor 1 neste cenário. O gráfico abaixo apresenta os resultados para o padrão de especialização do comércio internacional:

Figura 4 – Padrão de especialização do comércio internacional – cenário 1

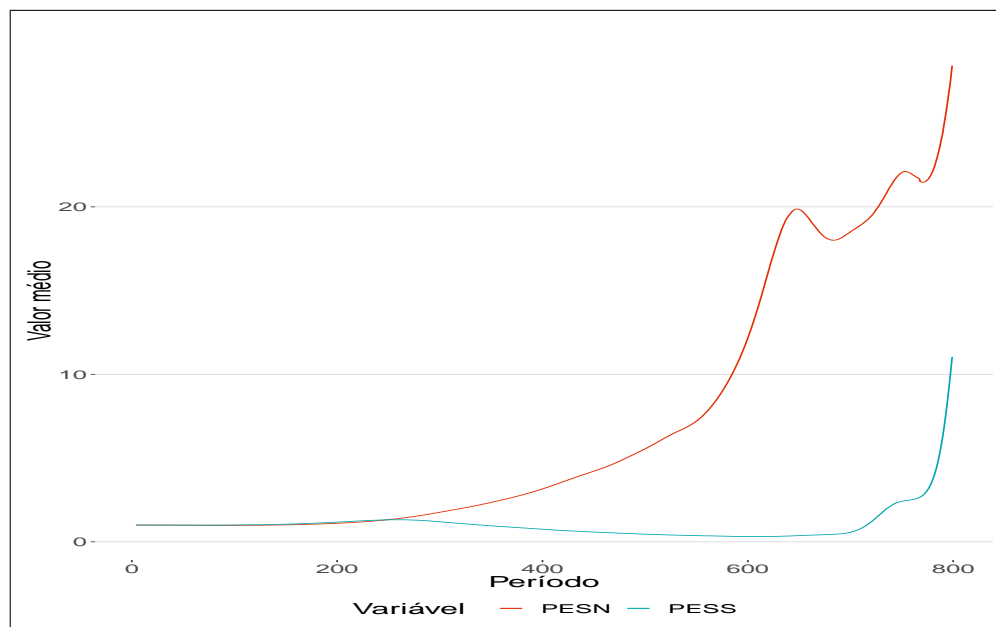


Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

É possível perceber do gráfico (4) que o padrão de especialização do comércio internacional mantém-se igual até o período 200. A partir deste período, inicia-se um descolamento do padrão de especialização do Norte em relação ao Sul, que acentua-se a partir do período 600, enquanto o padrão comercial do Sul tende a zero no final da simulação. Esses resultados indicam, conforme a equação (3.45), que o país Norte vem se especializando no comércio internacional de produtos do setor *science-based*, enquanto o Sul vem se especializando no setor *cumulative-technology*. Sendo assim, o grau de oportunidade tecnológica do país Norte é maior, favorecendo sua indústria local e fortalecendo sua economia. Essa é mais uma importante constatação do modelo: a concorrência *schumpeteriana*

tem causado emergência de especialização comercial e mudança estrutural do Norte em direção a um setor mais dinâmico. Essa constatação é reforçada pelo gráfico abaixo:

Figura 5 – Padrão de especialização setorial – cenário 1

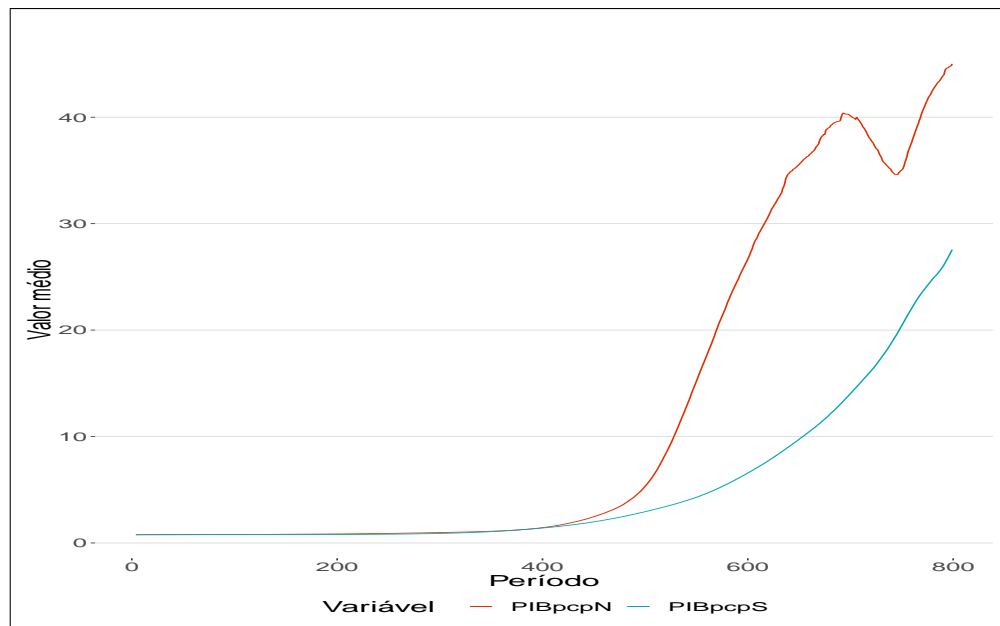


Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

O gráfico (5) apresenta o padrão de especialização dos países nos dois setores. As conclusões são as mesmas do gráfico anterior, porém, no presente gráfico, considera-se o peso da renda agregada de cada setor em relação a renda agregada setorial do país concorrente conforme equação (3.44). Deste modo, a renda agregada do Norte vem se concentrando no setor *science-based* enquanto a renda agregada do Sul no setor *cumulative-technology*.

A dinâmica da produtividade possibilita ao país Norte aumento constante da produtividade acima do país Sul. Deste modo, a dinâmica de salários resultará em maior recompensa aos trabalhadores do país Norte, por meio dos salários, e consequente aumento da renda do setor *science-based*. Esse processo resulta em mudança estrutural do Norte em direção a um setor que possui maior oportunidade tecnológica e mudança estrutural do país Sul, em um setor com menor grau de oportunidade. Existe portanto a mudança estrutural dos países e maior benefício gerado para o país Norte. O gráfico abaixo apresenta os resultados para o PIB per capita dos dois países:

Figura 6 – PIB per capita – cenário 1

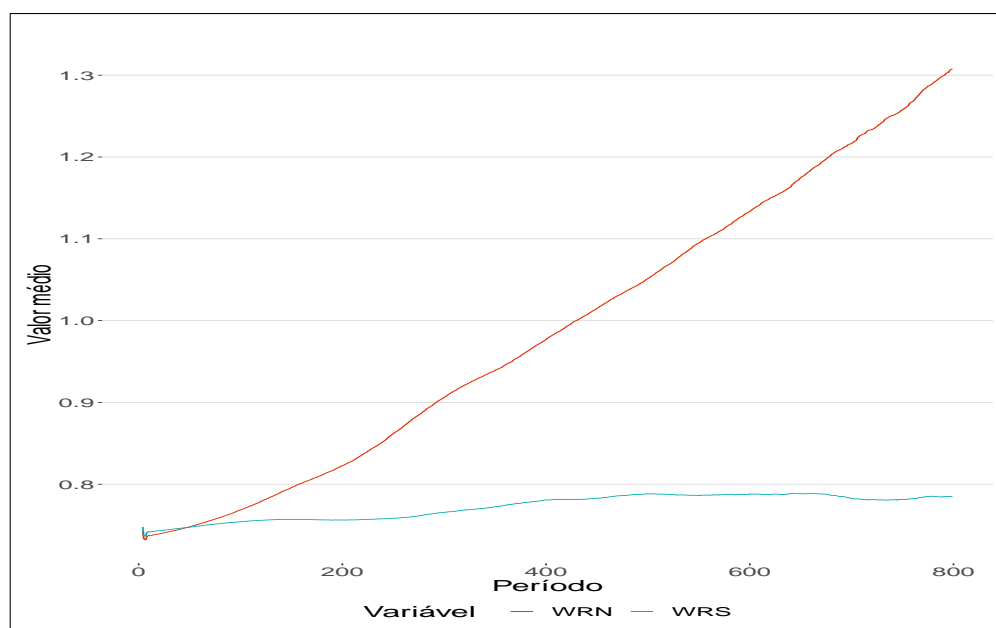


Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

A partir do gráfico (6) é possível perceber que existe divergência da renda entre os países Norte e Sul, sendo a renda do país Norte maior, a cada período, a partir do período 400. Considerando as dinâmicas presentes no modelo: produtividade, salários, preços, competitividade, demanda e câmbio, a propriedade emergente resulta nessa disparidade do produto per capita entre os países. Essa diferença entre as variáveis resulta da maior especialização do país Norte no setor mais produtivo *science-based*, que possui maiores retornos de escala produtiva, por um lado, e gera maior salário para os trabalhadores através da dinâmica de salários e consequente aumento da renda do país, por outro.

Essa é mais uma importante constatação do modelo: a competição *schumpeteriana* causa divergência econômica na ausência de políticas que busquem reduzir as diferenças tecnológicas entre os países. O próximo gráfico apresenta os resultados para o salário real dos países:

Figura 7 – Salário real – cenário 1

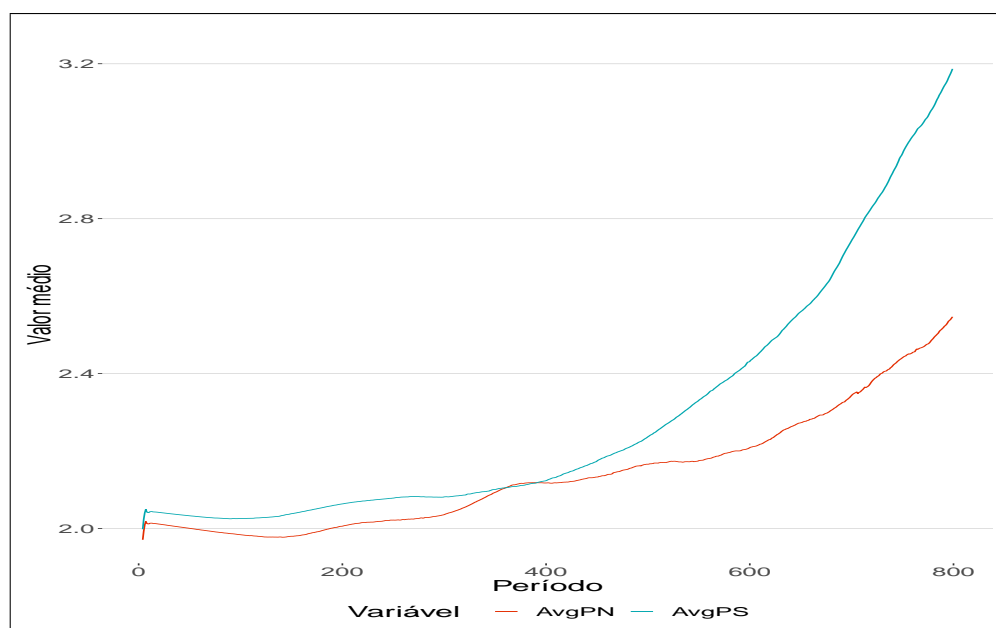


Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

A diferença dos salários reais dos países é gradativamente acentuada desde os períodos iniciais da simulação. O país Norte apresenta maior salário real comparado ao país Sul. Esses valores são maiores para o país Norte, de acordo com a dinâmica de salários, pois, a medida em que os trabalhadores do Norte se tornam mais produtivos, passam a receber um ganho a mais como prêmio pelos seus resultados. Deste modo, o salário é crescente durante o período e alimentado pelo sucesso dos trabalhadores em P&D, que agregam tecnologia tornando mais produtivos os trabalhadores envolvidos em produção do país Norte.

Embora o aumento do salário real possa indicar o aumento do salário nominal, esse ajuste pode não ocorrer perfeitamente visto que o país Norte possui, gradativamente, preços mais baixos que o Sul (o que será visto no próximo gráfico), causado por sua maior competitividade no mercado. O ajuste dos salários à produtividade pode não ocorrer de forma integral no modelo, porém ocorre bem próximo entre eles. Esse fato pode ser visto comparando o gráfico 2 com o presente gráfico. Percebemos que enquanto a produtividade do trabalho praticamente dobra no país Norte (de um valor próximo a 1 para um valor próximo a 2), o salário também praticamente dobra durante os 800 períodos passando de um valor 0.7 a 1.3. Novamente a competição via aumento da tecnologia, gera mais uma propriedade: divergência no salário real do Norte em relação ao Sul. Finalmente analisaremos o próximo gráfico referente a dinâmica de preços:

Figura 8 – Preços médios – cenário 1



Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

Os preços, como já adiantado anteriormente, foram divergentes na maior parte do período. Apenas no período 400 houve uma redução dessa divergência, porém, a partir do mencionado período, a divergência se acentua até o fim da simulação. O aumento de preço ocorre para os dois países, mas de forma mais acentuada para o país Sul. A competição *schumpeteriana* conduz a emergência de mais um padrão: a dinâmica de preços conduz a uma inflação maior na economia do Sul e conseqüente perda de competitividade deste país frente ao Norte. Considerando que o câmbio nominal foi mantido constante, podemos deduzir que o aumento da produção física restrita pelo trabalho suavizou o aumento de preços do país Norte, ao mesmo tempo em que a dinâmica da competitividade – representada pelo *market-share* – realimentou durante a simulação o aumento do *mark-up*, que resulta no aumento dos preços.

De acordo com Dosi, Roventini e Russo (2017), em um ciclo virtuoso<sup>2</sup> no nível microeconômico da firma, um aumento da produtividade, quando não for compensada por aumento dos salários ou por uma apreciação da taxa de câmbio, aumenta a competitividade preço da firma resultando em maior demanda e número de vendas. Em um terceiro estágio, um aumento das vendas resulta em aumento dos gastos em P&D que novamente impulsiona a produtividade.

No presente cenário, o aumento da produtividade das firmas do Norte foi acompa-

<sup>2</sup> O autor considera como ciclo virtuoso eventos cumulativos positivos no ambiente da firma, que sobrevivem a agregação macroeconômica, afetando variáveis como saldo global do comércio e crescimento do PIB e, retornam a aumentar a probabilidade destes eventos cumulativos no nível microeconômico.



nhado pelo crescimento do salário real. Porém este fato não reduziu a competitividade das firmas do Norte, visto que seus preços aumentaram menos que os do país Sul. Isso permite a empresa ter um lucro maior e que, segundo a equação (3.3) é revertido integralmente em novo investimento em P&D, possibilitando o aumento da produtividade. Deste modo concluímos que o país Norte – devido a competição *schumpeteriana* – encontra-se em um ciclo virtuoso que conduzirá a divergência permanente em relação ao país Sul. O país Sul, de modo análogo, encontra-se em um ciclo vicioso que não pode ser rompido sem uma política industrial ou cambial ativa que veremos nos próximos cenários.

### 4.1.1 Conclusão

Este primeiro cenário mostra que a dinâmica evolucionária de aprendizado e seleção de mercado implica em:

- Surgimento de hiato tecnológico;
- Surgimento de apreciação real da taxa de câmbio do Sul e depreciação do Norte;
- Emergência de especialização comercial do Norte no setor *science-based* e do Sul em *technology-cumulative*;
- Mudança estrutural na economia do Norte em direção ao setor *science-based* e do Sul em direção ao setor *technology-cumulative*;
- Divergência econômica entre os países, com o PIB per capita maior no país Norte;
- Divergência no salário real dos países, com o salário maior no país Norte;
- Preços maiores do Sul em relação ao Norte;

Essas disparidades geram um ciclo virtuoso no país Norte e ciclo vicioso no país Sul que só tende a aumentar as disparidades entre os países. Em suma, divergência tecnológica e econômica é a regra em um ambiente evolucionário no nível micro, meso e macro. Isto implica a relevância de políticas industriais ativas.

## 4.2 Cenário 2

No cenário anterior analisamos os resultados do modelo na ausência de políticas industriais e de câmbio dentro, apenas permitindo que as dinâmicas internas de produtividade, salários, preços, competitividade, demanda e câmbio agissem livremente para determinar os padrões emergentes. Os resultados levaram a divergência tecnológica e econômica. Deste modo o modelo permite analisar os casos de Brasil e Argentina com os Estados Unidos e Alemanha.

No cenário 2, adotaremos como comparação as decisões estratégicas de Coreia do Sul e China, em âmbito de políticas industriais e cambiais, para visualizarmos os resultados do modelo e sua compatibilidade com o caso real. As experiências de Coreia do Sul e China evidenciam a importância da política planejada do governo e dos entes privados, na promoção de medidas de estímulo industrial em direção à construção de complexidade da pauta exportadora.

Segundo Gala (2017, p. 74) uma intervenção do Estado na Coreia do Sul ocorreu na década de 1980 para evitar a apreciação excessiva da sua moeda (Won) frente ao dólar. Para Lima (2017, p. 625-628), a década de 1980 continuou com as políticas do governo Coreano de proteção de algumas indústrias estratégicas e adoção de políticas de financiamento por meio dos principais bancos coreanos da época. Esta década continua com o 5º plano quinquenal<sup>3</sup> que avançou para a abertura comercial em um cenário onde os planos anteriores já haviam consolidado as indústrias nacionais, zerado o déficit externo e permitido a transformação estrutural da economia. A partir disto, a abertura comercial possibilitou o ganho de novos mercados e a intensificação das indústrias de alta tecnologia. Sendo assim, a década de 1980 permitiu um aumento de ganho de mercado externo por setores de alta tecnologia, com o governo dedicando atenção a atividades de P&D por meio de estímulos e incentivos destas atividades.

No caso da China, a intensa intervenção governamental é característica normal para o regime político que é adotado no país. É interessante notar os produtos que são produzidos e que compõe sua pauta exportadora que, segundo Rodrik (2006, p. 23), são associados a um nível de produtividade muito superior ao de um país com o nível de renda da China. Ainda segundo o autor se o país tivesse, de acordo com a teoria das vantagens comparativas, se especializado em produtos intensivos em mão-de-obra, o padrão de produção e exportação seria muito diferente. Porém, as políticas industriais do governo proporcionaram a especialização na produção e exportação de bens eletrônicos e outros produtos avançados e intensivos em tecnologia. O autor segue defendendo que o governo chinês está mais preocupado em exportar produtos com maior qualidade – que demandam maior tecnologia agregada – do que com o volume de importações. Tudo isto faz parte do plano estratégico chinês que visa avançar em políticas industriais que proporcionem maior avanço tecnológico.

O presente cenário busca romper com a tendência de distanciamento dos países Norte e Sul que se apresentou no primeiro cenário. Deste modo serão utilizados no cenário 2 de:

1. Política de inovação pelo país Sul, que resulta da adequação do valor do parâmetro

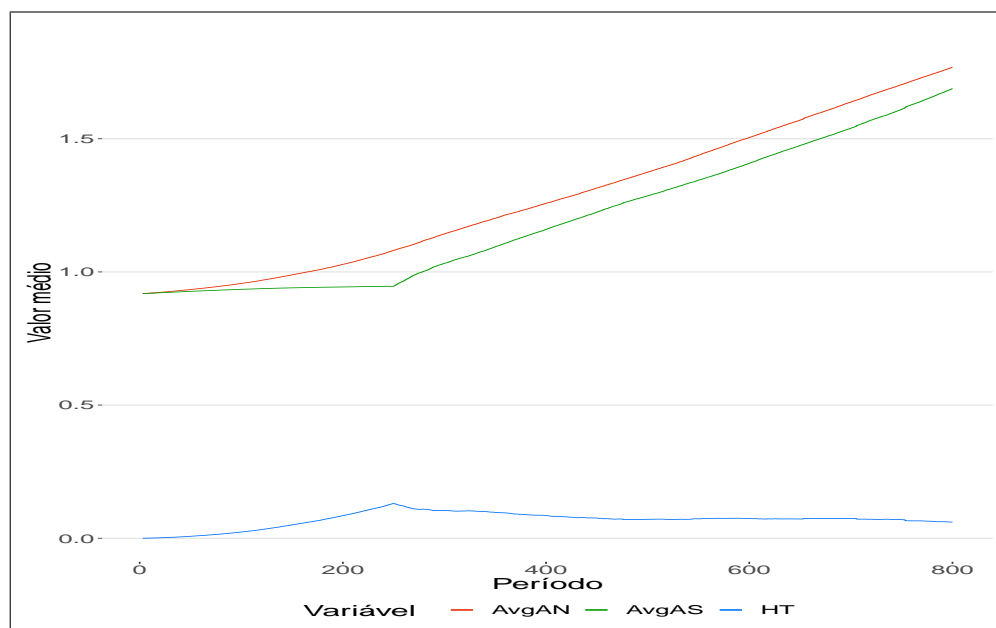
<sup>3</sup> Foram medidas dirigidas e executadas pelo Estado desde a década de 1960, iniciando com a substituição de importações e proteção de áreas industriais estratégicas e, ao mesmo tempo, alavancando o investimento visando crescimento econômico e a transformação estrutural do país (LIMA, 2017, p. 597).

$\theta$  que passa a sofrer alteração do seu valor, a partir do período 250, para 0,05, aumentando assim a probabilidade de que ocorra uma inovação no país Sul.

2. Política de imitação do país Sul que, através da mudança do valor do parâmetro  $\zeta$  para 0,75, a partir do período 250, que proporciona à firma maior capacidade de imitação de tecnologias de outras firma reduzindo, assim, a distância tecnológica entre os países Norte e Sul.
3. Política cambial pelo país Sul, que torna o câmbio nominal mais depreciado a partir do período 250 pela alteração do valor de  $\phi$  para 1,075.

Os resultados são apresentados abaixo começando pela produtividade do trabalho do cenário 2:

Figura 9 – Produtividade do trabalho – cenário 2



Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

O primeiro resultado deste cenário mostra que existe uma redução do hiato tecnológico a partir da implementação da política industrial no período 250. Antes deste período a tendência da dinâmica de produtividade produzir distanciamento tecnológico continua a ocorrer. Com a reação do país Sul, proporcionada por sua política industrial, essa trajetória é reduzida e inicia-se um período de convergência tecnológica gradativa e isto resulta na redução do hiato tecnológico.

Em nossa analogia com os países China-Coreia do Sul e Brasil-Argentina, vemos que o modelo se ajusta bem aos resultados do gráfico 1. Neste gráfico, a Coreia do Sul ultrapassa o Brasil em termos de produtividade no fim da década de 1980 e a Argentina

no fim da década de 1990. A China, por sua vez, converge sua produtividade em relação ao Brasil no ano de 2018. Deste modo, emerge outro padrão do modelo: as políticas de inovação e imitação contribuem significativamente para a convergência tecnológica entre os países ao possibilitar, via concorrência *schumpeteriana*, maiores condições tecnológicas para o país Sul e, por outro lado, a política cambial também atua para reduzir essas disparidades pela influência sobre a dinâmica de competitividade das firmas, e pela dinâmica de demanda que proporciona maiores investimento em P&D pelas firmas do país Sul. O gráfico abaixo mostra se houve efeito positivo da taxa de câmbio nominal sobre a real:

Figura 10 – Taxa real de câmbio – cenário 2

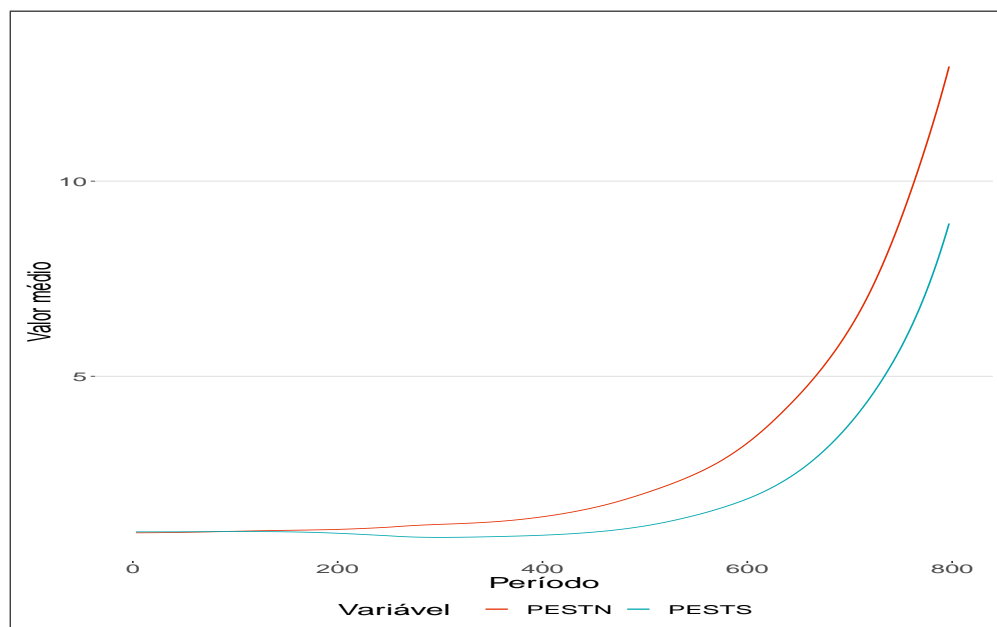


Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

Os resultados da simulação demonstram que a taxa de câmbio real do país Sul acaba por apreciar ainda mais rapidamente a partir do período 250, enquanto há uma depreciação da taxa de câmbio do país Norte. Porém, no final da simulação, o resultado demonstra que houve uma apreciação real menor comparado ao gráfico 3. A taxa de câmbio real do país Sul passou de 1.3, no primeiro cenário, para um valor próximo a 1.1 no período 800. Para o país Norte houve, no final da simulação uma depreciação da taxa de câmbio real para um valor próximo a 1, enquanto no cenário 1 esse valor foi próximo a 0.8. Como houve inicialmente uma depreciação da taxa de câmbio nominal, a taxa real de câmbio diminui a depreciação pela suavização do efeito causada pela diminuição dos preços do país Sul (como se verá no gráfico 15). Essa diminuição de preços iniciou-se pela dinâmica da produtividade que aumentou a produção física restrita pelo trabalho, reduzindo os preços das firmas do Sul e, através da dinâmica de preços, amorteceu os efeitos do câmbio nominal sobre a dinâmica de câmbio real. Espera-se, deste modo, um

leve aumento da competitividade do país em razão da apreciação da taxa de câmbio real ter sido mais acelerada em comparação com o cenário 1. O gráfico abaixo apresenta o padrão de especialização comercial dos países:

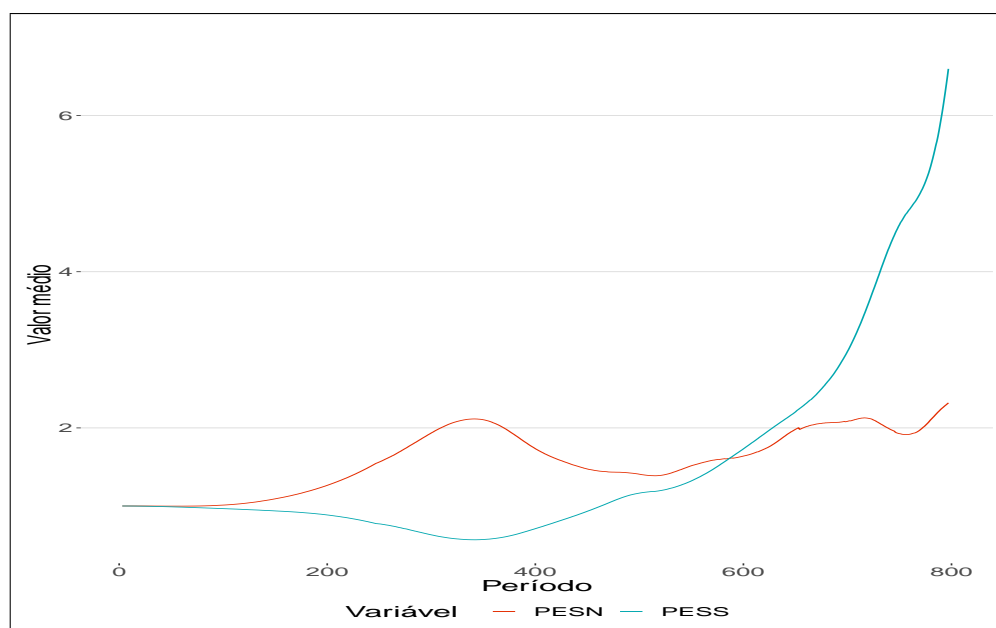
Figura 11 – Padrão de especialização do comércio internacional – cenário 2



Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

O gráfico acima apresenta uma evolução do padrão de especialização do país Sul em direção ao comércio de bens do setor *science-based*, comparado ao que ocorreu no gráfico 4. Deste modo o país Sul conseguiu direcionar, através das políticas industriais e cambial, sua pauta exportadora em direção do comércio destes produtos do setor, o que possibilita maiores ganhos de produtividade para o país. Essa é uma importante implicação do modelo: a competição *schumpeteriana* conduziu, após as políticas adotadas, em melhorias tecnológicas dos bens transacionados entre o país Sul e Norte. O gráfico abaixo apresenta os resultados para o padrão de especialização setorial:

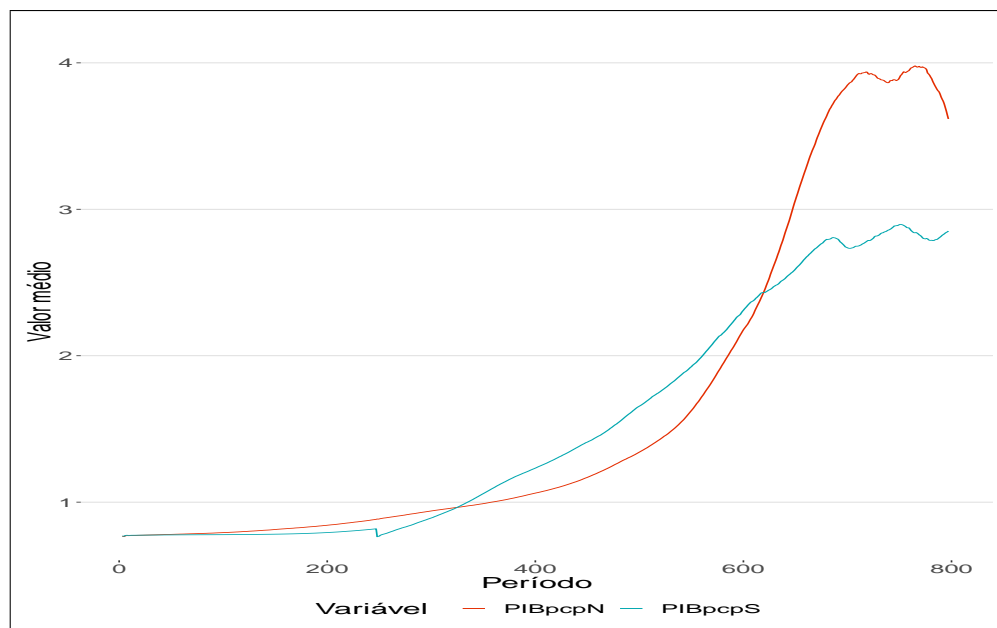
Figura 12 – Padrão de especialização setorial – cenário 2



Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

O gráfico apresenta um resultado surpreendente sobre as consequências das políticas industriais e cambial adotadas pelo país Sul: ocorreu mudança estrutural do país a partir do período 250, deslocando o peso da renda do setor *cumulative-technology* para o setor *science-based*. Quanto ao país Norte, ocorre o deslocamento no mesmo sentido, porém com menor intensidade. Esse fato é semelhante ao que ocorreu na China onde produtos intensivos em mão-de-obra perderam o seu peso relativo para produtos intensivos em tecnologia. O presente gráfico pode ser explicado a partir do ganho de produtividade captado pelo país Sul, no gráfico 9, com redução do hiato tecnológico. A seguir temos os resultados para o PIB per capita:

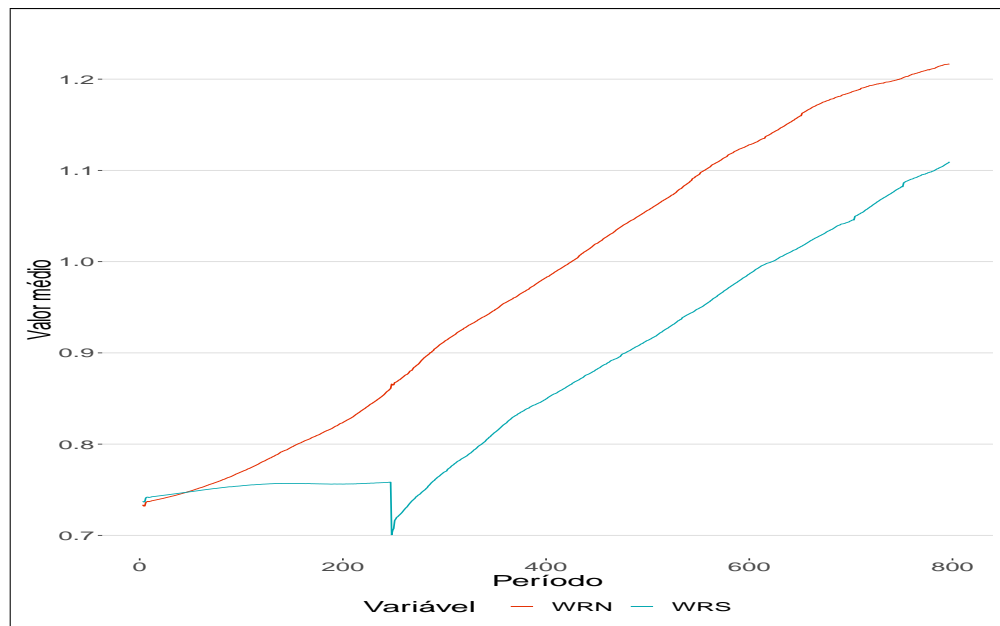
Figura 13 – PIB per capita – cenário 2



Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

O gráfico apresenta uma redução da diferença entre o PIB per capita entre os países, passando de um valor próximo a 15 (gráfico 6) para um valor em torno de 1 no fim da simulação. Porém o PIB per capita sofreu grande redução para ambos os países, passando de valores decimais para unitários entre os gráficos. Podemos perceber, no entanto, uma certa convergência entre os PIBs per capita entre os países, o que é um resultado importante do modelo: as políticas industriais e cambial favoreceram a convergência dos produtos internos brutos per capita reais entre os países. Apresentamos abaixo os resultados para o salário real:

Figura 14 – Salário real – cenário 2

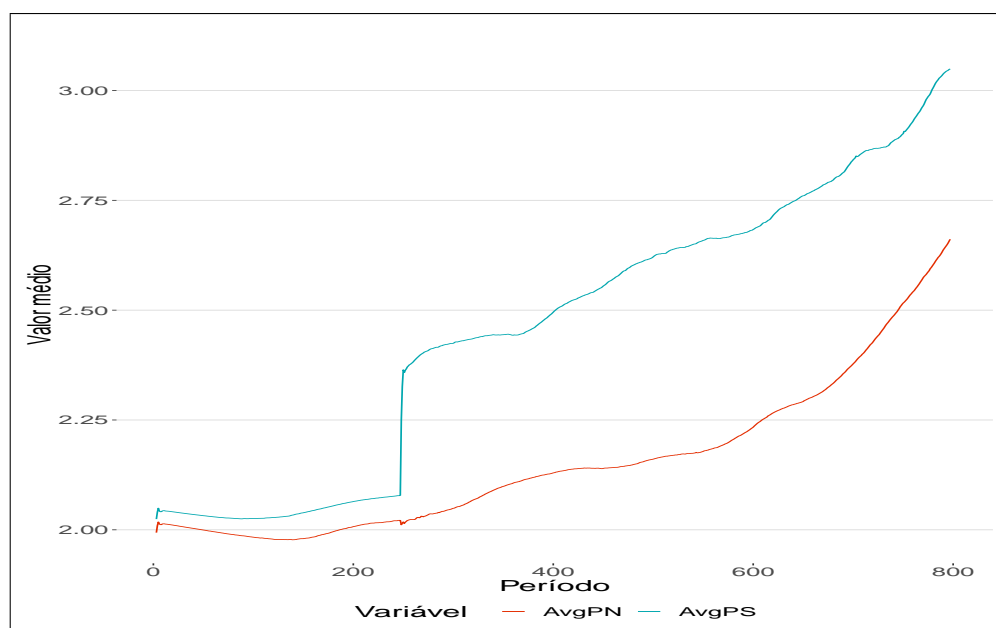


Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

O gráfico acima trás novas evidências positivas. A renda ou salário real do país Norte continua a aumentar da mesma forma que no gráfico 7. Os valores finais ficaram próximos a 1.3 no gráfico 7 e 1.2 no gráfico atual. Diferentemente do país Norte, a renda do país Sul aumentou consideravelmente passando de um valor próximo a 0.8 no gráfico 7 para um valor em torno de 1.1. Deste modo houve uma tendência a convergência da renda entre os dois países (embora não sejam valores iguais), o que demonstra a eficácia das políticas industriais e cambial no país Sul. O aumento da produtividade adquirida pelo país Sul elevou os salários dos seus trabalhadores. Podemos então perceber outro resultado importante: a política de inovação, imitação e cambial do país Sul gerou uma tendência a convergência da renda entre os países. Abaixo segue o gráfico para os preços médios:



Figura 15 – Preços médios – cenário 2



Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

Este último resultado do cenário 2 mostra uma pequena diminuição dos preços do país Sul comparado com o gráfico 8, passando de um preço de 3.2 para um preço próximo a 3. Os preços do Norte, todavia, sofreram um pequeno aumento, passando de 2.5 para um valor próximo a 2.7 no presente gráfico. Embora em termos numéricos os valores não foram tão altos, a inclinação da curva de preços no gráfico 8 era maior do que a inclinação da curva presente para o país Sul e, em contrapartida, a inclinação da curva de preços do país Norte passou a ser maior. Constatamos, assim, que os preços estão aos poucos convergindo para o mesmo nível no longo prazo. Desta maneira temos mais uma importante propriedade emergente: as políticas industriais e cambial conduziram a uma tendência a convergência no nível de preços dos dois países.

#### 4.2.1 Conclusão

Este cenário foi responsável pela inclusão de políticas industriais de inovação e imitação pelo país Sul, além de uma política de apreciação cambial. Os resultados geraram algumas propriedades importantes no âmbito macroeconômico:

- Houve redução do hiato tecnológico a partir da implementação das políticas no período 250. Deste modo houve um aumento da produtividade do país Sul.
- Houve uma leve convergência da taxa de câmbio real entre os países a partir das políticas adotadas;

- A partir das políticas adotadas, houve uma maior especialização do país Sul em produtos *science-based* no comércio internacional, comparado ao cenário 1;
- Ocorreu mudança estrutural pelo país Sul em direção a uma maior renda gerada pelo setor *science-based*;
- Houve uma significativa redução da diferença dos PIBs per capita dos países;
- Houve uma tendência a convergência da renda entre os dois países;
- Por fim, os preços tendem a convergir no longo prazo;

### 4.3 Cenário 3

O cenário 3 aproxima-se mais das políticas adotadas pelos países Brasil e Argentina durante algumas décadas. Do gráfico 1 é possível perceber que a inclinação da curva de produtividade tanto para o Brasil quanto para a Argentina era maior entre a década de 1950 e a década de 1980. Após este período, embora houve aumento da produtividade, isso se deu de forma mais lento do que havia ocorrido no período anterior a 1980. Podemos então distinguir dois períodos de políticas industriais para as economias de Brasil e Argentina antes de analisar o contexto histórico:

1. Período entre 1950 e 1980 de crescimento acelerado da produtividade do trabalho;
2. Período entre 1980 e 2018 de crescimento lento da produtividade do trabalho;

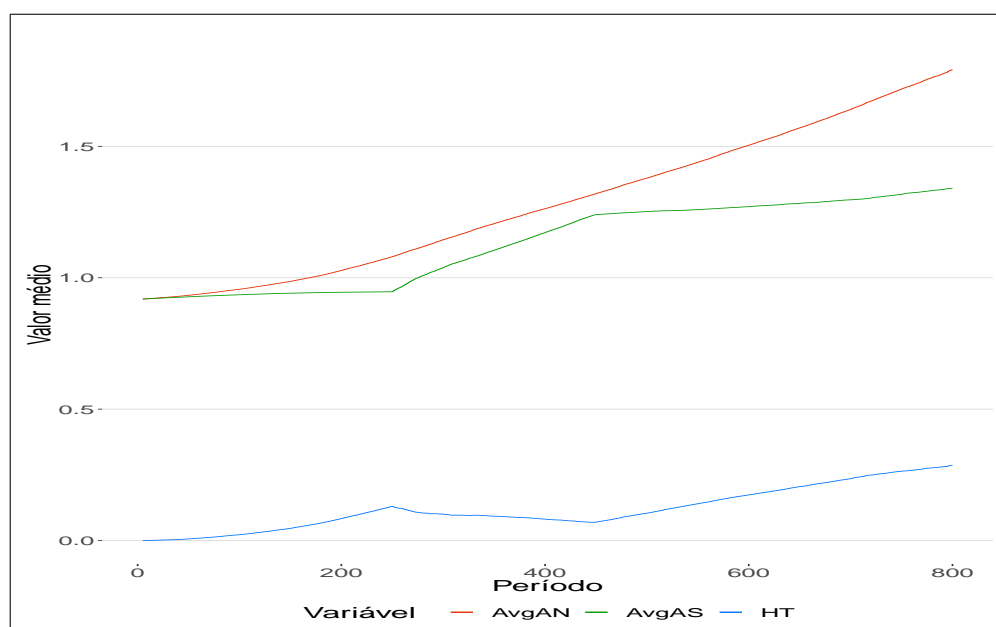
Na Argentina iniciou-se um período de abandono das políticas industrializantes, de substituição de importações e de promoção das exportações a partir do golpe de 1976. Desta forma, a mudança de pensamento em direção a uma agenda liberal foi acelerada culminando no abandono de políticas industriais e, assim como no Brasil, houve a abertura comercial na década de 1990 na era do "Consenso de Washington", quando políticas pró-mercado ocuparam a agenda dos dois países (CIMOLI; PEREIMA; PORCILE, 2018, p. 9).

No Brasil o mesmo "abandono" ocorreu. O alto endividamento do país na década de 1980 retirou o espaço fiscal necessário para continuar o fortalecimento da indústria nacional. Desta forma, quando ocorreu a abertura comercial na década de 1990, o país não dispunha de uma indústria fortalecida e competitiva frente ao setor externo. Desde então o país sofre com a perda da participação da Indústria no valor agregado gerado pela economia, processo esse conhecido por *desindustrialização*. Segundo Oreiro e Feijo (2010, p. 231) existem evidências conclusivas a respeito do fenômeno *desindustrialização* entre 1986-1998. As medidas adotadas pelo país a partir do fim da década de 1990 no conhecido

*tripé macroeconômico*<sup>4</sup>, teriam favorecido a apreciação cambial devido a grande atividade exportadora de *comodities*, dificultando o aumento da produtividade do país causada pela perda da importância setorial da Indústria.

O cenário 3 que será analisado nesta seção tenta captar os efeitos de um abandono das políticas industriais pelos países. Para tanto, os parâmetros de política de inovação, imitação e cambial serão alterados inicialmente no período 250 e voltarão aos seus valores iniciais no período 450. Inicialmente os valores serão:  $\theta = 0,001$ ,  $\zeta = 0,5$  e  $\phi = 1$ . Entre o período 250 e 450 os parâmetros serão alterados para:  $\theta = 0,05$ ,  $\zeta = 0,75$  e  $\phi = 1,075$ . O gráfico a seguir apresenta os resultados para a produtividade do trabalho:

Figura 16 – Produtividade do trabalho – cenário 3



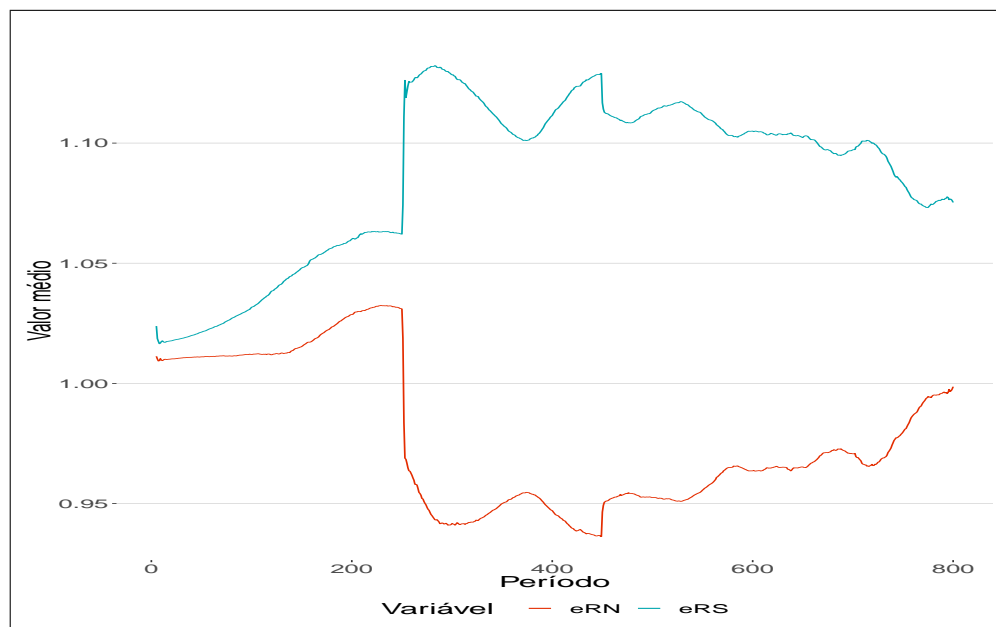
Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

Do gráfico acima percebemos que do período 0 até o período 250, quando não há políticas de inovação, imitação e cambial, houve um aumento do hiato tecnológico entre os países Norte e Sul. A produtividade do país Norte aumentou consideravelmente enquanto a produtividade do país Sul teve um aumento irrisório. Esse panorama incentiva a adoção, pelo país Sul, de políticas industriais que removam o crescente distanciamento em relação ao país Norte. Isto ocorre a partir do período 250. Neste período o hiato tecnológico diminui com as alterações das políticas de inovação, imitação e desvalorização da taxa de câmbio pelo país Sul. Porém, a partir do período 450 houve um *abandono* pelo país Sul de suas políticas industriais implementadas no período anterior, o que novamente aumentou a diferença de produtividade entre os países. Isto ocorreu no Brasil e Argentina a partir

<sup>4</sup> Superávit primário, câmbio flutuante e metas de inflação.

de meados dos anos 1980 até os dias atuais pela falta de fortalecimento do setor industrial. O gráfico abaixo apresenta os resultados para a taxa real de câmbio:

Figura 17 – Taxa real de câmbio – cenário 3

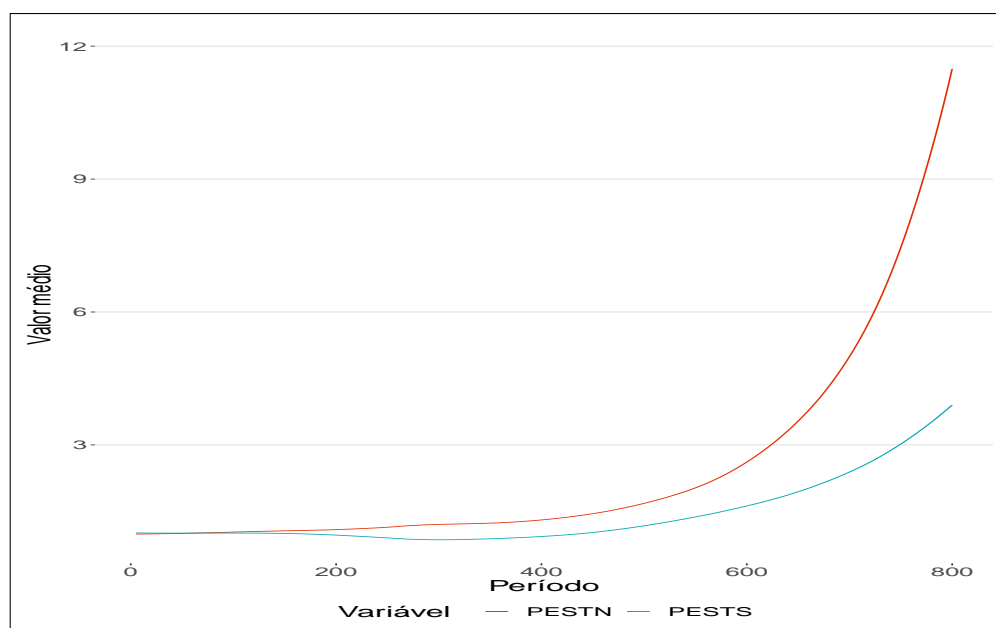


Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

Inicialmente a economia dos dois países passam por uma valorização de sua taxa real de câmbio. A partir das políticas implementadas no período 250 inicia-se um período de valorização real da taxa de câmbio no país Sul acima de 1.10. Esse valor resulta da desvalorização nominal do câmbio adotada pelo país e do aumento dos preços relativos do Sul em relação ao Norte. A desvalorização torna a indústria do país Sul mais competitiva por meio da dinâmica cambial, que afeta as dinâmicas de competitividade e de demanda. Ao mesmo tempo o país Norte sofre uma desvalorização de sua moeda para um valor abaixo de 0.95. Quando ocorre o abandono das medidas adotadas pelo país Sul, inicia-se uma tendência a convergência das taxas reais de câmbio dos dois países com uma desvalorização cambial do país Sul e uma valorização cambial do país Norte.

Estes resultados são condizem com os acontecimentos relativos ao Brasil e Argentina, a partir da contração das atividades de apoio e suporte à indústria que os países experimentaram após a década de 1980 e principalmente após a abertura comercial. O câmbio nos anos 2000 foi apreciado nos dois países pelo aumento da exportação de *comodities*, o que resultou em uma especialização setorial dos países em recursos naturais e enfraquecimento da indústria (CIMOLI; PEREIMA; PORCILE, 2018, p. 9). Analisaremos abaixo o padrão de especialização do comércio internacional:

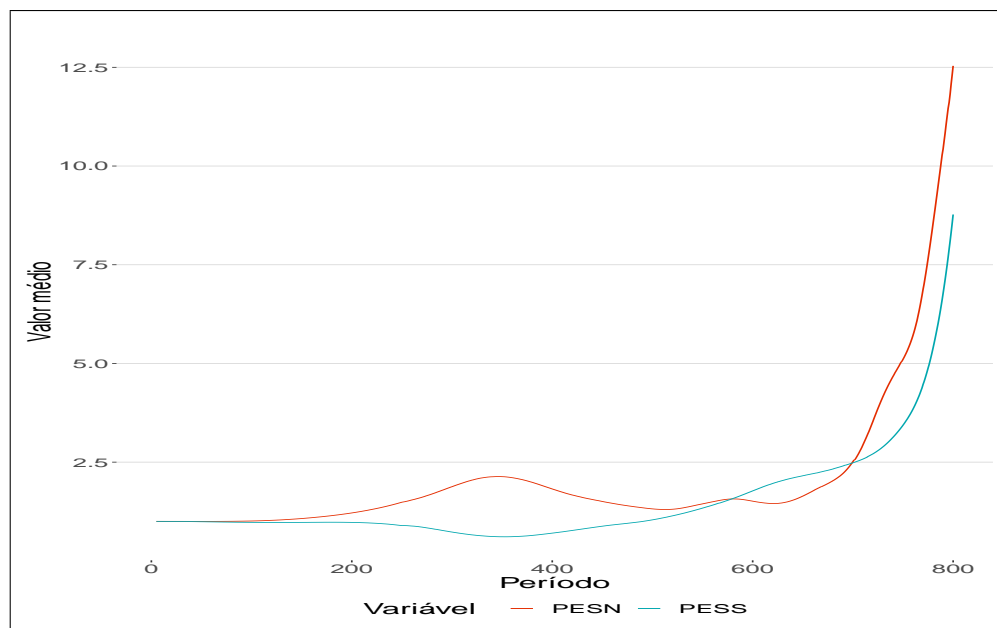
Figura 18 – Padrão de especialização do comércio internacional – cenário 3



Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

O gráfico apresenta um padrão de especialização maior dos dois países no comércio internacional de produtos *science-based*. No período 0-250 temos um leve distanciamento entre os dois países. A partir da adoção de políticas pelo país Sul inicia-se um período de leve recuperação do país em relação ao país Norte. Neste período houve um pequeno aumento da especialização do país Norte em produtos *science-based*. Do período 450 até o fim da simulação inicia-se um período de abandono do país Sul das políticas adotadas no período 250, com isso inicia-se um distanciamento entre os países em relação ao padrão de especialização comercial, com o país Norte se especializando muito mais no setor *science-based* do que o país Sul. O mesmo ocorreu com os países Brasil e Argentina que fortaleceram suas atividades ligadas a exportação de bens primários, passando a importar produtos com maior valor agregado nos anos recentes. Este é mais um resultado interessante: a concorrência *schumpeteriana*, no abandono de políticas industriais especializa os países no comércio internacional em distintos setores de atividades industriais.

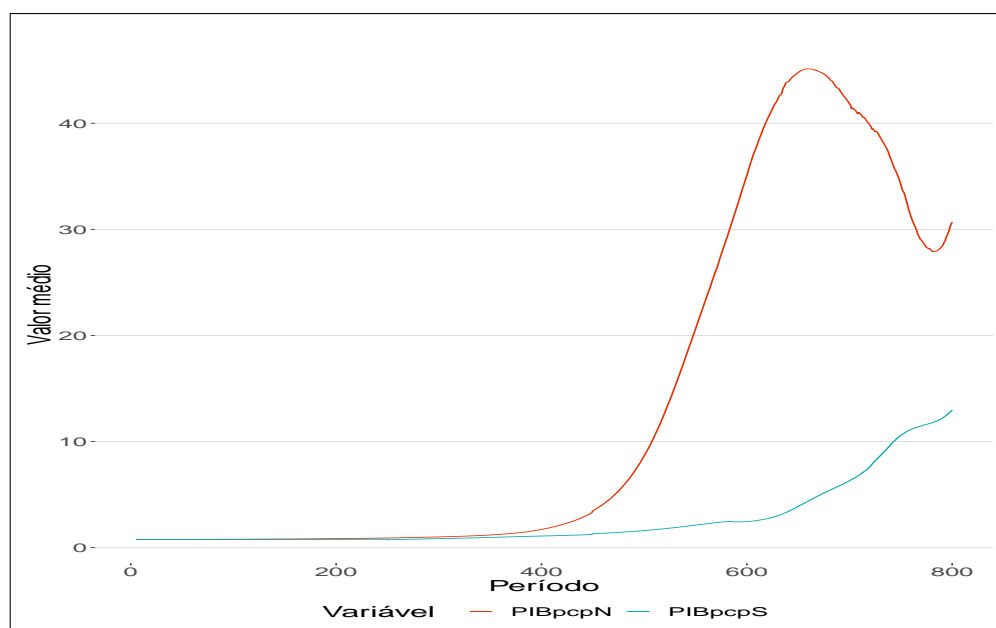
Figura 19 – Padrão de especialização setorial – cenário 3



Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

O gráfico acima demonstra que o período inicial, onde não havia políticas industriais pelo país Sul, foi marcado por aumento gradativo do distanciamento dos países em relação às suas estruturas setoriais. Esse fato foi corrigido levemente a partir do período 250 com a adoção das políticas de inovação, imitação e cambial, gerando uma tendência a convergência entre os países em direção a renda gerada dos países no setor *science-based*. Quando houve o abandono das políticas no período 450, novamente inicia-se de maneira gradativa o distanciamento do país Norte na mudança estrutural de sua economia. As políticas industriais pelo país Sul, entretanto, foram suficientes para sustentar sua mudança estrutural em direção ao setor *science-based* do período 450 até o fim da simulação. Esse fato "pode" ter sido alimentado pela mudança de comportamento da demanda que impulsionou a produção do setor *science-based* nos dois países.

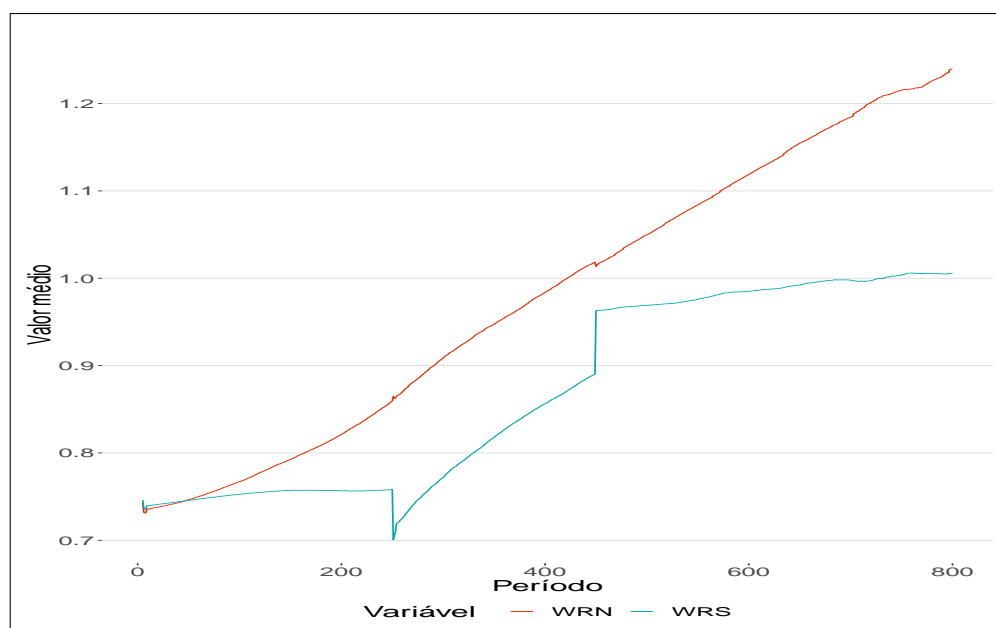
Figura 20 – PIB per capita – cenário 3



Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

O gráfico acima demonstra que durante a adoção das medidas não houve significativo aumento do PIB per capita pelo país Sul. A partir do abandono das políticas inicia-se um aumento gradativo do PIB per capita. Várias podem ter sido as causas destes resultados, mas o que depende-se da equação (3.51) é que houve equilíbrio entre o PIB gerado pelos trabalhadores no período 250-450 e a quantidade empregada de trabalhadores no país Sul. Apresentamos no gráfico abaixo o salário real:

Figura 21 – Salário real – cenário 3

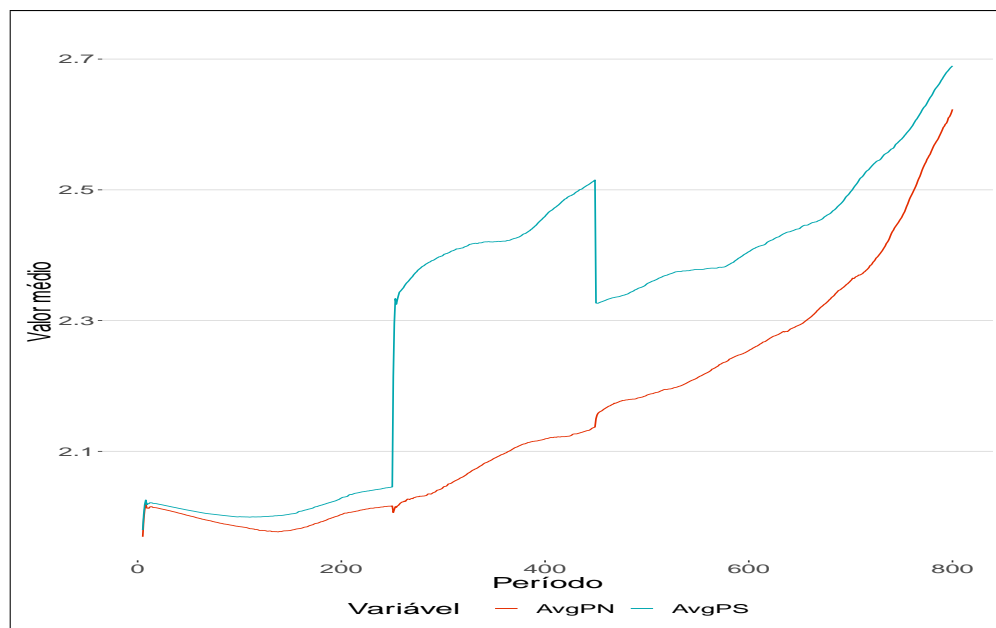


Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

O gráfico apresenta resultados importantes que apoiam a adoção de políticas industriais como meio de recuperação dos países atrasados. A inclinação da curva de salário real ilustra bem o comportamento da renda dos trabalhadores nos 3 períodos analisados. Do período 0-250 inicia-se uma trajetória de divergência dos salários entre os países. A partir da adoção de medidas pelo país Sul inicia-se um período de recuperação deste em relação a renda do país Norte. Os salários reais do país Sul crescem à uma velocidade superior aos salários reais do Norte, o que poderia gerar no longo prazo uma convergência entre os salários reais dos dois países. A partir do abandono das políticas pelo país Sul no período 450, a divergência das rendas voltam a serem acentuadas. Esse é mais um resultado importante da simulação: a adoção de políticas industriais possibilitam a convergência dos salários entre os países e seu consequente abandono possibilita a divergência. O gráfico abaixo apresenta os resultados para os preços médios da economia:



Figura 22 – Preços médios – cenário 3



Fonte: Elaborado pelo autor com os resultados da simulação

O gráfico acima ilustra o comportamento dos preços médios dos países iniciando com uma pequena diferença entre seus preços. A partir da adoção de políticas pelo país Sul, a diferença entre os preços aumenta com o país apresentando preços mais altos em comparação ao período. Essa diferença começa a diminuir com o abandono das políticas pelo país Sul após o período 450 e tende a convergência dos preços no fim da simulação.

#### 4.3.1 Conclusão

A adoção de políticas com a intenção de superar o atraso tecnológico e econômico do país e seu posterior abandono, possibilitam alguns fatos dentro de um modelo de concorrência *schumpeteriana*:

- A implementação de políticas possibilita a redução do hiato tecnológico e seu abandono o aumento do hiato tecnológico;
- A partir do abandono das políticas industriais houve uma depreciação cambial do país Sul;
- O abandono das políticas cambiais não foram suficientes para reduzir a especialização do país Sul em produtos *science-based*, embora o país Norte tenha acentuado, de forma mais elevada que o Sul, sua especialização comercial no setor *science-based*;

- 
- As políticas conduziram ao aumento da renda do setor *science-based*, o que iniciou um processo de convergência e mudança estrutural no país Sul, e que se sustentou, mesmo com o abandono de políticas industriais pelo país;
  - A adoção de políticas industriais tendem a convergir a renda gerada pelos salários reais, enquanto sua inexistência ou mesmo abandono, tendem à divergência;

## Capítulo 5

# Considerações Finais

O presente trabalho buscou analisar as implicações que ocorrem a partir das decisões microeconômicas no âmbito das firmas sob competição *schumpeteriana*. Sob a percepção da corrente de pensamento da economia evolucionária, foram construídos os *microfundamentos*, que constituem as regras às quais os agentes agem e se adaptam ao ambiente econômico, e como adotam estratégias que podem causar mudanças definitivas em seus resultados.

Para verificar as implicações de âmbito macroeconômico, foi construído a estrutura onde a competição internacional e as relações comerciais entre os países ocorrem, considerando também suas diferenças, para isto adotou-se um modelo Norte-Sul onde a demanda tem influência na oferta do país. As questões setoriais também foram consideradas sob a análise da mudança estrutural e considerando as diferenças de grau de *oportunidade tecnológica* dos setores *science-based* e *technology-cumulative*.

A estrutura do modelo foi composta de dinâmicas internas, quais sejam: produtividade, salários, preços, competitividade, demanda e câmbio, que tornou possível analisar os três cenários delimitados pelas simulações: ausência, presença e abandono de políticas industriais de âmbito micro (política de inovação e imitação) e macroeconômico (política cambial).

Os principais resultados apontam para o surgimento de hiato tecnológico em um ambiente de competição *schumpeteriana*, onde existam disparidades entre os países e ausência de políticas industriais. Além disto, houve a emergência de apreciação real do câmbio com o aumento dos preços do país mais atrasado. Os resultados também sugerem a especialização comercial e mudança estrutural em direção ao setor *science-based* no país Norte e especialização setorial e comercial do país Sul em produtos do setor *cumulative-technology*. O resultado principal aponta para divergência econômica em termos de PIB per capita e de renda, representada pelos salários reais dos países.

Para o segundo cenário observa-se que a política industrial foi efetiva na redução

do *gap* tecnológico, aumento da especialização comercial e setorial do país Sul em direção ao setor *science-based* e significativa convergência do PIB per capita e de renda, através do salário real dos países. O terceiro cenário demonstrou que o abandono das políticas industriais foi prejudicial ao país mais atrasado, pois isto significou a perda da redução do hiato tecnológico e também a divergência de renda, representada pelos salários reais dos países.

Os resultados são importantes pois ratificam as políticas industriais adotadas nos grupos de países representados por Estados Unidos e Alemanha, justificando sua liderança tanto em termos tecnológicos quanto em econômicos e comerciais. Do mesmo modo, a aplicação de políticas industriais pelo grupo de países representados por Coreia do Sul e China, são responsáveis pelo fenômeno conhecido como *catching-up* em relação ao grupo de países líderes e *forging-ahead* em relação aos países do grupo que é representado por Brasil e Argentina, que "*abandonaram*" suas políticas industriais e se distanciaram ainda mais dos países líderes, fenômeno conhecido como *falling-behind*. Deste modo, as posições que os países ocupam em relação a seu arcabouço tecnológico e suas capacidades econômicas, são o resultado da adoção de estratégias de recuperação ou pela ausência delas.

## Referências

- ABRAMOVITZ, M. Catching up, forging ahead, and falling behind. *The Journal of Economic History*, v. 46, n. 2, p. 385–406, jun. 1986.
- ALCHIAN, A. A. Uncertainty, evolution, and economic theory. *The Journal of Political Economy*, v. 58, n. 3, p. 211–221, 1950.
- ALLEN, P. M. Understanding social and economic systems as evolutionary complex systems. In: DOPFER, K. (Ed.). *The Evolutionary Foundations of Economics*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2005. cap. 13, p. 431–461.
- ANDERSEN, E. S. Toward a multiactivity generalisation of the nelson–winter model. In: DRUID. [S.l.], 2001. (Paper for the 2001 Nelson and Winter Conference).
- ARAÚJO, R. A.; LIMA, G. T. A structural economic dynamics approach to balance-of-payments-constrained growth. *Cambridge Journal of Economics*, v. 31, n. 5, p. 755–774, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1093/cje/bem006>>.
- ARROW, K. J. Is bounded rationality unboundedly rational? some ruminations. In: AUGIER, M.; SIMON, H. A. (Ed.). *MODELS OF A MAN*. Cambridge, Mass. [u.a.]: MIT Press, 2004.
- BIANCHI, A. M. Albert hirschman na américa latina e sua trilogia sobre desenvolvimento econômico. *Economia e Sociedade*, v. 16, n. 2, p. 131–150, ago. 2007.
- CARIO, S. A. F. Contribuição do paradigma microdinâmico neo-schumpeteriano à teoria econômica contemporânea. *Textos de Economia Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC*, v. 6, n. 1, p. 155–170, 1995.
- CIARLI, T. et al. The effect of consumption and production structure on growth and distribution. a micro to macro model. *Metroeconomica*, n. 61, p. 180–218, 2010.
- CIMOLI, M.; PEREIRA, J. B.; PORCILE, G. A technology gap interpretation of growth paths in asia and latin america. *Research Policy*, p. 1–12, ago. 2018.
- CIMOLI, M.; PORCILE, G. *What kind of microfoundations?: Notes on the evolutionary approach*. Santiago, Chile: United Nations, ECLAC, 2015. (Series production development, 198).
- CORAZZA, R. I.; FRACALANZA, P. S. Caminhos do pensamento neo-schumpeteriano: para além das analogias biológicas. *Nova Economia*, p. 127–155, 2004.
- DAVID, P. A. Clio and the economics of qwerty. *The American Economic Review*, v. 75, n. 2, p. 332–337, maio 1985.

- DAWID, H. Agent-based models of innovation and technological change. In: TESFATSION, L.; JUDD, K. L. (Ed.). *HANDBOOK OF COMPUTATIONAL ECONOMICS*. [S.l.]: North-Holland, 2006. v. 2, p. 1235–1272.
- DOPFER, K. Evolutionary economics: a theoretical framework. In: DOPFER, K. (Ed.). *The Evolutionary Foundations of Economics*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2005. cap. 1, p. 3–55.
- DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. v. 11, p. 147–162, 1982. ISSN 0048-7333.
- DOSI, G. The nature of the innovative process. In: DOSI, G. et al. (Ed.). *Technical Change and Economic Theory*. [S.l.]: Pinter, 1988. p. 221–238.
- DOSI, G. Economic change and its interpretation, or, is there a “schumpeterian approach”. In: HEERTJE, A.; PERLMAN, M. (Ed.). *Evolving Technology and Market Structure: Studies in Schumpeterian Economics*. [S.l.]: University of Michigan Press, 1990. p. 335–341.
- DOSI, G.; EGIDI, M. Substantive and procedural uncertainty: An exploration of economic behaviours in changing environments. v. 1, p. 145–168, 1991. ISSN 0936-9937.
- DOSI, G.; FAGIOLO, G.; ROVENTINI, A. Schumpeter meeting keynes: A policy-friendly model of endogenous growth and business cycles. *Economic Dynamics & Control*, n. 34, p. 1748–1767, jun. 2010.
- DOSI, G.; MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Evolutionary regimes and industrial dynamics. In: MAGNUSSON, L. (Ed.). *Evolutionary and Neo-Schumpeterian Approaches to Economics*. [S.l.]: Kluwer Academic Publishers, 1994. cap. 7, p. 203–229.
- DOSI, G.; MARENGO, L.; FAGIOLO, G. Learning in evolutionary environments. *LEM Working Paper Series*, p. 90, 2003.
- DOSI, G.; MARENGO, L.; FAGIOLO, G. Learning in evolutionary environments. In: DOPFER, K. (Ed.). *The Evolutionary Foundations of Economics*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2005. cap. 9, p. 255–339.
- DOSI, G.; NELSON, R. Technical change and industrial dynamics as evolutionary processes. In: HALL, B. H.; ROSENBERG, N. (Ed.). *Handbook of the Economics of Innovation*. 1<sup>a</sup> ed. [S.l.]: Elsevier, 2010. v. 1, cap. 3, p. 51–127.
- DOSI, G.; NELSON, R. R. An introduction to evolutionary theories in economics. *Evolutionary Economics*, v. 4, p. 153–172, 1994. ISSN 0936-9937.
- DOSI, G.; ORSENIGO, L. Coordination and transformation: an overview of structures, behaviours and change in evolutionary environments. In: DOSI, G. et al. (Ed.). *Technical Change and Economic Theory*. [S.l.]: Pinter Publishers, 1988. cap. 2, p. 13–37.
- DOSI, G.; ROVENTINI, A.; RUSSO, E. Endogenous growth and global divergence in a multi-country agent-based model. *Laboratory of Economics and Management (LEM)*, n. 32, p. 1–33, 2017.
- FERNANDES, A. L.; PORCILE, G. Um modelo evolucionário norte-sul. *Revista de Economia Política*, v. 27, n. 4, p. 633–650, out. 2007.

- FISHER, R. *Genetical Theory of Natural Selection*. [S.l.]: Oxford: Clarendon Press, 1930.
- FREEMAN, C. Innovation, changes of techno-economic paradigm and biological analogies in economics. *Revue économique*, v. 42, n. 2, p. 211–232, 1991. ISSN 0035-2764.
- FRIEDMAN, M. The methodology of positive economics. *Essays in Positive Economics*, p. 3–43, 1953.
- GALA, P. *Complexidade Econômica: Uma nova perspectiva para entender a antiga questão da riqueza das nações*. [S.l.]: Contraponto, 2017.
- GIGERENZER, G. Bounded rationality: Models of fast and frugal inference. *Swiss Journal of Economics and Statistics*, v. 2, n. 133, p. 201–218, 1997.
- HAUSMANN, R.; PRITCHETT, L.; RODRIK, D. Growth accelerations. *of Economic Growth*, v. 10, n. 4, p. 303–329, dez. 2005.
- HIGACHI, H. Y.; LIMA, G. T.; PEREIRA, J. B. Crescimento, ciclo econômico, mudança tecnológica e financiamento. *Economia e Sociedade*, v. 25, n. 3, p. 533–568, dez. 2016.
- HIRSCHMAN, A. O. The strategy of economic development. *Yale University Press*, 1958.
- HODGSON, G. M. Decomposition and growth: biological metaphors in economics from the 1880s to the 1980s. In: DOPFER, K. (Ed.). *The Evolutionary Foundations of Economics*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2005. cap. 5, p. 105–151.
- KALDOR, N. Causes of the slow rate of economic growth of the united kingdom. *Further Essays on Economic Theory*, 1966.
- LANGLOIS, R. N.; EVERETT, M. J. What is evolutionary economics? In: MAGNUSSON, L. (Ed.). *Evolutionary and Neo-Schumpeterian Approaches to Economics*. [S.l.]: Kluwer Academic, 1994. cap. 2, p. 11–48.
- LIMA, U. M. O debate sobre o processo de desenvolvimento econômico da coreia do sul: uma linha alternativa de interpretação. *Economia e Sociedade*, v. 26, n. 3, p. 585–631, dez. 2017.
- MAGNUSSON, L. The neo-schumpeterian and evolutionary approach to economics-an introduction. In: MAGNUSSON, L. (Ed.). *Evolutionary and Neo-Schumpeterian Approaches to Economics*. [S.l.]: Kluwer Academic, 1994. cap. 1, p. 1–9.
- MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Technological regimes and firm behaviour. *Industrial and Corporate Change*, p. 45–72, 1993.
- MARSHALL, A. Principles of economics. *Macmillan*, 1948.
- MASSONI, N. T. *Epistemologias do século XX*. [S.l.]: Instituto de Física – UFRGS, 2005. v. 16.
- METCALFE, J. S. Evolutionary concepts in relation to evolutionary economics. In: DOPFER, K. (Ed.). *The Evolutionary Foundations of Economics*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2005. cap. 12, p. 391–431.
- MOKYR, J. Is there a theory of economic history? In: DOPFER, K. (Ed.). *The Evolutionary Foundations of Economics*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2005. cap. 7, p. 195–223.

- NASSIF, A.; FEIJO, C.; ARAUJO, E. Structural change and economic development: is brazil catching up or falling behind? *Cambridge Journal of Economics*, n. 39, p. 1307–1332, nov. 2014.
- NELSON, R. R.; WINTER, S. G. *In Search of a Useful Theory of Innovation*. 1977. 215-245 p.
- NELSON, R. R.; WINTER, S. G. *An evolutionary theory of economic change*. 4. [print.]. ed. Cambridge, Mass. [u.a.]: Belknap Press of Harvard Univ. Press, 1982. ISBN 0674272285.
- OREIRO, J. L.; FEIJO, C. A. Desindustrialização: conceituação, causas, efeitos e o caso brasileiro. *Revista de Economia Política*, v. 30, n. 2, p. 219–232, jun. 2010.
- PASINETTI, L. L. *Structural change and economic Growth – a theoretical essay on the dynamics of the wealth of the nations*. [S.l.]: Cambridge University Press, 1981.
- PASINETTI, L. L. *Structural economic dynamics A theory of the economic consequences of human learning*. [S.l.]: Cambridge University Press, 1993.
- PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, v. 13, p. 343–373, 1984. ISSN 0048-7333.
- PEREZ, C. Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social systems. *Futures*, v. 15, p. 357–375, 1983. ISSN 0016-3287.
- POSSAS, M. L. Economia evolucionária neo-schumpeteriana: elementos para uma integração micro-macrodinâmica. *Estudos avançados*, SciELO Brasil, v. 22, n. 63, p. 281–305, 2008.
- PREBISCH, R. The economic development of latin america and its principal problems. *Cepal*, p. 1–59, 1950.
- RAVNIK, R.; SOLINA, F.; ŽABKAR, V. *Modelling In-Store Consumer Behaviour Using Machine Learning and Digital Signage Audience Measurement Data*. 2014. 123-133 p.
- RODRIK, D. *What's so special about China's exports?* Cambridge, Mass.: National Bureau of Economic Research, 2006. (NBER working paper series, 11947).
- RODRIK, D. The real exchange rate and economic growth. *Brookings Papers on Economic Activity*, p. 365–439, 2008.
- SBICCA, A. *Heurísticas no estudo das decisões econômicas: Contribuições de herbert simon, daniel kahneman e amos tversky*. São Paulo: [s.n.], 2014. 579-603 p.
- SBICCA, A.; FERNANDES, A. *A racionalidade em Simon e a firma evolucionária de Nelson e Winter: uma visão sistêmica*. [S.l.], 2005. Disponível em: <<https://EconPapers.repec.org/RePEc:anp:en2005:014>>.
- SILVA, G. J. C. da; SANTOS, J. F. C.; BAPTISTA, L. N. A lei de thirlwall multissetorial com fluxos de capitais: uma análise do plano nacional de exportações (2015-2018) usando simulações computacionais. *Revista de Economia Política*, v. 37, n. 3, p. 636–655, nov. 2017.



SILVA, T. C. *A heterogeneidade da demanda em modelos evolucionários: Um ensaio teórico e o caso da indústria farmacêutica*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

THIRLWALL, A. P. The balance of payments constraint as an explanation of the international growth rate differences. *BNL Quarterly Review*, v. 32, p. 45–53, 1979.

VALENTE, M. Evolutionary demand: a model for boundedly rational consumers. *Evolutionary Economics*, v. 22, p. 1029–1080, ago. 2012.

VERSPAGEN, B. *Uneven growth rates differentials between interdependents economies. An Evolutionary View on Technology Gaps, Trade and Growth*. Tese (Doutorado) — Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology (MERIT), 1993.

VROMEN, J. J. *Economic Evolution: An inquiry into the foundations of the new institutional economics*. First edition. [S.l.]: Routledge, 1995.