

# UM MODELO BASEADO EM AGENTE DE CRESCIMENTO E COMÉRCIO NORTE-SUL: INOVAÇÃO, MUDANÇA ESTRUTURAL INTRA-SETORIAL, DIVERGÊNCIA E CONVERGÊNCIA

Hermes Yukio Higachi<sup>1</sup>, Rubens Ibraim Ribeiro<sup>2</sup>, Eva Yamila da Silva Catela<sup>3</sup>, Francisco Adilson Gabardo<sup>4</sup>, João Basilio Pereima<sup>5</sup>

## AUTORES:

1,2 Departamento de Economia da Universidade Estadual de Ponta Grossa

3 Departamento de Economia da Universidade Federal de Santa Catarina

4,5 Departamento de Economia da Universidade Federal do Paraná

**RESUMO:** Este artigo apresenta um modelo baseado em agente (ABM) de crescimento e comércio Norte-Sul que combina a abordagem Schumpeteriana de mudança técnica e estrutural, e de hiatos tecnológicos para a divergência e convergência com uma perspectiva Keynesiana sobre a demanda interna e externa como determinantes do desenvolvimento. Duas são as contribuições do paper. Primeiro, desenvolve um modelo baseado em agente de crescimento e comércio Norte-Sul, constituído de duas economias (Norte e Sul), dois setores (Science-Based and Cumulative Technology), um insumo de produção (o trabalho), no qual há uma co-evolução entre a inovação, a mudança estrutural intra-setorial e a produtividade do trabalho de firmas e da economia, capaz de gerar distintas trajetórias de crescimento. Segundo, para compreender os determinantes da convergência na Ásia e a divergência na América Latina, alguns dos parâmetros do ABM são associados com políticas de (a) absorção/imitação, de (b) inovações e de (c) taxa de câmbio, que permite discutir como estas políticas podem mudar a trajetória de crescimento. Os resultados das simulações sugerem que a capacidade de inovação e de mudança estrutural intra-setorial são os determinantes da convergência econômica de países da Ásia como a Coreia do Sul e China, em contraste aos países da América Latina que sofrem da armadilha da renda média.

**Palavras-chave:** Divergência e Convergência; Crescimento e Comércio Norte-Sul; Inovação e Mudança Estrutural Intra-Setorial; Modelo Baseado em Agente.

**ABSTRACT:** This article presents an agent-based model (ABM) of North-South growth and trade that combines the Schumpeterian approach to technical and structural change, and of technological gap for divergence and convergence with a Keynesian perspective on internal and external demand as determinants of development. There are two contributions from article. First, it develops a agent based model on North-South growth and trade, consisting of two economies (North and South), two sectors (Science-Based and Cumulative Technology), a production input (labor), in which there is a co-evolution between innovation, intra-sectoral structural change and the aggregate labor productivity, capable of generating different growth trajectories. Second, to understand the determinants of convergence in Asia and divergence in Latin America, some of the ABM parameters are associated with policies of (a) absorption / imitation, (b) innovations and (c) exchange rate, which it allows discussing how these policies can change the growth trajectory. The results of the simulations suggest that the capacity for innovation and intra-sectoral structural change are the determinants of the economic convergence of Asian countries such as South Korea and China, in contrast to Latin American countries that suffer from the middle income trap

**Key-words:** Divergence and Convergence; North-South Growth and Trade; Innovation and Intra-Sectoral Structural Change; Agent Based Model

**JEL:** 011,012,C63

**ANPEC:** Área 6 - Crescimento, Desenvolvimento Econômico e Instituições

## 1. Introdução

Na literatura teórica e empírica de economia do desenvolvimento, verifica-se que há distintos padrões de desenvolvimento econômico a partir da década de 50: (i) Divergência de renda per capita e de produtividade do trabalho (vários países da África, América Latina e Ásia); (ii) Convergência da renda per capita e da produtividade do trabalho (Coreia do Sul); (iii) Convergência parcial da renda per capita e de produtividade do trabalho (China); e (iv) Convergência e divergência de renda per capita e de produtividade do trabalho (Argentina e Brasil).

A abordagem empírica da contabilidade de crescimento aplica a metodologia Shift-Share para decompor o crescimento da produtividade do trabalho e busca explicar os distintos padrões de desenvolvimento internacional calcada na mudança estrutural intra-setorial em substituição a mudança estrutural intersetorial caracterizada pelo deslocamento do trabalho da agricultura para a indústria e desta para o setor de serviços, no processo de divergência e convergência econômica de países de renda média, a partir da década de 70. Fagerberg [13] usando uma amostra de 39 países e 24 indústrias entre 1973 e 1990, busca analisar o impacto da especialização e mudanças estruturais no crescimento da produtividade na manufatura nas últimas décadas. Os resultados mostram que, apesar de as mudanças estruturais inter-setoriais, em média, não tenham sido fundamentais ao crescimento da produtividade, os países que conseguiram aumentar sua presença nas indústrias baseadas em ciência ou tecnologicamente mais progressivas desse período (eletrônica), tiveram um crescimento de produtividade mais alto do que outros países. Por sua vez, vários outros exercícios de contabilidade de crescimento aplicando a metodologia shift-share descobriram que o principal determinante do crescimento econômico de longo prazo e da convergência da produtividade e da renda per capita de países de renda média para a média de países da OECD, é a mudança estrutural intra-setorial dentro da indústria ou do setor de serviços, em detrimento da mudança estrutural inter-setorial e estática (OECD [20], Yilmaz [25]).

Por sua vez, Bresser-Pereira et al. [4] propõe a teoria novo-desenvolvimentista para explicar a convergência e a divergência econômica, atribuindo papel central para a política industrial e a uma política de desvalorizações cambiais para anular os efeitos da doença holandesa: as rendas econômicas geradas pela exportação de recursos naturais abundantes no país em desenvolvimento tende a causar uma apreciação cambial que, por sua vez, inviabiliza a produção e a exportação de manufaturados que teriam maior potencial de gerar inovações tecnológicas e ganhos de produtividade. O resultado final será a desindustrialização e a reversão da mudança estrutural aos setores primário e terciário com menor grau de produtividade setorial do trabalho. No presente artigo, propõe-se uma explicação alternativa e complementar para a apreciação da taxa real de câmbio e para os determinantes da divergência e da convergência econômica.

Dentre as várias alternativas teóricas, os modelos de crescimento e comércio Norte-Sul proporcionam uma explicação teórica interessante para estes fatos estilizados do desenvolvimento econômico, calcado nos efeitos de políticas industriais e de taxas de câmbio ativas sobre a dinâmica do hiato tecnológico, da produtividade do trabalho, dos salários reais, da mudança estrutural inter-setorial e da convergência e divergência econômica. As proposições teóricas derivadas destes modelos é que países da Ásia que adotaram políticas industriais e/ou políticas protecionistas, como a depreciação do câmbio, ao aumentarem sua capacidade de absorção ou imitação junto com uma mudança estrutural intersetorial da agricultura para a indústria, obtiveram êxito na convergência em termos de renda per capita e produtividade do trabalho, enquanto que países que não adotaram ou abandonaram estas políticas de desenvolvimento acabaram sofrendo da armadilha da renda média.

Os modelos de crescimento e comércio Norte-Sul servem como um ábaco teórico que permite simular analiticamente os efeitos de políticas de convergência ou divergência econômica no sentido de iluminar regularidades empíricas no crescimento econômico em uma forma simples mas rigorosa (Cimoli et al. [7]). Porém, apesar dos avanços teóricos, os modelos de crescimento e comércio Norte-Sul não são capazes de explorar os resultados de decisões e de interações não lineares e complexas entre os agentes heterogêneos (firmas, consumidores, bancos, Governo) e destes com as variáveis do ambiente macro. A vantagem de um modelo baseado em agente é sua maior flexibilidade, em relação aos modelos analíticos de hiato tecnológico Norte-Sul, para analisar um conjunto mais amplo de políticas de desenvolvimento, trajetórias de crescimento e fatos estilizados micro, meso e macro do desenvolvimento.

A contribuição teórica deste paper são duas. Primeiro, desenvolver um modelo baseado em agente (ABM) de crescimento e comércio Norte-Sul constituído de setores baseados em ciência e tecnologia cumulativa, e com dinâmica das capacidades tecnológicas de imitação e inovação de firmas, da produtividade do trabalho da firma e da economia, do salário nominal e real, de preços, do hiato tecnológico, da taxa real de câmbio, e do padrão de especialização setorial. Segundo, para compreender os determinantes da convergência na Ásia e a divergência na América Latina, alguns dos parâmetros do ABM são associados com políticas de (a) absorção/imitação, de (b) inovações e da (c) taxa de câmbio, que permite discutir como estas políticas podem mudar a trajetória de crescimento: divergência ou convergência.

O objetivo é explicar a natureza e os determinantes do processo de convergência e divergência econômica de países em desenvolvimento com nível de renda média inspirada na literatura Schumpeteriana de hiato tecnológico, de mudança técnica e estrutural, assim como na literatura keynesiana que atribui papel central para a demanda

interna e externa no processo de crescimento econômico, e por meio de um modelo baseado em agente.

O artigo consiste de três seções, além da introdução e as conclusões. Na seção 2 apresenta-se as principais características de modelos Norte-Sul de hiato tecnológico, a seção 3, o modelo baseado em agente de crescimento e comércio Norte-Sul e, por último, a seção 4, aplica o ABM Norte-Sul para analisar a trajetória de divergência e convergência na produtividade do trabalho e na renda per capita de países da América Latina e da Ásia, respectivamente, a partir da década de 1970.

## 2. Modelos Norte-Sul de Hiato Tecnológico

Nesta seção se discutem alguns dos insights mais importantes dos modelos Norte-Sul que se inserem dentro do grupo de modelos de economia estruturalista e se caracterizam pelas assimetrias produtivas e comerciais entre países desenvolvidos (Norte) e em desenvolvimento (Sul). Entre estes modelos, se destacam Cimoli [6], Blecker [2], Dutt [12], Ros and Skott [22], Botta [3], Cimoli and Porcile [8], Gabriel et al. [16]), Cimoli et al. [7].

Uma primeira característica destes modelos é que assumem algumas das seguintes assimetrias (Blecker [2]): diversificação produtiva do Norte em bens manufaturados/complexos e a do Sul em produtos primários ou manufaturados de baixa tecnologia; o Norte conta com poder monopólico para fixar preços e o Sul vende em mercados competitivos; a demanda para os produtos do Norte é elástica em relação ao preço, já no Sul é inelástica em relação ao preço; o Sul produz bens de consumo e o Norte produz bens de capital; o Norte apresenta retornos crescentes de escala na produção e o Sul, retornos decrescentes; a tecnologia e a mudança tecnológica é uniforme intra e intersetorialmente no Norte, já no Sul é desigual e com pequena absorção de spillovers.

Estas características colocam os modelos Norte-Sul em um plano muito contíguo da teoria centro-periferia e de heterogeneidade estrutural da economia desenvolvimentista latino-americana que começa com Prebisch nos anos 1950. Assim como nesta teoria, o contexto estrutural é fundamental e a interação entre as forças do mercado e as diferentes características iniciais produzem ou perpetuam estruturas produtivas diversas entre as economias integradas do Norte e do Sul ou do centro e da periferia (Cimoli et al. [9]).

Os primeiros modelos Norte-Sul, como por exemplo em Ros and Skott [22], Blecker [2] e Dutt [12], eram caracterizadas por uma estrutura que inclui dois bens, dois fatores de produção e dois países. O Norte era definido por ser uma economia do tipo Keynes-Kalecki e o Sul do tipo Lewis o que fazia com que a primeira apresente excesso de capacidade e algum estrangimento de demanda e a segunda, limitação do fator produtivo capital e excesso de trabalho (desemprego). Além das especificidades das condições produtivas, uma característica comum destes modelos iniciais é que o Norte produz e exporta um bem com elasticidade renda da demanda relativamente alta e o Sul exporta um bem primário, inelástico em relação à renda. Neste contexto, a taxa de crescimento do Sul é sempre menor e os termos de troca declinam ao longo do tempo, fazendo com que o Sul entre em um círculo vicioso de baixa produtividade, salários relativos menores e baixo crescimento. Só se a taxa de crescimento do Norte é grande o suficiente e se mantém ao longo do tempo, os termos de troca podem favorecer os países do Sul.

A medida que foi ficando mais evidente que a divergência da renda entre os grupos de países estava cada vez mais relacionada ao hiato tecnológico, se colocou como foco a inovação tecnológica mais do que a imitação como saída para as armadilhas de renda média em que muitos países do Sul, já industrializados, se encontram. Nesse caso, os modelos passam a ser multisetoriais (Araújo and Lima [1]) ou a considerar um continuum de bens (Cimoli [6]; Cimoli et al. [7]). O crescimento, a capacidade de catching up e learning by doing e a acumulação de capital humano do Sul se relacionam, dado o contexto de assimetrias, a fatores históricos que criaram estas estruturas produtivas e do sistema nacional de inovação (SNI), sendo estes path dependency (Cimoli and Porcile [8]). Em especial, o Norte é líder em inovação, criando novos setores, bens e habilidades e o Sul um seguidor altamente especializado em poucos setores com menor intensidade tecnológica.

As assimetrias nas capacidades tecnológicas dão origem a assimetrias na produtividade do trabalho. Cimoli et al. [7] assumem que quanto maior a intensidade tecnológica de um bem, maior o impacto das aptidões técnicas na produtividade, o que implica uma brecha maior desta variável entre os países do Norte e Sul, quanto maior o diferencial da intensidade tecnológica dos bens produzidos. Estas dinâmicas diferenciadas originam a emergência de feedbacks que podem ser positivos ou negativos: o crescimento relativo maior do Norte aumenta o processo de mudança tecnológica que surge de um processo de retornos crescentes do tipo Kaldor-Verdoorn.

Como resultado, aponta Botta [3], se as estruturas e a capacidade de catching up, difere entre e dentro dos setores, padrões produtivos diversos desencadeiam caminhos de crescimento divergentes caracterizados pelo gap tecnológico e de produtividade, o que torna inevitável a gestão, via política industrial e tecnológica, da industrialização como condição necessária para o desenvolvimento convergente. Cimoli et al. [7] mostram como este tipo de política pode gerar um resultado divergente (como nos casos de Argentina e Brasil), quando esta é descontinuada ou convergente, como no caso de Coréia do Sul que adotou políticas de upgrading, começando por indústrias de baixa tecnologias, passando por bens de capital e engenharia e, atualmente incentivando indústrias de alta tecnologia e serviços especializados e avançados.

### 3. Um Modelo Baseado em Agente de Crescimento e Comércio Norte-Sul

Apesar dos insights teóricos quanto ao processo de divergência e convergência econômica, a principal limitação de modelos analíticos e agregados Norte-Sul de hiatos tecnológicos é a ausência de microfunda-mentos explícitos das decisões e interações de firmas heterogêneas com racionalidade limitada que seguem heurísticas de produção, inovação e investimento.

Assim, nesta seção, formula-se um modelo baseado em agente de crescimento e comércio Norte-Sul para buscar explicar a natureza e os determinantes do processo de divergência e convergência econômica inspirado em vários modelos Schumpeterianos e Keynesianos: Nelson and Winter [19] para os setores *Science-based e Cumulative Technology*, e a dinâmica industrial, Pasinetti [21] para as diferenças em elasticidade-renda da demanda setoriais, Fernandes and Porcile [14] ao mecanismo de imitação e inovação, e a demanda de trabalho, e Dosi et al. [11] para a dinâmica de competitividade internacional.

Propõe-se como contribuições do modelo em relação aos modelos Norte-Sul de hiato tecnológico:

- i) incorporação da demanda de trabalho da firma para as atividades de produção e busca imitativa e inovativa;
- ii) incorporação do mecanismo de imitação e inovação em dois estágios da firma;
- iii) a incorporação da dinâmica de preços via formação de *mark-up ex ante*;
- iv) incorporação da dinâmica de salários determinados pela produtividade média e diferencial do trabalho e pela taxa de inflação passada;
- v) incorporação da formação da demanda interna e externa da firma;
- vi) incorporação da dinâmica da taxa nominal e real de câmbio;
- vii) incorporação da Mudança Estrutural endógena intra-setorial;
- viii) avaliação em três Cenários de simulação da política industrial e de Ciência, Tecnologia e Inovação representada pela capacidade de geração e absorção tecnológica e por meio da desvalorização nominal da taxa de câmbio;

Por sua vez, a sequência de eventos:

- Lado da Oferta:

1. Inicialmente a firma, com base em seus lucros, decide a quantidade e a proporção de trabalhadores que serão contratados (ou desligados) para as atividades de produção e de P&D para a imitação ou inovação 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  $(t)$  que junto com novos trabalhadores contratados eleva a capacidade de produção da firma;
2. Parcela do aumento da produtividade dos trabalhadores no período  $(t - 1)$  acima da produtividade agregada do trabalho é repassado aos seus salários como forma de prêmio.
3. A produtividade agregada do trabalho e a taxa de crescimento dos preços do período  $(t - 1)$  corrige o salário nominal médio da economia do período corrente;
4. A firma ajusta o seu mark up com base na evolução do seu market share no mercado interno e externo.
5. A firma fixa o nível de produção desejada com base na expectativa de vendas, no estoque não realizado e na sua capacidade de produção.
6. Os salários e o mark up determinam os preços praticados pelas firmas. Além disto o preço é determinado pela produção física restrita pelo trabalho;
7. 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. O salário pago pelas firmas nas atividades de produção e de busca imitativa e inovativa nos setores Science-Based e Cumulative Technology formarão a demanda agregada nominal da economia do Norte e do Sul
2. A demanda agregada nominal deflacionada pelo nível de preços, a elasticidade-renda de setores Science-Based (SB) e Cumulative Technology (CT) (interna e externa) e o market share determina a demanda efetiva da firma no mercado interno e externo;
3. A demanda efetiva do período  $(t - 1)$  determina a demanda esperada pela firma no período  $(t)$ ;
4. 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;
5. A produção física restrita pelo trabalho no período  $(t)$  será o menor valor entre a produção desejada e a capacidade de produção da firma ambas no período  $(t)$ ;

Os resultados destas dinâmicas serão agregadas em variáveis mesoeconômicas e macroeconômicas e analisadas na seção 4, de acordo com Cenários 1, 2 e 3.

### 3.1. Nível Microeconômico

#### 3.1.1. Dinâmica da produção e do investimento na contratação de trabalhadores

O modelo inicia pela equação 1 que corresponde a capacidade produtiva da firma, que através de decisões *ex ante*, aloca os seus lucros do período anterior 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:

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

Na equação 1, os subscritos, que serão 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 corrente  $t$  depende das melhorias desenvolvidas pelos trabalhadores envolvidos em P&D que aumentam a capacidade de produção da firma no período anterior  $t-1$ .

A apuração dos lucros das firmas é representado na equação 2:

$$\pi_{sf(t)}^p = \frac{p_{s(t)}^p \cdot QL_{sf(t)}^p - w_{sf(t)}^p - wPD_{sf(t)}^p}{w_{sf(t)}^p + wPD_{sf(t)}^p} \quad (2)$$

Em que  $\pi$  é a taxa de lucro ao representar quanto o lucro (numerador da equação) é maior que os custos totais de produção da firma: total de salários pagos nas atividades de produção e de pesquisa para a imitação e inovação. A variável  $p$  descreve os preços e  $QL$  as vendas ou demanda efetiva da firma. As variáveis  $w$  e  $wPD$  refletem os salários pagos pela firma aos trabalhadores envolvidos em atividades de produção e P&D respectivamente.

Se a taxa de lucro da firma no período é positiva, este é totalmente investido na contratação de trabalhadores (Fernandes and Porcile [14])

$$I_{sf(t)}^p = \pi_{sf(t)}^p \quad (3)$$

Sendo o investimento  $I$  utilizado na contratação de novos trabalhadores. A equação 4 representa esse processo e é a demanda de trabalhadores pela firma que também depende inversamente da produtividade o trabalho:

$$L_{sf(t)}^p = L_{sf(t-1)}^p \cdot (1 + I_{sf(t)}^p) / A_{sf(t-1)}^p \quad (4)$$

Por outro lado, se a taxa de lucro é negativa a firma deverá desligar trabalhadores adotando duas regras: (i) se o resultado da equação 5 for menor do que 5 unidades de trabalho, a firma decide pela manutenção de no mínimo 5 unidades de trabalho, mas se (ii) o resultado da equação 5 for maior do que 5 unidades de trabalho, a firma decide pela demissão de trabalhadores conforme equação 5:

$$L_{sf(t)}^p = L_{sf(t-1)}^p \cdot (1 - \eta \cdot (I_{sf(t)}^p)) / A_{sf(t)}^p \quad (5)$$

O parâmetro  $\eta$  capta a sensibilidade da demanda de trabalho no período corrente  $t$ , se a taxa de lucro for negativa no período anterior,  $t-1$ . O seu valor esta reportado na Tabela 1.

#### 3.1.2. Dinâmica da produtividade do trabalho

A dinâmica da produtividade do trabalho na firma foi modelada por um processo de *poisson* em dois estágios (Fernandes and Porcile [14]):

- O primeiro estágio busca verificar se existe *sucesso* ou *fracasso* das firmas nas atividade 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;

<sup>1</sup>O setor *Science-Based* corresponde a um setor no qual 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 baseado em agente existe a competição voltada para desenvolvimento de novos produtos e melhorias de qualidade do produto como em Valente [24].



$$\left\{ \begin{array}{ll} w_{sf(t)}^p = [(1 - \gamma_{sf(t)}^p) \cdot L_{sf(t-1)}^p] \cdot [W_{(t)}^p + \varphi \cdot (A_{sf(t)}^p - \bar{A}_{(t-1)}^p)] & \text{se } \varphi \cdot (A_{sf(t)}^p - \bar{A}_{(t-1)}^p) > 0 \\ w_{sf(t)}^p = W_{(t)}^p \cdot (1 - \gamma_{sf(t)}^p) \cdot L_{sf(t-1)}^p & \text{se } \varphi \cdot (A_{sf(t)}^p - \bar{A}_{(t-1)}^p) \leq 0 \end{array} \right. \quad (10)$$

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  $\varphi$  cujo valor esta reportada na Tabela 1. Caso essa diferença seja igual a zero ou negativa, a firma pagará o salário médio agregado praticado no período ( $t$ ). 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:

$$\left\{ \begin{array}{ll} wPD_{sf(t)}^p = \gamma_{sf(t)}^p \cdot L_{sf(t-1)}^p \cdot [W^p + \varpi \cdot (A_{sf(t)}^p - \bar{A}_{(t-1)}^p)] & \text{se } \varpi \cdot (A_{sf(t)}^p - \bar{A}_{(t-1)}^p) > 0 \\ w_{sf(t)}^p = W^p \cdot \gamma_{sf(t)}^p \cdot L_{sf(t-1)}^p & \text{se } \varpi \cdot (A_{sf(t)}^p - \bar{A}_{(t-1)}^p) \leq 0 \end{array} \right. \quad (11)$$

Semelhantemente a equação dos salários dos trabalhadores envolvidos diretamente na produção, os trabalhadores envolvidos em P&D recebem como salário uma parcela dado pelo parâmetro  $\varpi$  (Tabela 1) da diferença de sua produtividade em relação a produtividade média agregada, além do salário praticado no país.

#### 3.1.4. Dinâmica de preço

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:

$$\left\{ \begin{array}{ll} p_{sf(t)}^p = (1 + \mu_{sf(t)}^p) \cdot \frac{w_{sf(t)}^p}{QL_{sf(t)}^p} & \text{se } QL_{sf(t)}^p > 0 \\ p_{sf(t)}^p = p_{sf(t-1)}^p & \text{se } QL_{sf(t)}^p \leq 0 \end{array} \right. \quad (12)$$

Na equação anterior, inspirada em Ciarli et al. [5] e Dosi et al. [11],  $\mu$  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:

$$\mu_{sf(t)}^p = \mu_{sf(t-1)}^p \cdot \left[ P1 \cdot \left( 1 + \epsilon \left( \frac{ms_{Isf(t-1)}^p - ms_{Isf(t-2)}^p}{ms_{Isf(t-2)}^p} \right) \right) + P2 \cdot \left( 1 + \epsilon \left( \frac{ms_{Esf(t-1)}^p - ms_{Esf(t-2)}^p}{ms_{Esf(t-2)}^p} \right) \right) \right] \quad (13)$$

Na equação, o *mark-up* evolui de acordo com o ganho de mercado obtido pela firma no período anterior no mercado interno(I) e/ou externo(E) e depende do parâmetro de sensibilidade do *mark-up*  $\epsilon$  (Tabela 1) e de P1 e P2 que são os pesos normalizados da soma do market share interno e externo, inspirada em Dosi et al. [11].

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

$$\left\{ \begin{array}{ll} p_{sf(t)}^{NS} = p_{sf(t)}^N \cdot e_{(t)} \cdot \delta_{(t)}^N & \text{se PaísbaseéoNorte} \\ p_{sf(t)}^{SN} = p_{sf(t)}^S \cdot \frac{1}{e_{(t)}} \cdot \delta_{(t)}^S & \text{se PaísbaseéoSul} \end{array} \right. \quad (14)$$

O primeiro termo é o preço praticado pela firma no mercado interno. Esse valor é corrigido pela taxa de câmbio nominal 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:

$$\bar{P}_{s(t)}^{N(S)} = \frac{\sum_{f=1}^n ms_{sf(t)}^{N(S)} \cdot p_{sf(t)}^{N(S)}}{\sum_{f=1}^n ms_{sf(t)}^{N(S)}} + \frac{\sum_{f=1}^n ms_{sf(t)}^{SN,(NS)} \cdot p_{sf(t)}^{SN,(NS)}}{\sum_{f=1}^n ms_{sf(t)}^{SN,(NS)}} \quad (15)$$

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.

### 3.1.5. Dinâmica de competitividade

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:

$$E_{sf(t)}^p = \frac{1}{p_{sf(t)}^p} \quad (16)$$

Em que 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 (Dosi et al. [11]).

O Market-share da firma no mercado interno segue a equação:

$$ms_{sf(t)}^p = ms_{sf(t-1)}^p \cdot \left[ 1 + \beta \cdot \left( \frac{E_{sf(t-1)}^p}{\bar{E}_{sf(t-1)}^p} - 1 \right) \right] \quad (17)$$

A equação<sup>2</sup> demonstra que o *market-share* evolui quando a competitividade da firma é maior do que a competitividade média do setor no período anterior. A *transferência* desta maior competitividade reflete no aumento do *market-share* de acordo com o parâmetro  $\beta$  que capta o nível de seletividade do mercado e pode assumir dois valores ( $\beta$ )SB e ( $\beta$ )CT (Tabela 1). Supõe-se que o nível de seletividade é maior no setor Science-Based do que no setor Cumulative Technology.

A Competitividade da firma no mercado externo é:

$$E_{sf(t)}^{NS,(SN)} = \frac{1}{p_{sf(t)}^{N(S)} \cdot e(t) \cdot \delta^{NS,(SN)}(t)} \quad (18)$$

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:

$$ms_{sf(t)}^{NS,(SN)} = ms_{sf(t-1)}^{NS,(SN)} \cdot \left[ 1 + \beta \cdot \left( \frac{E_{sf(t-1)}^{NS,(SN)}}{\bar{E}_{sf(t-1)}^{NS,(SN)}} - 1 \right) \right] \quad (19)$$

A firma compara sua competitividade atuando no mercado externo com a competitividade média setorial do mercado externo. Quando essa diferença é positiva, o *market-share* aumenta de acordo com o parâmetro ( $\beta$ ) que pode assumir dois valores, conforme já reportado.

A competitividade média, por sua vez, dos setores Science-Based e Cumulative Technology do país Norte ou Sul, que compete no mercado externo, é a competitividade média das firmas domésticas e estrangeiras ponderadas pelos seus *markets-share*:

$$\bar{E}_{s(t)}^{NS,(SN)} = \frac{\sum_{f=1}^n ms_{sf(t)}^{NS,(SN)} \cdot E_{sf(t)}^{NS,(SN)}}{\sum_{f=1}^n ms_{sf(t)}^{NS,(SN)}} \quad (20)$$

### 3.1.6. Dinâmica da demanda.

A expectativa de demanda das firmas é representado pela equação (Dosi et al. [11]):

$$Qdef_{sf(t)}^{ep} = Qdef_{sf(t-1)}^p \quad (21)$$

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

$$Qdef_{s(t)}^p = Qdef_{sf(t)}^p + Qdef_{sf(t)}^{NS,(SN)} \quad (22)$$

Em que 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:

$$\left\{ \begin{array}{ll} Qdef_{1f(t)}^p = \epsilon_{1(t)}^p \cdot Y A_{(t-1)}^p \cdot ms_{sf(t-1)}^p & \text{se } \textit{setor Science-Based} \\ Qdef_{2f(t)}^p = (1 - \epsilon_{1(t)}^p) \cdot Y A_{(t-1)}^p \cdot ms_{sf(t-1)}^p & \text{se } \textit{setor Cumulative-Technology} \end{array} \right. \quad (23)$$

<sup>2</sup>A equação é inspirada na equação *dynamic replicator* criada por Fisher [15] 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 equação é descrita para os setores *science-based* e *cumulative-technology* respectivamente, em que  $\epsilon$  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  $YAP$  do período anterior e do *market-share* interno da firma.

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

$$\begin{cases} Qdef_{sf(t)}^{NS,(SN)} = \epsilon_{1(t)}^{S(N)} \cdot YA_{(t-1)}^{S(N)} \cdot ms_{sf(t-1)}^{NS,(SN)} & \text{se } \text{setor } \textit{Science-Based} \\ Qdef_{sf(t)}^{NS,(SN)} = (1 - \epsilon_{1(t)}^{S(N)}) \cdot YA_{(t-1)}^{S(N)} \cdot ms_{sf(t-1)}^{NS,(SN)} & \text{se } \text{setor } \textit{Cumulative-Technology} \end{cases} \quad (24)$$

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 Dosi2010a e Ciarli2010 é:

$$Q_{sf(t)}^{dp} = \max(Qd_{sf(t)}^{ep} - X_{sf(t-1)}^p, 0) \quad (25)$$

Em que 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 pelas firmas:

$$\begin{cases} X_{sf(t)}^p = X_{sf(t-1)}^p + QL_{sf(t)}^p - Qdef_{sf(t)}^p & \text{se } Qdef_{sf(t)}^p < QL_{sf(t)}^p + X_{sf(t-1)}^p \\ X_{sf(t)}^p = 0 & \text{se } Qdef_{sf(t)}^p \geq QL_{sf(t)}^p + X_{sf(t-1)}^p \end{cases} \quad (26)$$

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. [5]):

$$QL_{sf(t)}^p = \min(Q_{sf(t)}^{dp}, Q_{sf(t)}^p) \quad (27)$$

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.

### 3.2. Nível Mesoconômico e Macroeconômico

A equação 28 representa a produtividade média trabalho dos Setores Science-Based(SB) e Cumulative Technology(CT), cujos pesos são os market shares ou parcelas de mercado de firmas:

$$\bar{A}_{s(t)}^p = \frac{\sum_{f=1}^n ms_{sf(t)}^p \cdot A_{sf(t)}^p}{\sum_{f=1}^n ms_{sf(t)}^p} \quad (28)$$

Por sua vez, a equação 29, é a produtividade agregada do trabalho da economia do Norte e do Sul, cujos pesos são a participação relativa dos setores SB(1) e CT(2) no PIB do País Norte e Sul:

$$\bar{A}_{d(t)}^p = \frac{PIB_{1(t)}^p}{PIBR_{(t)}^p} \cdot \bar{A}_{1(t)}^p + \frac{PIB_{2(t)}^p}{PIBR_{(t)}^p} \cdot \bar{A}_{2(t)}^p \quad (29)$$

Na equação 29,  $PIB_{1(t)}^p$  denota o produto do setor Science-Based,  $PIB_{2(t)}^p$  o produto do setor Cumulative Technology e,  $PIBR_{(t)}^p$  o produto interno bruto real do país no período (t).

O preço médio agregado do País do Norte e do Sul é determinado pelos preços médios e pelos pesos no PIB dos setores Science-Based(1) e Cumulative Technology(2):

$$\bar{P}_{(t)}^p = \frac{PIB_{1(t)}^p}{PIBR_{(t)}^p} \cdot \bar{P}_{1(t)}^p + \frac{PIB_{2(t)}^p}{PIBR_{(t)}^p} \cdot \bar{P}_{2(t)}^p \quad (30)$$

Na equação 30, os preços médios dos setores Science-Based e Cumulative Technology são uma média ponderada dos preços de firmas nacionais e estrangeiras, cujos pesos são seus market shares, desde que as firmas destes dois setores do Norte e do Sul, realizam vendas no mercado interno como no externo.

Já o salário nominal médio é dado pela equação 31:

$$\left\{ \begin{array}{l} W_{(t)}^p = W_{(t-1)}^p \cdot \left[ 1 + \frac{\bar{P}_{(t-1)}^p - \bar{P}_{(t-2)}^p}{\bar{P}_{(t-2)}^p} + \frac{\bar{A}a_{(t-1)}^p - \bar{A}a_{(t-2)}^p}{\bar{A}a_{(t-2)}^p} \right] \\ W_{(t)}^p = W_{(t-1)}^p \cdot \left[ 1 + \frac{\bar{A}a_{(t-1)}^p - \bar{A}a_{(t-2)}^p}{\bar{A}a_{(t-2)}^p} \right] \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{se } \frac{\bar{P}_{(t-1)}^p - \bar{P}_{(t-2)}^p}{\bar{P}_{(t-2)}^p} > 0 \\ \text{se } \frac{\bar{P}_{(t-1)}^p - \bar{P}_{(t-2)}^p}{\bar{P}_{(t-2)}^p} \leq 0 \end{array} \quad (31)$$

O salário nominal médio da economia do país do Norte e do Sul aumenta com o aumento da produtividade do trabalho e a taxa de inflação do período anterior, t-1. E se a taxa de inflação for negativa, mas a taxa de crescimento da produtividade do trabalho positiva, o salário nominal médio deverá aumentar. Entretanto, se a taxa de crescimento da produtividade do trabalho for negativa e superar a correção pela taxa de inflação, o salário nominal poderá sofrer redução.

Além disso, o comportamento do salário real médio é determinado pela equação:

$$WR_{(t)}^p = \frac{W_{(t)}^p}{\bar{P}_{(t)}^p} \quad (32)$$

Em que  $W_{(t)}^p$  equivale ao salário nominal médio e  $\bar{P}_{(t)}^p$  o preço médio da economia.

A renda agregada dos setores SB ou CT gerada pelas firmas na atividade de produção é descrita pela equação:

$$Tw_{s(t)}^p = \sum_{f=1}^n w_{sf(t)}^p \quad (33)$$

Além disso, a renda gerada pelos setores SB ou CT nas atividades de P&D equivale ao somatório dos salários pagos pelas firmas aos trabalhadores envolvidos no processo de *busca* imitativa e inovativa:

$$TwpD_{s(t)}^p = \sum_{f=1}^n wPD_{sf(t)}^p \quad (34)$$

Deste modo, a renda agregada ou total dos salários pagos pelo setores SB ou CT é:

$$Y_{s(t)}^p = Tw_{s(t)}^p + TwPD_{s(t)}^p \quad (35)$$

Portanto, a renda nominal agregada do país Norte e Sul é igual ao somatório dos salários pagos nas atividades de produção e de busca imitativa e inovativa nos setores Science-Based e Cumulative Technology, enquanto a renda real agregada é a renda nominal agregada deflacionada pelo nível geral de preços da economia do Norte e do Sul. Assim, a renda real agregada gerada pelo país equivale a soma das rendas dos setores:

$$YA_{(t)}^p = YA_{1(t)}^p + YA_{2(t)}^p \quad (36)$$

O produto interno bruto gerado pelos dois setores do país Norte e do Sul:

$$\left\{ \begin{array}{l} PIB_{s(t)}^N = \frac{C_t^N + \left( \frac{TEXP_t^{NS}}{e(t)} \right) - TEXP_{s(t)}^{SN}}{\bar{P}_t^N} \quad \text{se } \textit{PaísbaseéNorte} \\ PIB_{s(t)}^S = \frac{C_t^S + (TEXP_t^{SN} \cdot e(t)) - TEXP_t^{NS}}{\bar{P}_t^S} \quad \text{se } \textit{PaísbaseéoSul} \end{array} \right. \quad (37)$$

De acordo com a equação 37, o produto interno bruto real gerado pelos setores consiste na soma do consumo agregado dos trabalhadores, com o saldo gerado pela diferença entre a exportação total e a importação total dos setores SB e CT, o qual é convertido pela taxa de câmbio. O resultado da soma do consumo agregado e do saldo da balança comercial é deflacionado pelo nível de preços.

A exportação total do setor é:

$$TEXP_{s(t)}^{NS(SN)} = \sum_{f=1}^n Qdef_{sf(t)}^{NS(SN)} \quad (38)$$

A equação mostra que a exportação total dos setores SB e CT é a demanda efetiva externa que os setores recebem por sua produção. Em sentido contrário, a importação dos setores SB e CT é a demanda efetiva interna dos setores em relação à produção externa. O saldo da balança comercial é:

$$\left\{ \begin{array}{l} TB_{(t)}^N = -TB_{(t)}^S \quad \text{se } \textit{PaísbaseéNorte} \\ TB_{(t)}^S = TEXP_{1(t)}^{SN} + TEXP_{2(t)}^{SN} - \frac{TEXP_{1(t)}^{NS}}{e(t)} - \frac{TEXP_{2(t)}^{NS}}{e(t)} \quad \text{se } \textit{PaísbaseéoSul} \end{array} \right. \quad (39)$$

O saldo da balança comercial do país Sul é a diferença do total das exportações e das importações dos setores SB e CT do país convertida pela taxa de câmbio.

No caso da equação 40 refere-se ao hiato da produtividade agregada do trabalho da economia do Sul em relação a economia do Norte:

$$HT_{(t)} = \log \left( \frac{\bar{A}_{(t)}^N}{\bar{A}_{(t)}^S} \right) \quad (40)$$

O resultado desta equação exprime as diferenças de produtividade dos setores Science-Based e Cumulative Technology, assim como dos padrões de especialização da economia do Sul em relação a economia do Norte. 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.

Quanto a equação 41, expressa a taxa real de câmbio do país Norte e do Sul:

$$eR_{(t)}^N = e_t \cdot \left( \frac{\bar{P}_{(t)}^N}{\bar{P}_{(t)}^S} \right) \quad (41)$$

$$eR_{(t)}^S = e_t \cdot \left( \frac{\bar{P}_{(t)}^S}{\bar{P}_{(t)}^N} \right) \quad (42)$$

Por último, o padrão de especialização intra-setorial será definida pelo peso ou participação relativa dos setores Science-Based e Cumulative Technology no produto agregado do país Norte e do Sul.

#### 4. Política e Padrões de Desenvolvimento: Aplicando o ABM Norte-Sul para Compreender Divergência e Convergência

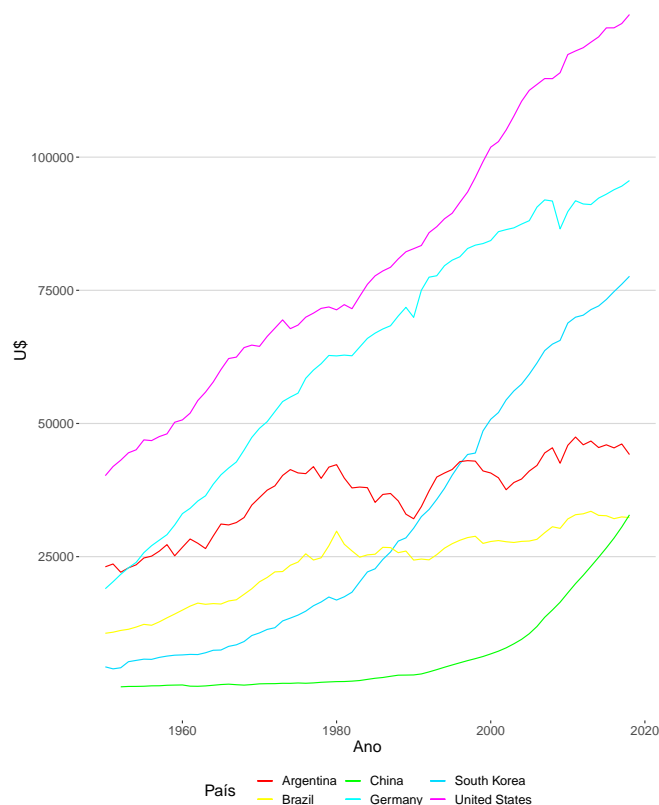
Na seção 4.1 caracteriza-se os padrões de desenvolvimento calcado em uma amostra de países desenvolvidos, de países da Ásia e de renda média da América Latina. Estes países foram escolhidos com o objetivo de ilustrar três grupos de países que apresentam políticas de desenvolvimento diversas: (a) países desenvolvidos como os Estados Unidos e Alemanha que são grandes investidores nas atividades de P&D, possuem um Sistema Nacional e Setorial de inovação consolidado com foco em setores de elevada complexidade econômica baseados em ciência e serviços empresariais de elevada produtividade, e firmas campeões internacionais; (b) países da Ásia 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; e (c) países da América Latina, Argentina e Brasil, que a partir da década de 70 e 80, respectivamente, não obtiveram êxito em consolidar um sistema nacional e setorial de inovação com foco em setores de alta complexidade econômica e serviços empresariais sofisticados, e possuem poucos campeões internacionais em setores produtores e exportadores de bens complexos e não ubíquos.

Por sua vez, na seção 4.2, para explicar o processo de divergência de países da América Latina e de convergência de países da Ásia, descreve-se e analisa-se os resultados das simulações dos três cenários. Para gerar os 3 cenários foi aplicado uma versão estilizada do método de Monte Carlo: cada observação das variáveis meso e macro no período 1-540 é uma média de 50 corridas de simulação. Os valores de parâmetros dos cenários 1,2 e 3 foram reportadas na Tabela 1, foram determinados inspirados na abordagem da calibração indireta usado em modelos macroeconômicos baseado em agente (Dosi and Roventini [10]). No Cenário 1, como as firmas do Norte e Sul são idênticas há apenas um valor para estes parâmetros no período 1-540. Por outro lado, para a formulação dos Cenários 2 e 3, foram alterados os parâmetros que representam as políticas de imitação (*PIMS*), de inovação ( $\theta S$ ) e de câmbio ( $\phi$ ), No Cenário 2 para caracterizar a convergência condicional para a adoção de políticas de imitação, inovação e de proteção comercial via depreciação da taxa de câmbio, a partir do período 81, o parâmetro de imitação aumenta de 0.5 para 1, de inovação de 0.001 para 0.12 e de política de câmbio de 1 para 1.26. Por sua vez, no Cenário 3, para caracterizar o efeito da descontinuidade das políticas de convergência condicional de países da América Latina, no período 41 retratando que a convergência em países da América Latina teve início antes de países da Ásia, o parâmetro de imitação aumenta de 0.5 para 1, de inovação de 0.001 para 0.04 e de depreciação de câmbio de 1 para 1.26; porém retornado aos valores iniciais a partir do período 209. Em suma, no Cenário 3, busca-se representar e analisar os efeitos da descontinuidade das políticas de convergência condicional e a menor capacidade de inovação de países da América Latina.

##### 4.1. Padrões de Desenvolvimento Econômico: Divergência e Convergência

A Figura 1, mostra a evolução da produtividade do trabalho ou o produto (em dólares de 2017) por trabalhador, principal determinante da renda per capita, de uma amostra de países desenvolvidos e de renda média. Verifica-se que há uma diversidade de padrões de desenvolvimento dos países da amostra nos últimos setenta anos, com a existência de três grupos: (i) os dois países EUA e a Alemanha apresentam uma produtividade

Figura 1: Dinâmica da Produtividade do Trabalho



Fonte: Elaborado a partir de dados do The Conference Board Total Economy Database, November 2018

do trabalho maior e crescente no período;(ii) a produtividade do trabalho da Coreia do Sul a partir da década de 80, e da China a partir dos anos 2000, possuem uma tendência de convergência para o nível dos EUA e Alemanha; e (iii) a produtividade do trabalho da Argentina e do Brasil a partir da década de 70 e 80, respectivamente, caracterizam-se pela divergência em relação ao nível dos EUA e Alemanha.

Com efeito, existe uma diferença muito grande entre os países da Ásia e América Latina quando se trata de produtividade do trabalho – também conhecida pelo termo *gap tecnológico*. As evidências empíricas sugerem que países com maior produtividade do trabalho tendem a possuir maior renda per capita, a liderar o comércio internacional e apresentar maior riqueza, comparado aos países em desenvolvimento de renda baixa e de renda média.

Há uma extensa literatura teórica e empírica que busca explicar o processo de convergência da Ásia e de divergência econômica de países da América Latina (Cimoli et al. [7], Bresser-Pereira et al. [4], Schot and Steinmueller [23], Lee and Malerba [18] e Hausmann et al. [17]), porém verifica-se que não há modelo baseado em agente de crescimento e comércio Norte-Sul capaz de gerar e explicar estes distintos padrões de desenvolvimento. No ABM de crescimento e Comércio Norte-Sul, propõe-se que a produtividade do trabalho da firma depende do seu nível tecnológico, mas também do estágio de desenvolvimento do Sistema Nacional e Setorial de Inovação e da política de Ciência, Tecnologia e Inovação do País; e se traduz em aumento da competitividade por parte das firmas, tanto no mercado interno quanto no mercado externo. Assim, a política de inovação e imitação em combinação com a política de proteção comercial via depreciação da taxa de câmbio são adotadas para reduzir o hiato tecnológico entre as firmas dos setores Science-Based e Cumulative Technology do País do Sul em relação as firmas destes setores do Norte, induzir a convergência do padrão de especialização intra-setorial e, destarte, induzir a convergência da produtividade agregada do trabalho e da renda per capita do Sul em relação ao do Norte.

#### 4.2. Análise Comparativa de Cenários 1, 2, 3

Para analisar os determinantes e a natureza dos diversos padrões de desenvolvimento internacional, propõe-se três cenários de simulação por meio do ABM de Crescimento e Comércio Norte-Sul: nos três Cenários, há 20 firmas no setor Science-Based e 20 firmas no setor Cumulative Technology, sendo que cada firma contrata inicialmente 5 unidades de trabalho. No cenário 1 ou neutro as firmas dos setores Science-Based e da Cumulative

Technology da economia do Norte e do Sul, nascem idênticas, podendo sofrer tornar-se heterogêneas ao longo dos períodos de simulação. Este cenário busca mostrar que o ABM de crescimento e comércio North-South possui um equilíbrio estatístico sem viés a favor de firmas da economia do Norte e do Sul: (i) a dinâmica da produtividade agregada do trabalho da economia do Norte e do Sul são muito próximas, tornando o hiato tecnológico próximo de zero, (ii) as taxas reais de câmbio da economia do Norte e do Sul oscilam sem tendência de alta e baixa, e sua média ao longo de 540 períodos é próximo a 1, (iii) o padrão de especialização setorial da economia do Sul é próxima da economia do Norte, em ambas as economias o maior peso no produto agregado é do setor baseado em ciência, (iv) o salário real da economia do Norte e do Sul seguem a dinâmica da produtividade agregada do trabalho, sem diferenciação, (v) a dinâmica da renda real do Sul é muito próxima da economia do Norte (Tabela 2 e Figuras ).

No cenário 2, por sua vez, o ABM de crescimento e comércio Norte-Sul mostra que é possível ocorrer o processo de convergência condicional de firmas da economia do Sul em relação as firmas da economia do Norte. As firmas dos setores Science-Based e Cumulative Technology da economia do Norte e do Sul, nascem heterogêneas (Tabela 1): o efeito da distância tecnológica ( $\alpha_{SSB}=150$ ) é maior sobre as firmas da economia do Sul no setor Science-Based devido a diferenças culturais, de língua, e sobretudo a deficiência de seu Sistema Nacional e Setorial de Inovação e, além disso, possuem menor capacidade de imitação e inovação do que as firmas do Norte em ambos os setores. Porém, ainda conforme Tabela 1, no período 81, a economia do Sul ao adotar uma política de proteção comercial do mercado doméstico via política de depreciação de 26% ( $\phi$  aumenta de 1 para 1.26) da taxa nominal e real de câmbio, e sobretudo de consolidação de um Sistema Nacional e Setorial de Inovação calcado em uma estratégia de diversificação da estrutura produtiva em direção a setores com maior grau de oportunidade tecnológica e elasticidade-renda da demanda ( $\epsilon_{SB}=0.7$  e  $\epsilon_{CT}=0.3$ ), em combinação com uma política de Ciência, Tecnologia e Inovação com foco na capacidade de imitação ( $PIMS$  aumenta de 0.5 para 1 no período 81) e inovação ( $\theta_S$  aumenta de 0.001 para 0.12 no período 81), consegue a eliminação do hiato tecnológico, da apreciação da taxa real de câmbio e da divergência do padrão de especialização intra-setorial (Cenário 2 da Tabela 2 e Figuras 2-4):(i) a dinâmica da produtividade agregada do trabalho da economia do Sul que inicialmente era divergente em relação a Norte, após a adoção das políticas tornam muito próximas, tornando o hiato tecnológico próximo de zero, (ii) a taxa real de câmbio da economia do Sul que possuía uma tendência de alta antes da política, torna-se mais estável, (iii) o padrão de especialização intra-setorial da economia do Sul que era também divergente em relação ao do Norte, acaba se aproximando da economia do Norte, e (iv) o salário real da economia do Sul inicialmente divergente, acaba convergindo para o nível da economia do Norte. Em suma, neste cenário 2, a política de proteção comercial via câmbio causa aumento dos mark ups e lucros de firmas do Sul que podem contratar mais trabalhadores do que as firmas do Norte para as atividades de produção, imitação e inovação, em ambos os setores. A política de proteção comercial em combinação com as políticas de imitação e inovação adotada pela economia do Sul, gera firmas campeões internacionais em termos de produtividade e competitividade, proporcionando uma convergência na produtividade setorial e, ao mesmo tempo, no padrão de especialização intra-setorial, o que explica e justifica a convergência da produtividade agregada do trabalho e do salário real do Sul em relação ao Norte.

Tabela 1: Parâmetros dos Cenários 1,2 e 3

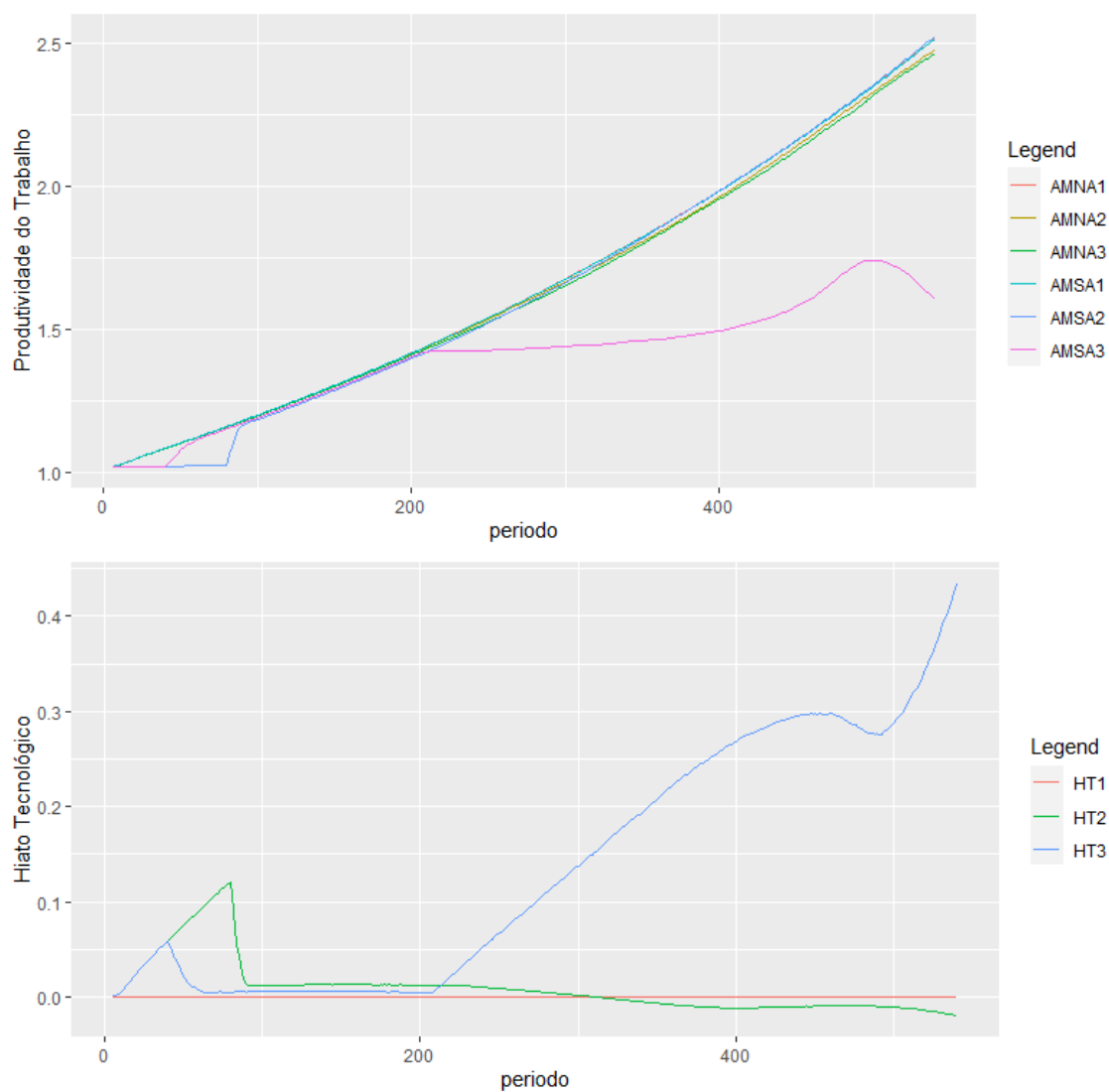
Descrição	Símbolo	Valor
Dificuldade de firmas Setor SB do Norte de imitar as técnicas do Sul	$\alpha_{NSB}$	100
Dificuldade de firmas Setor SB do Sul de imitar as técnicas do Norte	$\alpha_{SSB}$	150
Dificuldade de firmas Setor CT do Norte de imitar as técnicas do Sul	$\alpha_{NCT}$	50
Dificuldade de firmas Setor CT do Sul de imitar as técnicas do Norte	$\alpha_{SCT}$	50
Parcela de trabalhadores envolvidos em P&D	$\gamma$	0.2
Produtividade dos trabalhadores envolvidos em P&D	$\lambda$	0,1
Probabilidade de inovação de firmas do Norte(ou imitação 0.85)	$\theta_N$	0.15
Probabilidade de inovação de firmas do Sul(ou imitação)	$\theta_S$	[0.15,0.001 – 0.12,0.001–0.04 – 0.001]
Sensibilidade da demanda de trabalho no caso de lucro negativo	$\eta$	0.005
Desvio padrão de inovação	$\sigma_{in}$	0.0025
Capacidade de imitação de firmas do Norte (proporção)	$PIMN$	1
Capacidade de imitação de firmas do Sul (proporção)	$PIMS$	[1,0.5 – 1,0.5 – 1 – 0.5]
Sensibilidade do <i>market-share</i> a diferença de competitividade Setor SB	$\beta_{SB}$	0.05
Sensibilidade do <i>market-share</i> a diferença de competitividade Setor CT	$\beta_{CT}$	0.025
Sensibilidade do Mark Up a variações do market share	$\epsilon$	0.05
Diferença de produtividade em relação a produtividade agregada do trabalho incorporado ao salário de trabalhadores envolvidos na produção	$\varphi$	0,25
Diferença de produtividade em relação a produtividade agregada do trabalho incorporado ao salário de trabalhadores envolvidos em P&D	$\varpi$	0.5
Custos de transação de exportação	$\delta$	1.186
Sensibilidade do "salto"de produtividade devido a inovações calcado em avanços científicos	$\tau$	0.002
Elasticidade-renda da demanda por bens do setor Science-Based(SB)	$\epsilon_{SB}$	0.7
Elasticidade-renda da demanda bens do setor Cumulative Technology(CT)	$\epsilon_{CT}$	0.3
Política de câmbio do País Sul	$\phi$	[1,1 – 1.26,1 – 1.26 – 1]

Fonte:Elaboração própria baseada na abordagem da calibração indireta.

Nota:Os números em colchetes da esquerda para a direita são os valores dos parâmetros que representam as políticas do País Sul de imitação, inovação e de câmbio dos Cenários 1,2 e 3, respectivamente.

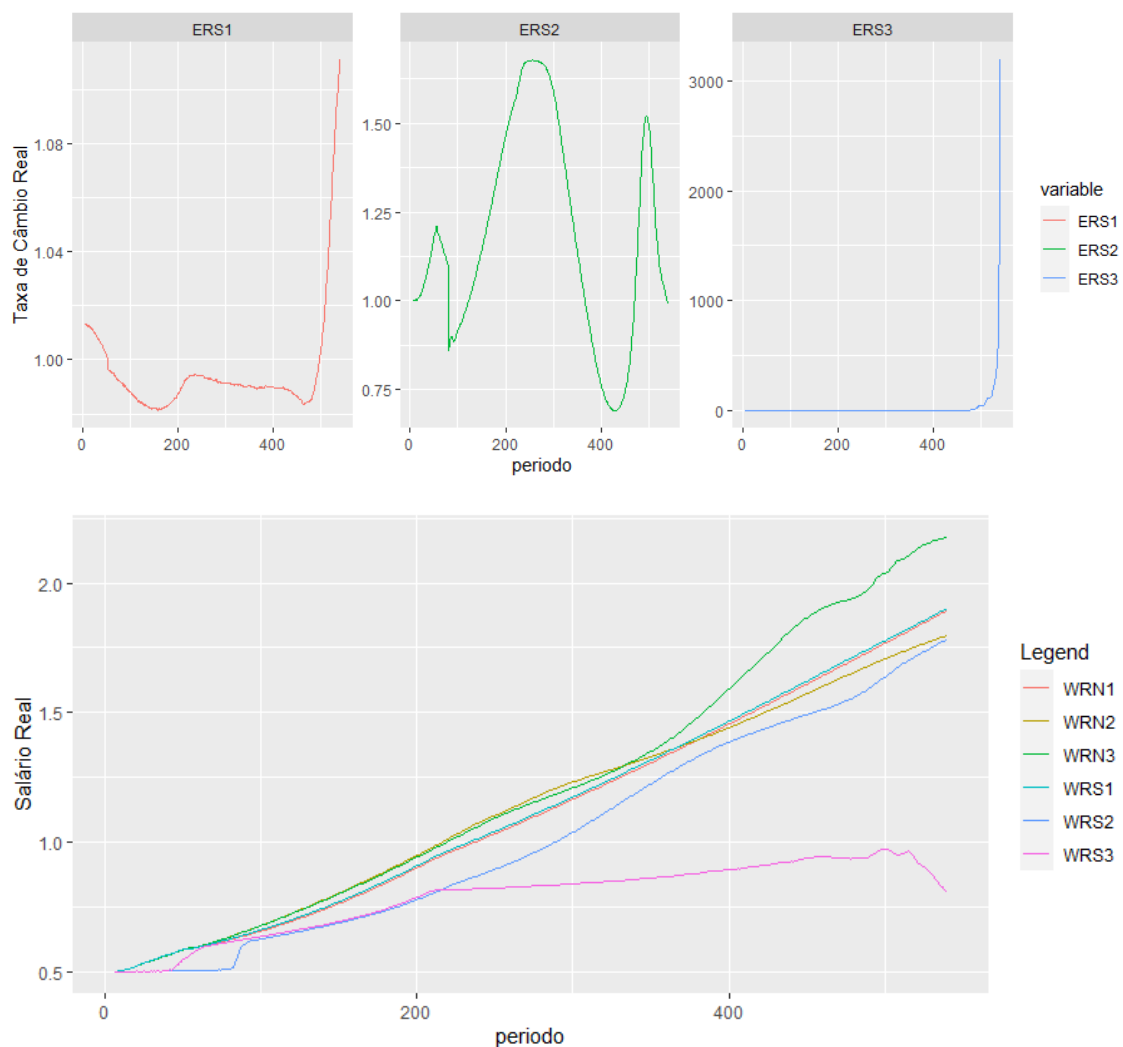
Por último, no cenário 3, o ABM Norte-Sul mostra que é possível ocorrer o processo de divergência, convergência e novamente divergência de firmas da economia do Sul em relação as firmas da economia do Norte. Neste cenário, as firmas dos setores Science-Based e Cumulative Technology da economia do Norte e do Sul, nascem heterogêneas conforme já caracterizado no cenário 2 (Tabela 1). Porém, a diferença deste cenário 3 em relação ao cenário 2, é que há uma descontinuidade no esforço da política de convergência tecnológica e econômica do Sul em relação ao Norte: assim como no cenário 2, no período 41 caracterizando que o processo de convergência de países da America Latina iniciou-se antes em países da Ásia, a economia do Sul adota uma política de proteção comercial do mercado doméstico via uma depreciação de 26% da taxa nominal e real de câmbio e uma política de aumento da capacidade de imitação/absorção da tecnologia estrangeira captada pelo parâmetro  $PIMS$  que aumenta de 0.5 para 1, e uma política de elevação da capacidade de inovação captada pelo parâmetro  $\theta_S$  que aumenta de 0.001 para 0.04, menor do que do Cenário 2; porém abandona tais políticas no período 209, captada pela redução destes parâmetros aos níveis iniciais  $\phi=1$ ,  $PIMS=0.5$  e  $\theta_S=0.001$ , antes de completar o processo de convergência tecnológica e econômica (Cenário 3 da Tabela2 e Figuras 2-4):(i) a dinâmica da produtividade agregada do trabalho da economia do Sul que inicialmente era divergente em relação a Norte, após a adoção das políticas tornam-se mais próximas, mas após abandonar a política de convergência, o hiato tecnológico segue novamente uma tendência de alta, (ii) a taxa real de câmbio da economia do Sul que possuía uma tendência de alta antes da política, torna-se mais estável, mas volta a seguir um tendência de apreciação,(iii) o padrão de especialização intra-setorial da economia do Sul caracteriza-se pela divergência, convergência e novamente divergência, acabando se distanciando da economia do Norte, e (iv) o nível do salário real da economia do Sul inicialmente divergente, acaba convergindo para o nível da economia do Norte, contudo acaba novamente sofrendo a divergência, após o abandono das referidas políticas.

**Figura 2-Dinâmica da Produtividade do Trabalho do Norte e do Sul, e do Hiato Tecnológico do Sul, nos Cenários 1,2 e 3.**



**Fonte: Elaboração a partir de dados gerados nos Cenários 1,2 e 3**

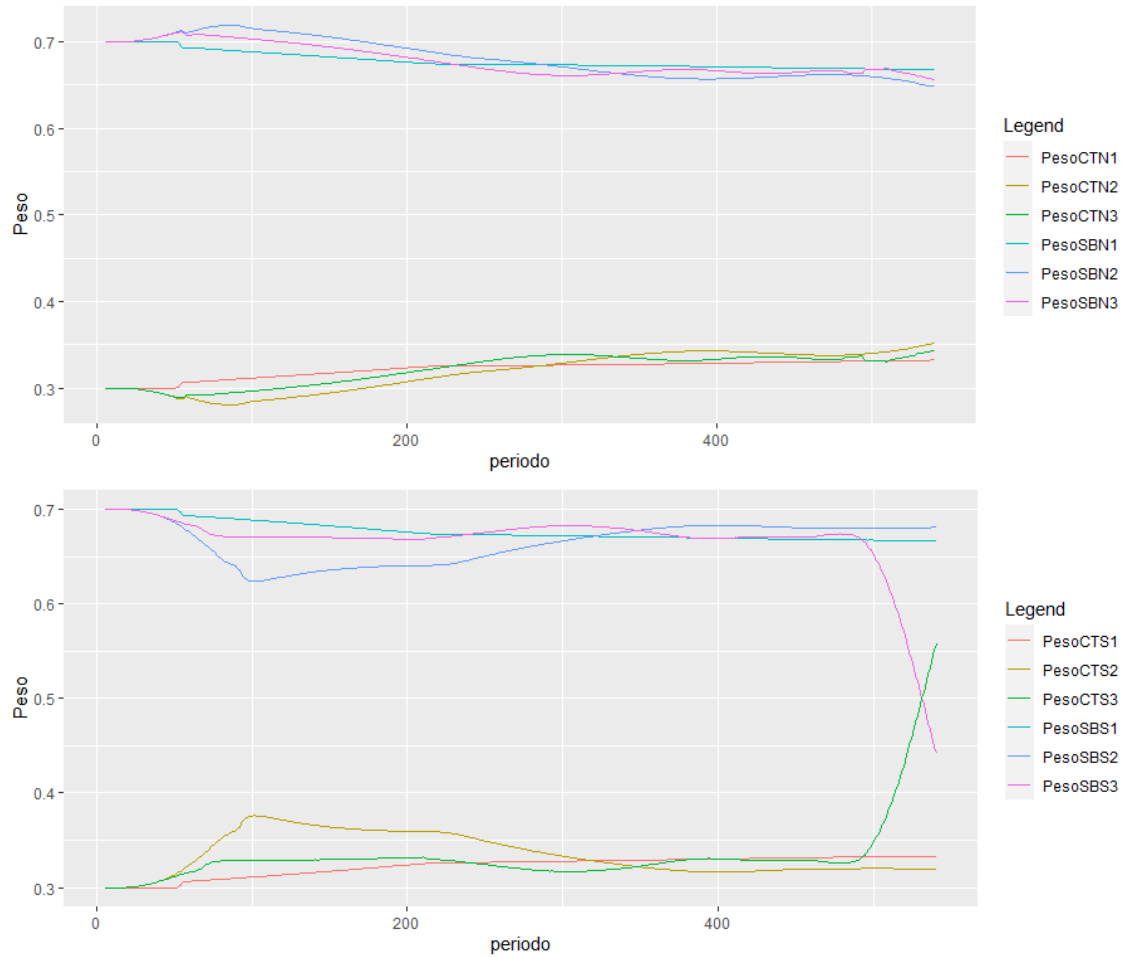
**Figura 3-Dinâmica da Taxa Real de Câmbio do Sul, e do Salário Real do Norte e Sul, nos Cenários 1,2 e 3.**



**Fonte: Elaboração a partir de dados gerados nos Cenários 1,2 e 3**



**Figura 4-Dinâmica do Padrão de Especialização Intra-Setorial do Norte e do Sul, nos Cenários 1,2 e 3.**



**Fonte: Elaboração a partir de dados gerados nos Cenários 1,2 e 3**

Tabela 2: Resultados de Simulações dos Cenários 1,2 e 3.

	Avg.[1].	Min.[1].	Max.[1].	Avg.[2].	Min.[2].	Max.[2].	Avg.[3].	Min.[3].	Max.[3].
Produtividade Norte	1.65	1.02	2.52	1.64	1.02	2.48	1.63	1.02	2.46
Produtividade Sul	1.65	1.02	2.52	1.63	1.02	2.52	1.4	1.02	1.74
Hiato tecnológico	0.00031	-0.000227	0.000929	0.00977	-0.0192	0.121	0.134	2.22e-5	0.434
Câmbio real Sul	0.996	0.981	1.11	1.18	0.692	1.68	29.5	0.379	3190
Peso Setor SB Norte	0.678	0.5	0.824	0.681	0.5	0.824	0.678	0.5	0.824
Peso Setor CT Norte	0.322	0.176	0.5	0.319	0.176	0.5	0.322	0.176	0.5
Peso Setor SB Sul	0.677	0.5	0.825	0.665	0.5	0.825	0.667	0.442	0.825
Peso Setor CT Sul	0.323	0.175	0.5	0.335	0.175	0.5	0.333	0.175	0.558
Salário real Norte	1.12	0.376	1.89	1.13	0.376	1.8	1.21	0.376	2.18
Salário real Sul	1.13	0.375	1.9	1.02	0.374	1.78	0.785	0.374	0.975

Fonte:Elaboração a partir de dados gerados pelas simulações dos cenários 1,2 e 3

Nota:Número em cochetes indica o número do cenário: [1] Cenário1-Neutro, [2] Cenário 2-Convergência Condicional, [3] Cenário 3-Divergência,Convergência e Divergência.Corridas de MC = 50 / período = 1 - 540

## 5. Conclusions

Os resultados das simulações dos cenários 1, 2 e 3, sugerem que a dinâmica do hiato tecnológico é um dos determinantes da apreciação da taxa real de câmbio, e que a presença ou ausência da capacidade de inovação, além da capacidade de imitação/absorção, com a presença ou ausência da política de proteção comercial via depreciação da taxa real de câmbio, são capazes de induzir a convergência ou divergência das produtividades dos setores Science-Based e Cumulative Technology e do padrão de especialização da economia do Sul em direção ao padrão de especialização da economia do Norte: com efeito, a produtividade agregada do trabalho do Sul pode sofrer divergência ou convergência em relação aos níveis do Norte. Em suma, no cenário 2, verifica-se que a depreciação da taxa real de câmbio, aumenta os mark up e os lucros de firmas do Sul, possibilitando a contratação de novos trabalhadores para as atividades de produção, de imitação e inovação, reforçada pelo aumento da capacidade de imitar e inovar de firmas do Sul resultado da política industrial e da política de Ciência, Tecnologia e Inovação adotada pelo Sul. A capacidade de gerar inovações, mais do que de imitar, e a mudança estrutural intra-setorial são os determinantes da produtividade agregada do trabalho e, portanto, do crescimento da renda per capita.

Estes resultados sugerem que o sucesso de países da Ásia que realizaram a convergência econômica e escaparam da armadilha da renda média como a Coreia do Sul e a China no período após a década de 70, foi a transição de um Sistema Nacional e Setorial de Inovação focado na capacidade de absorção para um focado na geração e difusão de inovações em setores industriais de média-alta e alta tecnologia e de serviços sofisticados como os empresariais, permitindo produzir e exportar bens e serviços diversificados e não ubíquos.

As economias de renda média da América Latina como a Argentina e o Brasil que sofrem da armadilha da renda média, não obtiveram êxito em realizar a convergência da renda per capita e da produtividade do trabalho devido a falha na transição de um Sistema Nacional e Setorial de Inovação focado na capacidade de absorção para um focado em capacidades de geração e difusão de inovação em setores intensivos em conhecimento tecnológico e científico. Uma política de desenvolvimento para as economias de renda média requer a consolidação de um Sistema Nacional e Setorial de Inovação que faça a combinação de capacidades de absorção e de inovação em setores da indústria de média-alta e alta tecnologia e setores de serviços sofisticados como os empresariais.

A política de ciência, tecnologia e inovação (STI) para países de renda média requer atribuir maior peso ao processo de mudança estrutural intra-setorial em detrimento de mudança estrutural inter-setorial e devem ser focadas não apenas em falhas de mercado no fornecimento de novo conhecimento, mas sobretudo em falhas de capacidades tecnológicas de absorção e de inovação de firmas locais, e em falhas sistêmicas em nível nacional e setorial: uma das possibilidades é criar mecanismos para aumentar as interações entre o sistema de ensino superior público e privado e as firmas com foco em inovações. Em suma, o êxito na formulação e implementação da política de ciência, tecnologia e inovação em países da América Latina que sofrem da armadilha da renda média consiste na aplicação de três estruturas simultaneamente: (i) a institucionalização do apoio governamental para as atividades científicas e de P&D, quando identificadas a presença de falhas de mercado na provisão privada de novos conhecimentos científicos e tecnológicos; (ii) a estruturação ou otimização de um sistema nacional e setorial de inovação para a criação e comercialização de novos conhecimentos científicos e tecnológicos, com foco na construção de redes, clusters, e no incentivo para a aprendizagem entre os elementos dos sistemas e na promoção da cultura da inovação e empresarial; (iii) formulação e implementação de políticas de inovação transformadora quanto a equidade social e a sustentabilidade ambiental, desde que as políticas dos itens (i) e (ii), não são capazes de cumprir os objetivos do desenvolvimento sustentável.

## Referências

- [1] Araújo, R., Lima, G., 2007. A structural economic dynamics approach to balance-of-payments-constrained growth. *Cambridge Journal of Economics* 31(5), 755–774.
- [2] Blecker, R.A., 1996. The new economic integration: Structuralist models of north-south trade and investment liberalization. *Structural Change and Economic Dynamics* 7, 321–345.
- [3] Botta, A., 2009. A structuralist north-south model on structural change, economic growth and catching-up. *Structural Change and Economic Dynamics* 20, 61–73.
- [4] Bresser-Pereira, L., Araújo, E., Peres, S., 2020. An alternative to the middle-income trap. *Structural Change and Economic Dynamics* 52, 294–312.
- [5] Ciarli, T., Lorentz, A., Savona, M., Valente, M., 2010. The effect of consumption and production structure on growth and distribution. a micro to macro model. *Metroeconomica* 61, 180–218.
- [6] Cimoli, M., 1988. Technological gaps and institutional asymmetries in a north-south model with a continuum of goods. *Metroeconomica* 39, 245–274.

- [7] Cimoli, M., Pereima, J., Porcile, G., 2019. A technology gap interpretation of growth paths in asia and latin america. *Research Policy* 48, 125–136.
- [8] Cimoli, M., Porcile, G., 2013. Technology, structural change and bop constrained growth: a structuralist toolbox. *Cambridge Journal of Economics* 38, 215–237.
- [9] Cimoli, M., Porcile, G. and, P.A., Vergara, S., 2005. Cambio estructural, heterogeneidad productiva y tecnologica em america latina. in:cimoli, m. heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento em america latina. *CEPAL-BID* , 9–39.
- [10] Dosi, G., Roventini, A., 2019. More is different ... and complex! the case for agent-based macroeconomics. *Journal of Evolutionary Economics* 29, 1–37.
- [11] Dosi, G., Roventini, A., Russo, E., 2019. Endogenous growth and global divergence in a multi-country agent-based model. *Journal of Economic Dynamics and Control* 101, 101–129.
- [12] Dutt, A., 2003. Income elasticities of imports, north-south trade and uneven development. *Development Economics and Structuralist Macroeconomics: Essays in Honor of Lance Taylor* , 307–335.
- [13] Fagerberg, J., 2000. Technological progress, structural change and productivity growth: a comparative study. *Structural Change and Economic Dynamics* 11(4), 393–411.
- [14] Fernandes, A., Porcile, G., 2007. Um modelo evolucionário norte-sul. *Revista de Economia Política* 27, 633–650.
- [15] Fisher, R., 1930. *Genetical Theory of Natural Selection*. Oxford: Clarendon Press.
- [16] Gabriel, L., Jayme Jr, F., Oreiro, J.L., 2016. A north-south model of economic growth, technological gap, structural change and real exchange rate. *Structural Change and Economic Dynamics* 38, 83–94.
- [17] Hausmann, R., Hidalgo, C.A., Bustos, S., Coscia, M., Chung, S., Jimenez, J., Simoes, A., Yildirim, M.A., 2013. *The atlas of economic complexity*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- [18] Lee, K., Malerba, F., 2018. Economic catch-up by latecomers as an evolutionary processeconomic catch-up by latecomers as an evolutionary process. in r. nelson, g. dosi, c. helfat, a. pyka, p. saviotti, k. lee, et al. (authors), *modern evolutionary economics: An overview*. cambridge: Cambridge university press , 185–220.
- [19] Nelson, R.R., Winter, S.G., 1982. *An evolutionary theory of economic change*. 4. [print.] ed., Belknap Press of Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass. [u.a.].
- [20] OECD, 2014. *Perspectives on Global Development 2014: Boosting Productivity to Meet the Middle-Income Challenge*. OECD Publishing, Paris.
- [21] Pasinetti, L.L., 1993. *Structural economic dynamics A theory of the economic consequences of human learning*. Cambridge University Press.
- [22] Ros, J., Skott, P., 1997. Dynamic effects of trade liberalization and currency overvaluation under conditions of increasing returns. *The Manchester School* 66, 466–489.
- [23] Schot, J., Steinmueller, W.E., 2018. Three frames for innovation policy: Rd, systems of innovation and transformative change. *Research Policy* 47, 1554–1567.
- [24] Valente, M., 2012. Evolutionary demand: a model for boundedly rational consumers. *Evolutionary Economics* 22, 1029–1080.
- [25] Yilmaz, G., 2016. Labor productivity in the middle income trap and the graduated countries. *Central Bank Review* 16, 73–83.