

# Simulação da Dinâmica do Crescimento Econômico em um Modelo Kaldoriano-Evolucionário no Contexto da Economia Brasileira

Evaldo Henrique da Silva

*Universidade Federal de Viçosa (DEE/UFV), Brasil*

Lia Hasenclever

*Universidade Federal de Viçosa (IE/UFV), Brasil*

---

## Resumo

O estudo das interações entre as mudanças tecnológicas, a competitividade industrial e o crescimento econômico é tema recorrente na literatura econômica. Neste artigo é apresentado um modelo de simulação que sintetiza as abordagens kaldorianas e evolucionárias. O crescimento da produção é liderado pelas exportações. Por sua vez, essa produção foi desagregada de acordo com as características do regime de aprendizagem tecnológica (ou regime tecnológico), o que permitiu a formação de três grupos taxonômicos industriais, mais um grupo dos setores de serviços, para os quais não foi apresentada uma proposta taxonômica. Com esses agrupamentos foi elaborado um modelo de simulação do tipo insumo-produto, cuja dinâmica emerge do crescimento das exportações mundiais e da evolução do *market share* das exportações e das importações. Os fatores determinantes desse *market share* decorrem do regime tecnológico prevalecente em cada grupo setorial. Em sua maior parte, esses fatores são determinados exogenamente. Em dos grupos, ocorre a realimentação cumulativa entre a produção industrial e a competitividade externa. Foram analisados dois cenários. Um deles cumpriu a função de *benchmark*, usado na calibração do modelo. O outro serviu para avaliar os efeitos das defasagens temporais e dos choques aleatórios, que foram incorporados aos gastos de consumo do governo. No exercício de simulação foram produzidos resultados inusitados. Entre eles está a observação de que as estimativas das elasticidades-renda são afetadas pelo intervalo das séries temporais, mantidos constantes os parâmetros estruturais do modelo. O outro foi a conclusão de que as taxas de crescimento das exportações não são a causa explicativa das taxas de crescimento da economia e que essas taxas, por sua vez, não são a causa explicativa das taxas de investimento. No geral, a incorporação de defasagens temporais e choques aleatórios nos componentes da demanda final impossibilitou a identificação das relações de causalidade entre as séries estacionárias do modelo.

*Palavras-chave:* Inovação, Crescimento Econômico, Competitividade, Simulação

*Classificação JEL:* O41

## Abstract

The study of the interactions between technological change, industrial competitiveness and economic growth is recurring theme in the economic literature. In this article we present a simulation model that combines the kaldorianas and evolutionary approaches. Output growth is led by exports. In turn, this production was broken down according to the characteristics of the technological learning regime (or technological regime), which allowed the formation of three industrial taxonomic groups and the group of service sectors, for which there are no a taxonomic proposal. With these groups was drawn up a simulation model of input-output type, which emerges from the dynamic growth of world exports and the development of the market share of exports and imports. The key determinants of market share resulting from technological regime prevailing in each sector. For the most part, these factors are determined exogenously. In one group, there is a cumulative feedback between the manufacturing and external competitiveness. We analyzed two scenarios. One had the function of benchmark, used for calibration of the model. The other was to evaluate the effects of time lags and random shocks, which were incorporated into the consumer spending of the government. In the simulation exercise was produced unusual results. Among them is the observation that the income-elasticity estimates are affected by the interval of time series, fixed the structural parameters of the model. Another result was the finding that the growth rates of exports are not explaining the rates of economic growth and that the growth rates, in turn, are not explaining the investment rates. Overall, the incorporation of time lags and random shocks on the components of final demand impossible to identify the relations of causality between the stationary series of the model.

---

## 1. Introdução

Existem muitas afinidades entre as abordagens kaldorianas e evolucionárias. Apesar disso, a síntese entre essas abordagens se traduz na rejeição da hipótese de que a elasticidade-renda das exportações e das importações é uma variável exógena. Em seu lugar, deve-se adotar o princípio de Fisher (*replicator equation*) para analisar a dinâmica do *market share* das exportações e dos coeficientes de penetração das importações, colocando em cena a noção evolucionária de seleção. Por outro lado, é necessário o reconhecimento das especificidades setoriais em termos do processo de aprendizagem tecnológico, fazendo do conceito de regime tecnológico um dos elementos-chave das análises.

O ponto de partida desta pesquisa reside nas análises teóricas que permitem associar o conceito de regime tecnológico aos fatores de seleção dos setores nacionais no mercado externo. A Seção 2 foi elaborada com esse propósito. A estrutura matemática do modelo de simulação, a qual será apresentada na Seção 3,

---

\* Recebido em novembro de 2009, aprovado em agosto de 2010.

E-mail address: ehsilva@ufv.br

pode ser resumida nos seguintes aspectos: pelo conceito de regime tecnológico, será formada uma matriz de insumo-produto ( $4 \times 4$ ), indicando a existência de quatro grupos taxonômicos relativos aos setores da atividade produtiva; por conta das especificidades do regime tecnológico, apenas um desses grupos ficará submetido ao mecanismo de causação circular e cumulativa entre a produção e o desempenho competitivo. Os únicos componentes exógenos da demanda final estão localizados entre os elementos determinantes das exportações setoriais. Por sua vez, a calibração desse modelo foi realizada seguindo o preceito de que o modelo deveria reproduzir os “fatos estilizados” do desempenho produtivo e competitivo desses grupos taxonômicos, o que exigiu um estudo empírico para justificar os agrupamentos setoriais usados no modelo e a descrição do caminho temporal das variáveis indicadoras da produção e do desempenho externo desses grupos setoriais.

Foram muitas as simplificações do modelo, resultando na abstração das dinâmicas de preço, de câmbio, do fluxo de capital, das participações de cada grupo setorial no mercado interno etc. O exercício de simulação ficou limitado à análise dos efeitos das defasagens temporais e dos choques aleatórios sobre as propriedades e trajetórias macroeconômicas resultantes do exercício de simulação.

Apesar do elevado nível de abstração do modelo, esse exercício produziu resultados que instigam a busca de nova linha de pesquisa empírica dos modelos kaldorianos de crescimento liderado pelas exportações.

A “lei” de Thirlwall é base das tradicionais pesquisas empíricas desse modelo. Entre elas têm-se destacado os modelos de cointegração, por serem mais indicados para a análise das relações de longo prazo concebidas nessa “lei”. Na maior parte dos estudos empíricos que a testam obtêm-se resultados estatisticamente robustos.<sup>1</sup> No entanto, o teste da direção da causalidade, na qual o produto nacional é considerado a variável dependente, foge do escopo dos modelos de cointegração. Sendo esse um ponto delicado, visto que existe uma série de estudos baseados no teste de Granger (modelos de regressão simples ou vetoriais) com resultados igualmente robustos e que são desfavoráveis à “lei” de Thirlwall.<sup>2</sup> É óbvio que esses testes estão sujeitos à críticas, visto tratarem de determinações dentro de um intervalo temporal que pode ser considerado “curto” (mesmo envolvendo modelos com *lags* temporais de 10 anos ou mais) do ponto de vista da dimensão temporal implícita na “lei” de Thirlwall.

Os resultados do exercício de simulação apresentados neste artigo demonstram que, de fato, o teste de Granger falha no seu objetivo de testar a “lei” de Thirlwall, ainda que as determinações entre as exportações e o produto nacional abranjam um escopo temporal que pode ser considerado de curto de prazo. A razão fundamental dessa falha se deve ao fato de que as relações de causalidade entre as exportações e o produto nacional são não lineares, havendo determinações cruzadas e cumulativas entre exportações, renda nacional e importações, apesar de suas taxas de variações estarem submetidas a séries temporais de natureza estacionárias. Esse é o resultado

<sup>1</sup> Moreno-Brid (2003), Bertola et alii (2002), Jaime Jr. (2001) e Razmi (2004).

<sup>2</sup> Ver Giles e Williams (2000).

fundamental da incorporação de elementos teóricos da economia evolucionária nos modelos kaldorianos de crescimento liderado pelas exportações.

## 2. Fundamentos Evolucionários dos Padrões Setoriais de Inovação e de Competitividade

As inovações tecnológicas são o objeto central dos estudos evolucionários da dinâmica industrial. A atividade inovativa dentro das firmas ocupa, portanto, um dos principais eixos de investigação dessa abordagem. Essa atividade está ligada à aprendizagem tecnológica. Neste artigo é adotada a hipótese de que essa aprendizagem é um processo que envolve a aplicação deliberada de recursos para aquisição de novos conhecimentos (Lazonick 1993, 1997).

Dentro dessa perspectiva, os gastos com P&D (formal ou informal, permanente ou esporádico) das firmas representam uma variável-chave entre os determinantes da aprendizagem tecnológica dentro delas. O montante de recursos que cada firma aloca para as atividades de P&D resulta primordialmente das estratégias inovativas dessas firmas, as quais, em princípio, dependem do arbítrio que emana do sistema decisório prevalecente em cada uma. Na abordagem evolucionária é plenamente aceita a hipótese de que a discricionariedade das firmas é parcial, pois as interações competitivas e não competitivas são um fator condicionante das estratégias inovativas das firmas; por sua vez, os imperativos tecnológicos ou *regime tecnológico* são um fator condicionante dessas interações (Nelson e Winter 1982; Dosi 1982), dando origem aos padrões industriais ou setoriais de mudança tecnológica (Pavitt 1984).

Entre as diversas contribuições dedicadas às análises teóricas e empíricas do papel do regime tecnológico na determinação dos gastos com P&D das firmas existe o trabalho seminal de Cohen e Levinthal (1989), o qual servirá de referência para este artigo.

Um dos principais pilares do modelo de Cohen e Levinthal (1989) é a hipótese de que o conhecimento externo de caráter público (*spillover*, universidades, agências do governo, etc.) apresenta, em muitos casos, um grau de complexidade suficientemente elevado para impedir que ele seja automaticamente absorvido pelas firmas (hipótese da aquisição *non-costless* do conhecimento). Em razão dessa característica, as firmas deverão investir em aprendizagem diretamente focada para a absorção desses conhecimentos. Nessa perspectiva, os gastos com P&D apresentam duas faces interligadas. Uma delas é o seu tradicional papel na produção de novos conhecimentos dentro da firma; a outra se refere ao processo de aprendizagem que é necessário à formação da capacidade de absorção do conhecimento externo,<sup>3</sup> a qual, evidentemente, contribui para o desempenho da atividade inovativa das firmas.

---

<sup>3</sup> Uma análise extensiva do conceito de capacidade absorptiva foi produzida por Cohen e Levinthal (1989).

Na formalização desse raciocínio, Cohen e Levinthal (1989) elaboram um modelo expresso em um sistema de equações em que o acréscimo no estoque de conhecimento das firmas é gerado pela P&D interna e pelos conhecimentos externos gerados pela P&D das firmas rivais e pelas atividades técnico-científicas conduzidas por outras firmas não rivais e por instituições privadas e públicas de pesquisa. Esse acréscimo no estoque de conhecimento das firmas determina o lucro bruto.

A relação entre as duas faces dos gastos com P&D (produção interna de conhecimentos e absorção de conhecimento externo) é formulada de acordo com o seguinte conjunto de equações:

$$\pi^i = \Pi^i(z_i z_j) \tag{1}$$

$$z_i = M_i + \gamma + i \left( \theta \sum_{j=1}^{n-1} M_j + T \right) \tag{2}$$

$$\gamma_i = \Phi(M_i, \beta) \tag{3}$$

em que:

$\pi^i$  = lucro bruto da firma  $i$ ;

$z_i$  = acréscimo no estoque de conhecimento da firma  $i$ ;

$z_j$  = vetor constituído dos acréscimos no estoque de conhecimento das firmas rivais;

$\gamma_i$  = índice do nível de capacidade de absorção do conhecimento externo da firma  $i$  – varia de 0 a 1. O valor zero é o caso extremo em que a firma não consegue absorver nenhum conhecimento externo relevante para a sua atividade de inovação. No outro extremo, a firma absorve todo o conhecimento externo criado no período;

$M_i$  = gastos com P&D da firma  $i$ ;

$T$  = grau de oportunidade tecnológica medido pela quantidade de novos conhecimentos tecnológicos gerados fora da indústria e que pertencem ao seu campo técnico-científico;

$\theta$  = grau de trasbordamento intraindústria (*spillover*). Representa a parcela do conhecimento gerado pelos gastos de P&D das firmas rivais passível de ser absorvida pela firma  $i$ ;

$\beta$  = variável que capta o grau de dificuldade para manter e desenvolver a capacidade de absorção. Está associada ao grau de complexidade da *base de conhecimento*<sup>4</sup> que é necessária para a implementação das mudanças tecnológicas; e

$M_j$  = investimento em P&D realizado pelas firmas rivais, sendo  $j \neq k$ .

Cohen e Levinthal (1989) não explicitaram o formato da equação (1). Contudo, ela deve satisfazer as seguintes condições:  $\Pi_{z_i}^i > 0$ ,  $\Pi_{z_i z_i}^i < 0$ ,  $\Pi_{z_i z_j}^i < 0$  e  $\pi_{z_j}^i < 0$  (o subscrito indica derivadas parciais de primeira e segunda ordem).

De antemão, a elasticidade dos lucros em relação ao acréscimo do estoque de conhecimento é específica de cada firma. No entanto, Cohen e Levinthal (1989)

<sup>4</sup> Cf. Dosi (1988).

simplificam o modelo com a hipótese de simetria entre as funções-lucro de cada firma. Vale lembrar que  $\Pi_{z_i}^i < 0$  e  $\Pi_{z_i z_i}^i < 0$ , o que significa a queda da taxa de crescimento da participação de mercado da firma à medida que aumenta essa participação.

A hipótese de rendimentos decrescente da P&D é normalmente sustentada com o argumento de que as oportunidades tecnológicas tendem a se esgotar com o aumento dos gastos com P&D.<sup>5</sup> Implicitamente, é admitida a hipótese de que o tamanho do mercado é um reflexo das inovações tecnológicas. Neste artigo, as relações de determinação entre os gastos com P&D e o crescimento industrial são explicitamente tratadas a partir da hipótese de que a relação entre inovações tecnológicas e o crescimento das vendas de um determinado setor é mediada por diversos fatores, entre eles os encadeamentos industriais, a composição e os elementos autônomos da demanda final e o nível tecnológico das demais indústrias. Desse modo, considerando que esses fatores podem mudar independentemente da variável  $z_i$ , é razoável aceitar a hipótese de que o tamanho do mercado, o qual integra o conjunto de parâmetros da função  $\Pi_{z_i}^i$ , é exógeno em relação a  $z_i$ .

A equação (2) é o ponto central do modelo de Cohen e Levinthal (1989). A análise dessa equação permite antever as principais conclusões dos autores. Se a equação (3) for abstraída do modelo e se o valor de  $\gamma_i$  estiver próximo de zero, então é eliminado o segundo termo à direita da equação (2), fazendo com que o montante de P&D dependa exclusivamente dos parâmetros da função  $\Pi_{z_i}^i$ , independentemente do grau de *spillover* e de oportunidade tecnológica. Situação completamente distinta ocorre quando  $\gamma_i$  se aproxima da unidade. Nesse caso, o grau de *spillover* exercerá um papel crucial na determinação de  $M_i$ . Se o grau de *spillover* estiver próximo de zero, então os parâmetros da função  $\Pi_{z_i}^i$  serão decisivos, ao lado de  $T$ . No entanto, se  $\theta$  estiver próximo da unidade, a intensidade de P&D de cada firma provocará uma realimentação (*feedback*) negativa sobre os seus próprios lucros em decorrência do aumento do estoque de conhecimentos das firmas rivais. Nessa situação, haverá forte desestímulo à realização de gastos com P&D, independentemente dos valores contidos na função  $\Pi_{z_i}^i$ .

De acordo com Cohen e Levinthal (1989), esse raciocínio pode ser formalizado derivando  $\pi_i$  em relação a  $M_i$ . Feito isso, é obtida a seguinte expressão:

$$R_i = \Pi_{z_i}^i \left[ 1 + \gamma_M \left( \theta \sum_{j=1}^{n-1} M_j + T \right) \right] + \theta \sum_{j=1}^{n-1} \gamma_j \pi_{z_j}^i; j \neq i \quad (4)$$

Supondo constantes os parâmetros da função  $\Pi_{z_i}^i$  e fazendo  $R_i = 1$ , é formado um sistema de equações a partir da equação (4), cuja solução produz um conjunto formado pelos  $M_i$ 's de equilíbrio, os quais terão o mesmo valor diante da hipótese de simetria da função-lucro das firmas. Doravante, essa posição de equilíbrio será

<sup>5</sup> Uma análise extensiva do conceito e das fontes de oportunidades tecnológicas e das causas dos rendimentos decrescentes dos gastos com P&D foi produzida por Klevorick et alii (1995). Autores que adotam e/ou analisam a hipótese de rendimentos decrescentes dos gastos com P&D: Chiaromonte e Dosi (1993), Hall (1994), Rocha et alii (2006), entre outros.

representada por  $M^*$ . O formato dessa função e a hipótese de que as firmas tomam como dados os valores de  $M_j$  no processo de maximização dos lucros colocam esse modelo numa estrutura teórica do tipo Cournot-Nash, a qual pressupõe informação plena dos *payoffs* de todas as possíveis combinações de  $M_i$ 's.

O papel do regime tecnológico (caracterizado pelos parâmetros  $\theta$ ,  $\beta$  e  $T$ ) será analisado a partir da equação (4). Antes desse passo, é importante analisar a relação entre  $\beta$  e  $\gamma_i$ .

Cohen e Levinthal (1989, p. 572) apresentam essa relação nos seguintes termos:

“Nós definimos  $\beta$  de modo que um alto nível indica que a habilidade das firmas para assimilar conhecimento externo é mais dependente da P&D da própria firma. Esta dependência é refletida em dois efeitos. Nós assumimos que para valores mais altos de  $\beta$  maior é o impacto do P&D próprio sobre a capacidade absorptiva, de modo que  $\gamma_{m\beta} = \Phi_{m\beta}(M_i, \beta) > 0$ . Em adição, para um dado  $M_i$ , a capacidade absorptiva decresce com  $\beta$  (i.e.  $\Phi_{\beta}(M_i, \beta) < 0$ ). Então, nós assumimos que o aumento de  $\beta$  eleva o efeito marginal do P&D sobre a capacidade absorptiva, porém diminui o nível da capacidade absorptiva.”

Essa interpretação de  $\gamma_i$  será uma peça importante no entendimento do papel do regime tecnológico na determinação do desempenho inovativo das firmas. No caso em que o regime tecnológico é caracterizado pelo baixo grau de complexidade da base de conhecimento e alto grau de *spillover* e de oportunidades tecnológicas ( $\gamma_i \cong 1$ ,  $\theta \cong 0$  e  $\gamma_M \cong 0$  para qualquer nível de  $M^*$ ), qualquer acréscimo em  $M_i$  reduz o lucro da firma, conforme os termos da equação (4). Outra possibilidade é a combinação de um baixo grau de complexidade da base de conhecimento com um baixo grau de *spillover*. Nessa situação, o termo dentro dos parênteses e o termo mais à direita da equação (4) são anulados, sobrando apenas  $\Pi_{zi}^i$ . Visto que  $\Pi_{zi}^i$  varia de acordo com as mudanças no tamanho do mercado, então nesse regime os gastos com P&D tornam-se uma variável dependente do tamanho do mercado. Em um regime tecnológico caracterizado pelo alto grau de complexidade da base de conhecimento e alto grau de *spillover* haverá estímulos para o aumento dos gastos com P&D enquanto  $\gamma_M$  for muito alto ( $\gamma_i \cong 0$ ), isto é, enquanto  $M^*$  for relativamente baixo. Nota-se que nesse tipo de regime a variável  $T$  exercerá um papel importante na determinação de  $M^*$ , ao passo que o tamanho do mercado gera um efeito ambíguo para níveis mais elevados de  $M_i$ . Finalmente, quando a base de conhecimento apresentar alto grau de complexidade, combinada com baixo grau de *spillover* e de oportunidades tecnológicas, então os termos dentro dos parênteses e o termo mais direita da equação (4) irão exercer pouca influência na determinação de  $M^*$ , sobrando o primeiro termo à direita da equação, indicando que nesse regime o tamanho do mercado é um fator importante na determinação dos gastos com P&D.

Para formalizar esse raciocínio, basta derivar a equação (4) em relação aos parâmetros  $\beta$ ,  $\theta$  e  $T$ . Neste artigo não será empreendida essa análise matemática,<sup>6</sup> bastando a interpretação visual da equação (4), conforme os termos apresentados no

<sup>6</sup> Ver Cohen e Levinthal (1989).

parágrafo anterior. De acordo com essa interpretação, ficou constatada a existência de ao menos quatro tipos de regimes tecnológicos:

- a) um regime em que não existem estímulos aos gastos com P&D dentro das firmas, independentemente do tamanho do mercado e do grau de oportunidades tecnológicas;
- b) um regime em que esses gastos estão diretamente relacionados ao tamanho do mercado, os quais não são potencialmente afetados por mudanças no grau de oportunidades tecnológicas;
- c) um regime em que o grau de oportunidades tecnológicas é o fator crucial na determinação desses gastos; e
- d) um regime em que os gastos de P&D dependem também do tamanho do mercado, os quais podem ser afetados por mudanças no grau de oportunidades tecnológicas.

Essas proposições taxonômicas geram algumas conclusões, que irão nortear as análises desenvolvidas na próxima seção. Em primeiro lugar, a causalidade circular e cumulativa entre o crescimento industrial e o desempenho inovativo das firmas não é um fenômeno generalizado entre as indústrias. Em segundo lugar, existem algumas indústrias em que o aumento do grau de oportunidade tecnológica poderá vir acompanhado pela queda dos níveis de P&D, enquanto em outras deverá ocorrer justamente o contrário. Essas conclusões apontam para a primazia do conceito de regime tecnológico na construção das taxonomias industriais e na análise das interações entre o crescimento industrial e o desempenho inovativo das firmas.

A partir dessas proposições taxonômicas podem ser estabelecidos os elos de causalidade entre o regime tecnológico e os fatores da competitividade de cada grupo setorial.

No grupo taxonômico do tipo (a), o regime tecnológico é caracterizado pelo baixo grau de complexidade da base de conhecimento e pelo alto grau de *spillover*. A maior parte do conhecimento que alimenta a atividade inovativa e que define a posição das firmas desse grupo será proveniente de fontes externas, em especial os bens e serviços de capital e os insumos. Em princípio, as firmas de qualquer país possuem as mesmas condições de acesso a esses conhecimentos, desde que elas tenham acesso aos bens e serviços de capital e insumos que carregam as tecnologias mais avançadas. Desse modo, ainda que os fatores tecnológicos tenham relevância na determinação da competitividade desse grupo, a criação de vantagens tecnológicas fica condicionada à capacidade das firmas de acessar os bens e serviços de capital que incorporam as novas tecnologias.

Em relação ao grupo industrial submetido ao regime do tipo (b), será admitida nesta pesquisa a hipótese de que o nível de competitividade desse grupo varia de acordo com o nível de produção. Esse grupo é constituído de setores cujos regimes tecnológicos são caracterizados por baixo grau de complexidade da base de conhecimento e baixo grau de *spillover*. Estas características do regime tecnológico fazem com que o tamanho do mercado exerça um papel crucial na determinação do montante de gastos com P&D, os quais formam a principal fonte do aprendizado tecnológico acumulado nas firmas. Deve-se lembrar que nesta pesquisa adota-se

a hipótese de que a aprendizagem tecnológica não ocorre espontaneamente com o aumento da produção industrial (aprendizagem *non-costless*), mas depende do P&D acumulado. Assim, os gastos com P&D tornam-se a fonte primordial para geração de novos conhecimentos que alimentam a atividade inovativa das firmas. Essa relação entre o tamanho do mercado, os gastos com P&D e a atividade inovativa se traduz na hipótese de que o nível de competitividade dos setores que constituem esse grupo é determinado pelo tamanho do mercado.

O terceiro agrupamento, o regime do tipo (c), por sua vez, é composto de setores cujos regimes tecnológicos são caracterizados por alto grau de complexidade da base de conhecimento e alto grau de *spillover*. O efeito marginal do grau de oportunidade tecnológica sobre os gastos com P&D das firmas varia numa proporção inversa ao montante desses gastos, isto é, quanto maior o grau de oportunidade, maior o gasto com P&D e menor o efeito marginal do aumento do grau de oportunidade sobre os gastos de P&D. Esse grau de oportunidade, por sua vez, depende dos investimentos em pesquisa científica e infraestrutura tecnológica do país.

Finalmente, quanto ao regime tecnológico do tipo (d), vale também a observação de que os investimentos em P&D das firmas que estão submetidas a esse tipo de regime dependem fundamentalmente do tamanho do mercado, especialmente se for admitida a hipótese de que o indicador de oportunidades tecnológicas é uma variável cujo valor mantém-se relativamente estável ao longo do tempo.

Sendo admitida, portanto, a hipótese de que a atividade inovativa é o principal fator determinante do nível de competitividade da indústria nacional no mercado externo e levando em conta o papel do regime tecnológico na determinação da atividade inovativa das firmas, pode-se proceder à construção das equações de competitividade de cada um dos agrupamentos analisados, usando apenas aquelas variáveis que foram consideradas relevantes na determinação do fluxo inovativo de cada tipo de regime tecnológico. Nesta pesquisa será utilizada uma versão simplificada da formalização sugerida por Fagerberg (2003), conforme os seguintes termos:

$$e_i = \beta_i \left( \frac{IN_i}{\bar{IN}} \right)^{\alpha_i} \quad (5)$$

em que:

$e_i$  = nível de competitividade do grupo setorial  $i$ ;

$IN_i$  = indicador do grau de inovatividade do grupo setorial  $i$ , sendo  $\alpha$  e  $\beta$  parâmetros da equação;

$\bar{IN}$  = média mundial do grau de inovatividade do setor  $i$ .

De acordo com as análises anteriores, para alguns tipos de regime tecnológico a variável  $IN$  é representada pelo tamanho do mercado. Nesse caso, é óbvio que o crescimento da produção setorial deverá afetar positivamente o desempenho tecnológico e competitivo das firmas que integram os setores submetidos a esse tipo de regime tecnológico. No caso do regime tecnológico do tipo (a), é plausível admitir a hipótese de que os investimentos alocados para renovação do estoque de capital são uma variável importante na determinação do nível de competitividade das

firmas. Por outro lado, a atividade inovativa nos setores em que prevalece o regime tecnológico do tipo (c) tem na disponibilidade de conhecimentos externos gerados nas universidades e nos laboratórios públicos de pesquisa um de seus determinantes principais. Por razões de simplificação, será admitida nesta pesquisa a hipótese de que todos os demais fatores, afora o tamanho do mercado, independem do nível de produção setorial.

A abstração dos demais fatores de natureza estrutural que podem afetar o nível de competitividade externa da indústria nacional, como as taxas de salários, os custos de transporte etc., integra esse esforço de simplificação do modelo. No entanto, uma variável conjuntural importante foi explicitamente inserida no modelo de simulação: o grau de utilização da capacidade produtiva captado pela relação produto efetivo/produto potencial. Outras variáveis conjunturais, como a taxa de câmbio e as barreiras tarifárias e não tarifárias, foram incluídas na forma de choques aleatórios. A inclusão da *proxy* do grau de utilização da capacidade produtiva e dos choques aleatórios foi definida nos seguintes termos:

$$u_i^* = u_i / u_i^n \text{ se } u_i^n \geq u_i^n; \text{ caso contrário, } u_i^* = 1 \quad (6)$$

$$e_i^* = e_i / (u_i^*)^2 + \varepsilon_i \quad (7)$$

em que:

$u_i$  = relação produto efetivo/produto potencial do grupo setorial  $i$ ;

$u_i^n$  = relação produto efetivo/produto potencial que não compromete o prazo de entrega de produtos dos setores que compõem o grupo setorial  $i$ ; e

$\varepsilon_i$  = erro aleatório do nível de competitividade dos setores que compõem o grupo setorial  $i$ , o qual decorre dos fatores conjunturais.

Em sintonia com a abordagem evolucionária, a dinâmica da competitividade no mercado externo será regida pelo princípio de Fisher (*replicator equation*). Assim, as dinâmicas do *market share* das exportações e dos coeficientes de penetração das importações ficaram expressas nas seguintes equações:<sup>7</sup>

$$s_{it} - s_{it-1} = \varphi(e_i^* - 1)s_{it-1} \quad (8)$$

$$\tilde{z}_{it} - \tilde{z}_{it-1} = \phi_i \left( \frac{1}{\tilde{z}_{it} + (1 - \tilde{z}_{it})e_i^*} - 1 \right) \tilde{z}_{it-1} \quad (9)$$

em que:

$s_i$  = *market share* das exportações brasileiras relativas ao grupo setorial  $i$ ;

$\tilde{z}_i$  = coeficiente de penetração das importações relativas ao grupo setorial  $i$ ;

$e_i^*$  = nível de competitividade do grupo setorial  $i$  em relação à média mundial do grupo; e

$\varphi_i$  e  $\phi_i$  = parâmetros de ajustamento.

Convém frisar que a dinâmica dos coeficientes de penetração é fortemente influenciada pelo nível de competitividade da indústria nacional, visto que em

<sup>7</sup> Essas formulações seguem as sugestões de Verspagen (2003).

todos os grupos a maior parcela do mercado interno é abastecida pela indústria nacional. Atentar para esse fato é importante para compreender os mecanismos endógenos que cumprem a função de não linearidades do modelo – no sentido de impedir a geração de trajetórias explosivas ou caóticas no exercício de simulação – e a emergência de propriedades macroeconômicas condizentes com a realidade.

### 3. Equações Kaldorianas de um Modelo de Crescimento Liderado pelas Exportações

Em sintonia com os modelos kaldorianos de crescimento econômico liderado pelas exportações, será adotada a hipótese de que os gastos de consumo das famílias e do governo, os investimentos e as importações dependem do valor da produção industrial, não havendo gastos autônomos em nenhuma dessas variáveis. No caso específico das importações, será considerado também o efeito das mudanças no nível de competitividade da indústria nacional sobre os coeficientes de penetração das importações. A partir dessas hipóteses, foram construídas as equações matemáticas do modelo de simulação, as quais podem ser apresentadas nos seguintes termos:

$$g = A^d g + f_c + f_k + f_G + f_x \quad (10)$$

$$f_c = ({}^t I - \hat{m}^c) c w' g \quad (11)$$

$$f_k = (I - \hat{m}^k) S \hat{V} g \quad (12)$$

$$\hat{V} = \hat{V}_{t-1} [I + \hat{a}^k (u_{t-1} - u^d)] \quad (13)$$

$$f_G = (I - \hat{m}^G) G \quad (14)$$

$$f_x = (I \hat{m}^x) x \quad (15)$$

$$G = h T' g \quad (16)$$

$$u = (\hat{g}_p)^{-1} g \quad (17)$$

$$g_p = g_{p,t-1} + \hat{K} (I - \hat{\delta}) f_k \quad (18)$$

em que:

$g$  = vetor-coluna do valor da produção dos grupos setoriais  $i$ 's;

$A^d$  = matriz  $n \times n$  dos coeficientes técnicos da produção dos grupos setoriais  $i$ 's, estimados de acordo com o valor dos insumos domésticos, sendo  $a_{ij}^d = (1 - m_{ij}^a) a_{ij}$ , em que  $m_{ij}^a$  representa o coeficiente de penetração das importações dos bens intermediários que o grupo  $i$  fornece ao grupo  $j$  e  $a_{ij}$  é o coeficiente técnico da produção;

$f_c$  = vetor-coluna da demanda final por bens de consumo fornecidos pelos grupos setoriais  $i$ 's;

$f_k$  = vetor-coluna da demanda final por bens de capital fornecidos pelos grupos setoriais  $i$ 's ;

$f_G$  = vetor-coluna da demanda final representada pelos gastos do governo. Nesta pesquisa será preservada a estrutural original das tabelas de Recursos e Usos fornecidas pelo IBGE, em que a demanda final do governo é atendida

exclusivamente pelo setor de serviços, o que significa que os elementos que representam o fornecimento dos demais grupos são iguais a zero;

$f_x$  = vetor-coluna da demanda final representada pelas exportações de cada grupo;

$\hat{m}^c$  = matriz diagonal  $n \times n$  do *market share* das importações (coeficientes de penetração das importações) dos bens ou serviços de consumo das famílias fornecidos pelas firmas não residentes dos grupos setoriais  $i$ 's;

$\hat{m}^k$  = matriz diagonal  $n \times n$  do *market share* das importações (coeficientes de penetração das importações) dos bens ou serviços de capital fornecidos pelas firmas não residentes dos grupos setoriais  $i$ 's;

$\hat{m}^G$  = matriz diagonal  $n \times n$  do *market share* das importações (coeficientes de penetração das importações) dos bens ou serviços de consumo do governo fornecidos pelas firmas não residentes dos grupos setoriais  $i$ 's. No caso da economia brasileira, os valores desses coeficientes são irrisórios e, por motivo de simplificação, eles serão abstraídos do modelo de simulação;

$\hat{m}^x$  = matriz diagonal  $n \times n$  do *market share* das importações (coeficientes de penetração das importações) dos bens ou serviços fornecidos por firmas não residentes dos grupos setoriais  $i$ 's. Aqui também os valores são irrisórios e serão abstraídos do modelo de simulação;

$c$  = vetor-coluna da participação de cada grupo nos gastos de consumo das famílias;

$w$  = vetor-coluna da parcela do valor da produção de cada grupo setorial convertida em gastos de consumo. Essa participação foi estimada a poder de hipóteses *ad hoc*, utilizando como referência o ano de 2003: nos setores ligados à atividade industrial o total de salários foi aumentado em 50% para captar a renda de capital convertida em consumo; nos setores ligados às atividades de serviços esse acréscimo foi de 10%. Esse procedimento gerou um total de 870 bilhões de reais, que é um valor próximo do total de gastos de consumo nesse ano. A diferença no acréscimo dado aos setores industriais e de serviços foi motivada pela observação de que a renda agregada de capital (o Excedente Operacional Bruto ou EOB) nos setores industriais representou mais de 70% do valor adicionado, enquanto que nos setores de serviços essa participação ficou em torno de 50%;

$\hat{m}^V$  = matriz diagonal  $n \times n$  da participação do investimento no valor da produção dos grupos setoriais  $i$ 's. Esta variável será uma *proxy* da propensão marginal a investir de cada grupo;

$\xi$  = matriz  $n \times n$  da fração do valor dos investimentos<sup>8</sup> do grupo  $i$  que é atendida pelos bens ou serviços produzidos pelo grupo  $j$ ;

$u$  = vetor-coluna do grau de utilização da capacidade instalada dos grupos setoriais  $i$ 's, medido pela relação entre produto efetivo/produto potencial;

$u^n$  = vetor-coluna do grau de utilização “desejado” da capacidade instalada dos grupos setoriais  $i$ 's;

$\hat{a}^k$  = matriz diagonal  $n \times n$  dos parâmetros de ajustamento da equação de investimento;

$\hat{K}$  = matriz diagonal  $n \times n$  dos coeficientes de capital dos grupos setoriais  $i$ 's;

<sup>8</sup> Os coeficientes da matriz de fluxo de capital foram extraídos da matriz dos Estados Unidos de 1997.

$\hat{g}_p$  = matriz diagonal  $n \times n$  do produto potencial de cada grupo;

$\hat{\delta}$  = matriz diagonal  $n \times n$  da taxa de depreciação;

$T$  = vetor-coluna da parcela do valor da produção de cada grupo constituída pelo pagamento de impostos;

$h$  = participação de cada grupo no total dos gastos de consumo do governo; e

$x$  = vetor-coluna do valor das exportações dos grupos setoriais  $i$ 's.

As equações (11), (12) e (16) decorrem da hipótese de que os gastos de consumo e de investimentos são endogenamente determinados pelo valor da produção, indicando que o crescimento econômico gerado pelo modelo de simulação não será restringido *a priori* pelo balanço de pagamento. A equação (13) indica que a trajetória de crescimento poderá sofrer flutuações cíclicas ou trajetórias explosivas, dependendo dos valores dos elementos do vetor  $a^k$ . No presente caso, deve-se notar que o modelo de simulação está sujeito a processos de realimentação circular (*feedback loop*) em outras dimensões – a exemplo do que ocorre entre o nível de produção e o de competitividade dos setores submetidos aos regimes tecnológicos dos tipos (b) e (d) – e que os mecanismos que cumprem a função de não linearidade do modelo são endogenamente determinados. Por conta desse acúmulo de *feedbacks* e da natureza endógena de suas não linearidades, existe a possibilidade de o modelo gerar trajetórias explosivas, conforme os valores daqueles elementos. Apesar disso, foram testados valores de 0,1 a 0,8 e, dentro desse intervalo, o modelo não produziu trajetórias explosivas, mas o valor de 0,1 gerou taxas de investimentos (relação investimento/valor da produção) mais condizentes com a realidade e, por isso, esse valor foi escolhido para compor a equação (13).

Os elementos dos vetores  $x, m^c, m^k$  e os  $m_{ij}^a$ 's que integram a matriz  $A^d$ , serão determinados de acordo com o princípio de Fisher (*replicator equation*), expresso nas equações (8) e (9) – que tratam, respectivamente, do *market share* das exportações e do coeficiente de penetração das importações, e de acordo com as hipóteses sobre os fatores determinantes da competitividade externa de cada grupo, expressas no conjunto de equações de (5) a (7).

A “atratividade” (Verspagen 2003), isto é, as variações da participação de cada grupo na demanda final e os seus efeitos sobre os coeficientes técnicos da produção foram abstraídos do modelo em meio ao receio de tornar enfadonhas as análises derivadas do exercício de simulação, o que poderia obscurecer os elementos fundamentais da dinâmica econômica dos modelos que sintetizam as abordagens kaldorianas e evolucionárias.

De acordo com as equações de competitividade, o *feedback loop* entre o aumento da produção e o aumento da competitividade externa ficará restrito aos setores submetidos aos regimes tecnológicos dos tipos (b) e (d). O nível de competitividade dos setores que compõem os demais grupos setoriais é exogenamente determinado em relação às demais variáveis do modelo, excluindo o grau de utilização da capacidade produtiva.

Nota-se que o conjunto de equações que formam a base do modelo de simulação – equações (5) a (18) – não incorpora elementos exógenos que impõem a não

linearidade (“teto” e “pisso”) nas trajetórias produzidas por esse modelo. Se ela ocorrer, será como um produto emergente do modelo. Na ausência de não linearidades externas, é possível que o modelo gere trajetórias explosivas. Para evitar esse tipo de trajetória, a atenção deverá recair sobre a escolha dos valores para os parâmetros das equações (8) e (9). No presente caso, esses valores estão dentro de um intervalo de valores cujos limites inferiores e superiores são, respectivamente, maiores do que zero e iguais à unidade. No teste de simulação, o modelo não produziu trajetórias explosivas dentro de uma sequência de alguns valores representativos dos pontos extremos e médios desse intervalo. Contudo, os valores próximos dos extremos produziram trajetórias pouco condizentes com as trajetórias reais das variáveis contempladas no modelo. Entre os valores testados os melhores resultados foram obtidos quando o parâmetro das equações (8) e (9) foram igualados a 0,1.

Fazendo a substituição de (11), (12), (14) e (15) em (10) e lembrando que  $m^G$  e  $m^x = 0$ , obtêm-se a seguinte expressão:

$$g = \left[ I - A^d - (I - \hat{m}^c) cw' - (I - \hat{m}^k) S\hat{V} + hT' \right]^{-1} x \quad (19)$$

A presença do vetor  $x$  na determinação da produção nacional estabelece o mecanismo de “causação circular e cumulativa” (Kaldor, 1970) entre a produção e a competitividade setorial, mecanismo este restrito aos grupos setoriais submetidos aos regimes tecnológicos dos tipos (b) e (d). A expansão dos valores de  $x$  depende das variações do *market share* e do crescimento das exportações mundiais de cada grupo. Essa última variável é assumida como exógena, visto que o modelo de simulação representa o caso de uma *economia pequena*, isto é, uma economia cuja atividade de produção e tecnológica não afeta o desempenho da economia mundial (exportações, tecnologia, competitividade, etc.). Esse raciocínio é incorporado ao modelo conforme a seguinte expressão:

$$x = \hat{s}X^w \quad (20)$$

em que:

$\hat{s}$  = matriz diagonal  $n \times n$  do *market share* dos grupos setoriais  $i$ 's nas exportações mundiais relativas a cada grupo; e

$X^w$  = valor das exportações mundiais relativas a cada grupo.

Na próxima seção será realizada uma análise empírica com base na taxonomia industrial proposta por Lall (2000). Essa taxonomia está alicerçada no conceito de regime tecnológico. De acordo com os resultados dessa análise, ficará evidente que, em relação aos setores que compõem o conjunto da atividade industrial, é possível identificar três agrupamentos de setores, cada qual com dinâmicas competitivas específicas. Em relação às atividades de serviços, devido à carência de estudos taxonômicos baseados no conceito de regime tecnológico, não foi empreendida nesta pesquisa uma taxonomia específica para os setores de serviços. Desse modo, as matrizes que comporão o bloco das equações kaldoriana do modelo de simulação terão a dimensão  $4 \times 4$ , a qual foi derivada dos seguintes agrupamentos: setores

primários e baseados em recursos; setores de baixa e média tecnologia; e setores de alta tecnologia; setores de serviços.

De acordo com as estatísticas fornecidas pela UNCTAD, o crescimento das exportações mundiais dos setores que compõem esses agrupamentos foram, respectivamente, de 4, 7, 10 e 6% a.a., entre 1980 e 2003. Essas taxas serão incorporadas ao modelo de simulação.

#### 4. Fundamentos Empíricos do Modelo de Simulação

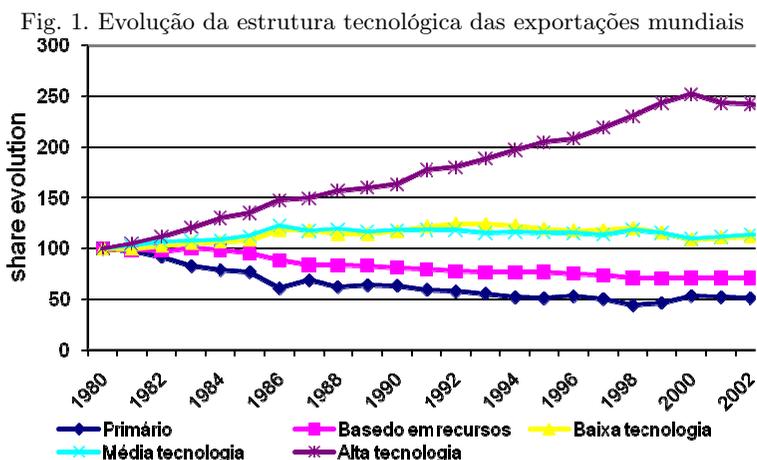
A construção de uma taxonomia industrial baseada nas características essenciais do regime tecnológico e em métodos consagrados de agrupamento é um passo importante no avanço dos estudos evolucionários da competitividade. Essa tarefa está além das possibilidades deste artigo. Assim, o estudo da competitividade empreendida nesta seção ficará limitado à análise da evolução de alguns indicadores de competitividade dos grupos setoriais formados a partir da taxonomia de Lall (2000).

Segundo Lall (2000), os produtos que integram o fluxo mundial de comércio, identificados pela SITC (o autor emprega a SITC rev. 2 de três dígitos), podem ser agrupados em cinco categorias: primários, baseados em recursos, baixa tecnologia, média tecnologia e alta tecnologia.

Para analisar a relação entre os padrões de mudanças tecnológicas que serviram de base para a elaboração da taxonomia de Lall (2000) e as tendências mundiais da competitividade, foram utilizadas as séries históricas da participação de cada um desses grupos nas exportações mundiais e dos países em desenvolvimento. De acordo com a Figura 1, os produtos primários e baseados em recursos tiveram perda significativa (de aproximadamente 25 e 50%, respectivamente) dentro do período analisado. Deve-se observar que ao longo de toda a série dos valores da participação de cada um desses grupos seguiram caminhos aproximadamente iguais. As participações dos produtos de baixa tecnologia e média tecnologia, por sua vez, ficaram praticamente estável no longo prazo e seguiram caminhos quase exatamente iguais.

Os produtos de alta tecnologia foram os de maior destaque em termos de crescimento dentro do período analisado. Parece que no final da série emergiu uma tendência geral de estabilização da participação de todos esses grupos. De qualquer modo, ao menos em relação aos produtos primários e de alta tecnologia, esses resultados são compatíveis com diversos outros estudos que apontam para o declínio dos produtos primários e avanço dos produtos de alta tecnologia no comércio mundial. Contudo, é interessante notar que a dinâmica da participação dos grupos de produtos de baixa e de média tecnologia no comércio mundial é bastante semelhante: ambos apresentaram ligeira tendência de crescimento no início da série e tendência à estagnação desde 1986. Quer dizer, em termos de dinamismo no comércio exterior, os produtos de baixa e de média tecnologia estão no mesmo patamar.

Quanto à participação dos países em desenvolvimento,<sup>9</sup> a Figura 2 reforça ainda mais a percepção de que o grupo de baixa tecnologia e o de média tecnologia, assim como o grupo de produtos primários e o grupo de produtos baseados em recursos, seguem os mesmos padrões evolutivos. Nota-se que no início da série os países em desenvolvimento perderam participação nos produtos primários e baseados em recursos, porém essa tendência foi revertida e estabilizada nos anos seguintes. No tocante às séries dos produtos de baixa e média tecnologia observa-se que ambas seguem uma tendência de crescimento desde o início da série e que as tendências de cada grupo estão quase sobrepostas. Os ganhos de participação mais significativos ficaram por conta dos produtos de alta tecnologia.



Fonte: UNCTAD.

Os trabalhos mais recentes de Lall (2003, 2005) foram direcionados para as análises dos fatores econômicos, políticos e sociais que tornaram alguns países em desenvolvimento os líderes da competitividade mundial, não somente em relação aos produtos mais simples e tradicionais, mas também em relação aos produtos de tecnologia mais complexa.<sup>10</sup> Neste artigo, contudo, esses fatores não serão analisados.

Com base nesses resultados, pode-se notar que a taxonomia sugerida por Lall (2000) produziu três padrões de evolução dos indicadores de participação de cada grupo no comércio mundial. Os produtos primários e baseados em recursos perderam participação no total das exportações mundiais, e sua distribuição entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento ficou praticamente estável ao longo

<sup>9</sup> Seguindo a classificação da UNCTAD.

<sup>10</sup> Segundo Lall (2005), uma parte do aumento da participação dos países em desenvolvimento nas exportações mundiais de produtos de alta tecnologia se deve às indústrias “maquiadoras”. No entanto, de acordo com o autor, a maior parte desse aumento pode ser atribuída ao aumento endógeno da capacidade tecnológica desses países.

do período analisado. Os produtos de baixa e média tecnologia, por sua vez, ficaram praticamente estagnados em termos de participação no comércio mundial, porém o eixo da competitividade migrou para alguns países em desenvolvimento, a exemplo da China, Índia e dos Tigres Asiáticos. Em relação aos produtos de alta tecnologia, os resultados atestam a premissa de que esses produtos deverão ocupar a posição de carro-chefe do crescimento das exportações mundiais, mas tendo na liderança competitiva os países em desenvolvimento.

Uma explicação plausível para essa questão pode ser buscada no modelo de tipologia industrial apresentado na Seção 2 deste artigo. De acordo com esse modelo, o desempenho tecnológico das firmas que integram os setores de baixa e média tecnologia está associado às taxas de crescimento do mercado. Nesses grupos, portanto, o fluxo de inovação varia de acordo com o desempenho da produção, o que não ocorre com os produtos primários e baseados em recursos. Com isso, a elasticidade-renda das exportações dos produtos de baixa e média tecnologia deverá ser maior do que a dos produtos primários e baseados em recursos, na hipótese de que essas elasticidades têm como principal determinante a atividade tecnológica das firmas. Por outro lado, em razão dessas particularidades em termos de desempenho tecnológico das firmas, os países com taxas de crescimento acima da média mundial são os que deverão aumentar a sua participação no comércio mundial relativo aos grupos dos produtos de baixa tecnologia e dos de média tecnologia. Esse foi o caso das maiores economias pertencentes aos grupos dos países em desenvolvimento. Quanto aos produtos primários e baseados em recursos, a conclusão extraída do modelo elaborado na Seção 2 é de que não deverão ocorrer mudanças significativas de longo prazo na participação de cada país no comércio mundial, independentemente do grau de desenvolvimento tecnológico de cada um deles.

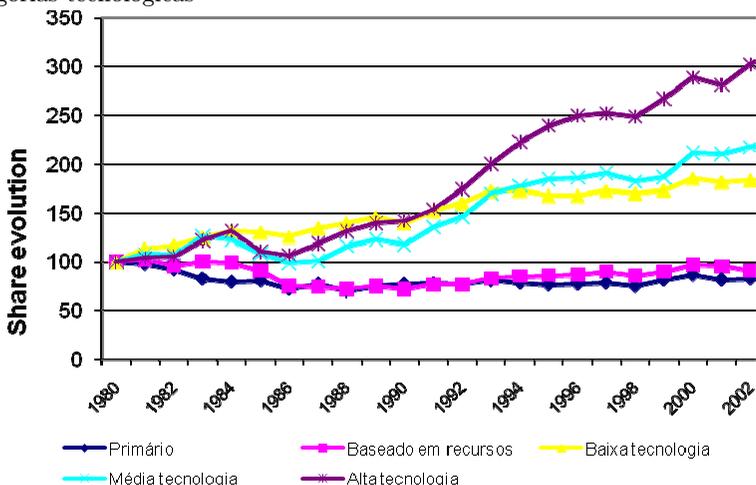
Com relação aos produtos de alta tecnologia, foi sugerida a hipótese de que o desempenho tecnológico das firmas que integram os setores que produzem esse tipo de produto depende não somente do desempenho da produção, mas também dos gastos públicos em pesquisas científicas e da formação de redes de cooperação tecnológica. Se o aumento da participação dos investimentos em C&T na renda nacional é um indicador dos investimentos públicos em pesquisa científica e na formação de redes de cooperação tecnológica, fica clara a razão do aumento da participação desses produtos no comércio mundial e do ganho de competitividade das economias que expandiram os investimentos em C&T acima da média mundial, desde que considerada a hipótese do papel desses investimentos sobre o desempenho tecnológico das firmas ligadas aos setores de alta tecnologia.

Em seguida, serão analisadas algumas tendências relativas às exportações brasileiras, no sentido de verificar em que medida esses padrões de comércio exterior são reproduzidos na economia brasileira.

As Figuras 3 e 4 reforçam a tese de que o mesmo conjunto de fatores afeta a participação de mercado dos grupos dos produtos primários e baseados em recursos, o que também é válido para os grupos dos produtos de baixa e média tecnologia. Pela Figura 3, é observado que a participação de mercado dos produtos

primários e dos produtos baseados em recursos apresenta tendência de estabilidade no longo prazo, com oscilações dentro de períodos mais curtos. As oscilações na participação de mercado dos produtos primários são mais fortes do que as dos produtos baseados em recursos, talvez em razão da maior flexibilidade dos preços dos produtos primários. O importante é frisar que a tendência de estabilidade de longo prazo da participação de mercado de cada um desses grupos é condizente com a hipótese de que a distribuição das exportações mundiais dos produtos primários e baseados em recursos ficará relativamente estável no longo prazo por causa do alto grau de *spillover* dos conhecimentos que alimentam a atividade inovativa desses produtos, característica essa que se transfere para os produtos baseados em recursos, pois são fortemente dependentes da oferta de produtos primários.

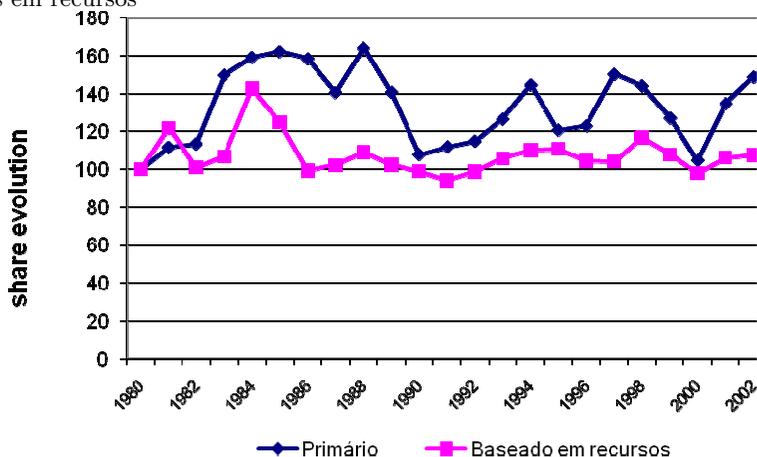
Fig. 2. Evolução da participação dos países em desenvolvimento nas exportações mundiais por categorias tecnológicas



Fonte: UNCTAD.

No tocante à evolução da participação de mercado dos grupos dos produtos de baixa e média tecnologia, os dados contidos na Figura 4 indicam que essa evolução pode ser dividida em dois períodos: uma tendência de alta – permeada de fortes oscilações – até meados ou finais da década de 80; e uma tendência de queda a partir desse período, a qual é mais pronunciada para os produtos de baixa tecnologia. Nota-se também que as oscilações da participação de mercado de cada um desses grupos são bastante similares devido a uma quase coincidência dos períodos e das amplitudes dessas variações. Esses resultados sugerem que a participação de mercado desses grupos sofre influência do mesmo conjunto de fatores no longo e no curto prazo.

Quanto ao grupo dos produtos de alta tecnologia, é observada uma nítida tendência de queda até meados da década de 1990, com forte reversão a partir

Fig. 3. Evolução do *market share* das exportações brasileiras de produtos primários e baseados em recursos

Fonte: UNCTAD.

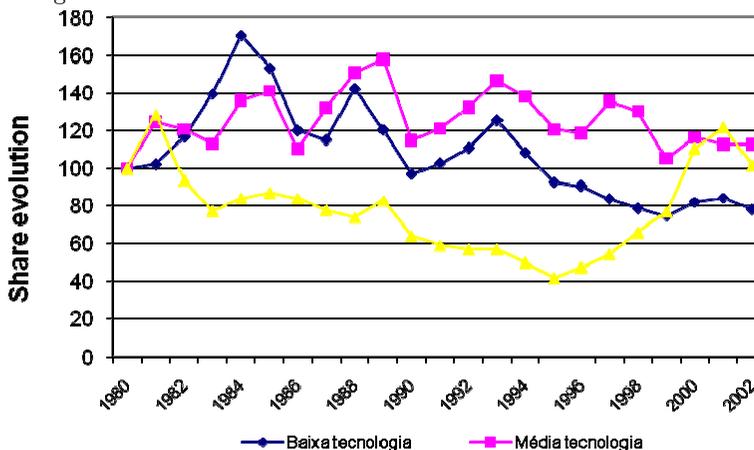
desse período. Certamente, algum conjunto de fatores atuou especificamente nesse período, produzindo essa reversão.

O estudo dos fatores conjunturais que afetam a participação de mercado de cada um desses grupos não será objeto de análise desta pesquisa. O que esses resultados mostram é que existe um conjunto particular de fatores determinantes da participação de mercado de cada grupo e que entre os produtos primários e baseados em recursos e entre os produtos de baixa e média tecnologia podem existir alguns fatores que são coincidentes. Em relação aos produtos primários e baseados em recursos, é sustentada a hipótese de que a participação de mercado varia de acordo com os fatores estruturais não ligados aos esforços inovativos das firmas (a exemplo dos custos de salários, dos custos de transporte etc.) e com os fatores conjunturais (câmbio, os subsídios, as barreiras tarifárias e não tarifárias etc.). Quanto aos produtos de baixa e média tecnologia, é admitida a hipótese de que a taxa de crescimento relativa (em relação à média mundial) da produção industrial é um fator relevante na determinação da participação de mercado desses produtos,<sup>11</sup> a qual, certamente, será influenciada também pelos fatores de natureza não tecnológica e conjuntural, a exemplo dos custos salariais, câmbio etc. Com relação ao grupo dos produtos de alta tecnologia, foi admitida a hipótese de que a competitividade desses produtos está associada à capacidade das firmas de absorverem os conhecimentos científicos gerados fora da indústria

<sup>11</sup> Nesta pesquisa adotou-se a hipótese de que a taxa de crescimento da produção mundial de produtos de baixa e média tecnologia é constante e igual a 4% a.a.. O PIB setorial foi usado como a medida do tamanho inicial do mercado nacional e mundial. De acordo com a UNIDO ([www.unido.org](http://www.unido.org)), em 2003 o Brasil registrou um valor aproximado de US\$ 253,4 bilhões, sendo a média mundial aproximadamente igual a US\$ 399,2 bilhões.

e que a produção desses conhecimentos é o fator que estimula os gastos com P&D, os quais, por sua vez, são a fonte criadora e mantenedora dessa capacidade de absorção. Essa dependência da atividade tecnológica das firmas para com os conhecimentos científicos gerados externamente à indústria faz da infraestrutura tecnológica (universidades, laboratórios de pesquisa, sistemas de comunicação científica etc.) e das redes de cooperação tecnológica envolvendo as firmas e as instituições de pesquisa peças-chave da competitividade externa dos produtos de alta tecnologia. Não ocorrendo expansão dos investimentos em infraestrutura e nas redes de cooperação tecnológica, fica comprometida a expansão dos gastos com P&D e, por conseguinte, o desempenho competitivo das firmas.

Fig. 4. Evolução do *market share* das exportações brasileiras de produtos de baixa, média e alta tecnologia



Fonte: UNCTAD.

Com base nesses resultados empíricos, é possível afirmar que no comércio exterior podem ser distinguidos três agrupamentos setoriais da atividade industrial com características dinâmicas específicas: os setores primários e baseados em recursos, os setores de baixa e média tecnologia e os setores de alta tecnologia. Esses resultados estão em sintonia com a tipologia proposta anteriormente. Infelizmente, para os setores de serviços são muito raros os estudos tipológicos baseados no conceito de regime tecnológico. Por essa razão, não foi empreendido nesta pesquisa um ensaio tipológico para esses setores.

### 5. Propriedades e Trajetórias Macroeconômicas do Modelo de Simulação

O modelo de simulação apresentado nesta pesquisa tem por base a hipótese de que os gastos de consumo das famílias e do governo e os

gastos de investimento não apresentam componentes autônomos nem defasagens temporais, prescindindo também de choques randômicos. Nessa condição, algumas propriedades macroeconômicas desse modelo podem ser aludidas antes mesmo da execução do modelo, a exemplo da alta correlação entre as taxas de crescimento das exportações e da produção nacional. Esse modelo, obviamente, pode ser estendido para incluir não somente os elementos autônomos e randômicos, como também a dinâmica de preços, a dinâmica cambial, a dinâmica financeira etc. O objetivo aqui é mais limitado, visto que o interesse desta pesquisa é analisar as implicações da incorporação de microfundamentos evolucionários no modelo kaldoriano de crescimento econômico. Para alcançar esse propósito, foi realizado um exercício de simulação tendo como base um cenário criado especificamente para produzir séries históricas (produção, exportações, importações, *market share* das exportações, coeficiente de exportação e coeficiente de penetração das importações), relativas aos grupos setoriais definidos anteriormente, com características semelhantes às que foram observadas na economia brasileira nas décadas mais recentes.<sup>12</sup>

Considerando o fato de que a incorporação de choques randômicos e de defasagens temporais não deve, por si só, comprometer as conclusões fundamentais extraídas das versões teóricas dos modelos tradicionais de crescimento econômico, vale averiguar se o mesmo ocorre no modelo de simulação proposto nesta pesquisa.<sup>13</sup> Em face desses pontos, o exercício de simulação foi executado com base nos seguintes cenários:

### CENÁRIO 1:

Modelo constituído pelas equações de (5) a (20), cujos parâmetros e valores iniciais de suas variáveis foram definidos de modo que os valores das séries geradas na simulação estejam dentro de limites próximos aos valores das séries reais da economia brasileira, relativas às últimas décadas.

### CENÁRIO 2:

São mantidos os valores calibrados no Cenário 1, porém com a introdução de defasagem temporal igual a um período (um ano) e choques randômicos sobre os gastos de consumo do governo.<sup>14</sup>

<sup>12</sup> No Apêndice A estão representadas as séries históricas relativas à participação de mercado (*market share*) das exportações de cada grupo setorial. A matriz de insumo-produto do modelo de simulação foi elaborada a partir das Tabelas de Recursos e Usos de 2003 fornecidas pelo IBGE. Para mais detalhes sobre os valores dos parâmetros e os valores iniciais das variáveis do modelo, ver Silva (2008). No Apêndice B é apresentada uma tabela que resume parte desses valores.

<sup>13</sup> Como é bem sabido, nos modelos dinâmicos, com mecanismo de realimentação circular (*feedback loop*) dentro e/ou entre os seus subsistemas, as defasagens e os choques aleatórios são cruciais na definição do caminho das séries temporais produzidas pelo modelo.

<sup>14</sup> Nesse caso, as equações 16 e 19 ficam com seguintes formatos:  $G = hT'g_{-1}$  e  $g = [I - A^d - (I - \hat{m}^c)cw' - (I - \hat{m}^k)S\hat{Y}]^{-1}x$ .

Na Figura 5 estão expostas as trajetórias dos indicadores de competitividade mais comumente utilizados nos estudos do comércio exterior, inclusive a taxa de investimento. Com relação ao Cenário 1, observa-se que nessa economia simulada houve tendência de aumento do coeficiente de exportação e de penetração das importações. Isso indica que houve aumento do grau de abertura dessa economia. No entanto, pela equação (9), o aumento do coeficiente de penetração das importações é indicativo de que uma parte significativa da produção nacional advém de setores com o nível de competitividade menor do que o da média mundial. Essa perda de competitividade é respaldada pela tendência de queda do *market share* das exportações. Por sua vez, a tendência de queda da taxa de investimento é um reflexo dessa perda de competitividade, visto que essa perda se reflete na taxa de crescimento da economia, reduzindo-a.

A tendência de aumento do coeficiente de exportação, que acompanha a perda de competitividade da economia, resulta da combinação de dois fatores: taxas de crescimento das exportações mundiais relativamente elevadas e aumento do coeficiente de importação, o qual reduz o efeito multiplicador da expansão do valor das exportações nacionais, fazendo com que a produção interna cresça numa proporção menor que o valor das exportações. Na perspectiva dos modelos kaldorianos de crescimento econômico, essa economia simulada deverá pertencer ao grupo de economias com elasticidade-renda das importações relativamente mais elevadas e com elasticidade-renda das exportações relativamente menos elevadas. Ou seja, essa economia estaria ocupando os estratos mais inferiores do *ranking* das taxas de crescimento das economias nacionais.

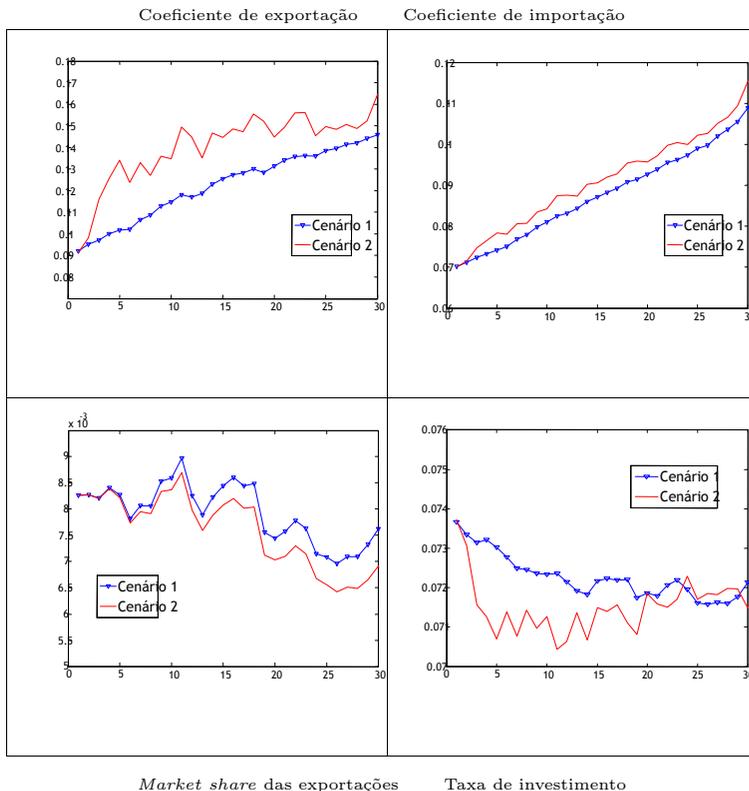
Com a introdução de defasagens temporais e choques randômicos sobre os gastos de consumo do governo, cujos resultados estão representados no Cenário 2, nota-se uma tendência de agravamento dos indicadores de competitividade dessa economia. Isso indica que o caminho das séries históricas simuladas depende também das defasagens e dos choques introduzidos no modelo. Se essa constatação for válida para o mundo real, pode-se concluir que as estimativas das elasticidades-renda das exportações e das importações são sensíveis ao período selecionado, ainda que os parâmetros estruturais da economia sejam exatamente os mesmos.<sup>15</sup>

A incorporação de defasagens temporais e de choques randômicos também altera substancialmente a correlação entre as taxas de crescimento da economia e das exportações. Conforme mostra a Figura 6, existe um descompasso entre essas variáveis, apesar da óbvia importância da última variável em termos de explicação da primeira. Com o propósito de averiguar mais detalhadamente a interferência dos choques aleatórios e das defasagens temporais nas relações de causalidade entre as variáveis macroeconômicas, fez-se o teste de causalidade Granger, cujos resultados estão sumarizados na Tabela 1.

---

<sup>15</sup> Essa conclusão pode lançar luz sobre as dificuldades empíricas que cercam a “lei” de Thirlwall. A grande variabilidade dos resultados produzidos pelos testes empíricos dessa “lei”, que resultam da variabilidade dos períodos selecionados, é o ponto-chave das críticas produzidas pelos autores que assumem uma postura cética em relação a essa “lei”.

Fig. 5. Trajetórias de alguns indicadores de desempenho externo e macroeconômico



Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme indicam os resultados da Tabela 1, a hipótese nula de que as exportações não explicam o crescimento da produção não pode ser rejeitada – resultado inusitado diante de um modelo em que os únicos componentes exógenos da demanda efetiva, afora os choques aleatórios, localizam-se justamente nas variáveis determinantes das exportações. Por outro lado, observa-se que o sentido inverso de causalidade está dentro dos limites de aceitabilidade.

Surpreendente também é a aceitação da hipótese nula quanto às relações de causalidade entre a produção e as taxas de investimento, visto que nesse modelo a taxa de investimentos depende do grau de utilização da capacidade produtiva, a qual, por sua vez, depende das taxas de crescimento da produção. Nesse caso, rejeitam-se alguns dos princípios fundamentais dos modelos kaldorianos de crescimento econômico: o princípio da aceleração e o princípio do multiplicador. Finalmente, outro resultado inusitado: a hipótese nula de que as taxas de crescimento das exportações não explicam as mudanças nas taxas de investimento não pode ser rejeitada, enquanto que o sentido inverso dessa causalidade fica dentro

dos limites de rejeição dessa hipótese.

Fig. 6. Evolução das taxas de variação do valor da produção e das exportações

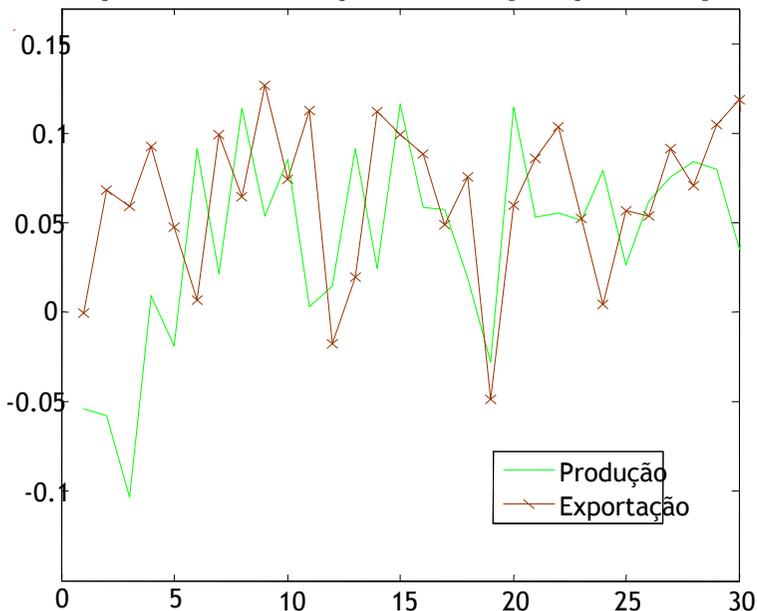


Tabela 1  
Teste de causalidade Granger (4 lags)

Hipótese Nula:	Obs.	F-Statistic	Probabilidade
EX não causa no sentido Granger PIB	27	1.99146	0.13904
PIB não causa no sentido Granger EX		5.71804	0.00376
INV não causa no sentido Granger PIB	27	1.33107	0.29656
PIB não causa no sentido Granger INV		2.15679	0.11544
INV não causa no sentido Granger EX	27	2.44314	0.08409
EX não causa no sentido Granger INV		1.31272	0.30290

EX = taxa de crescimento das exportações;

PIB = taxa de crescimento da produção;

INV = taxa de investimento.

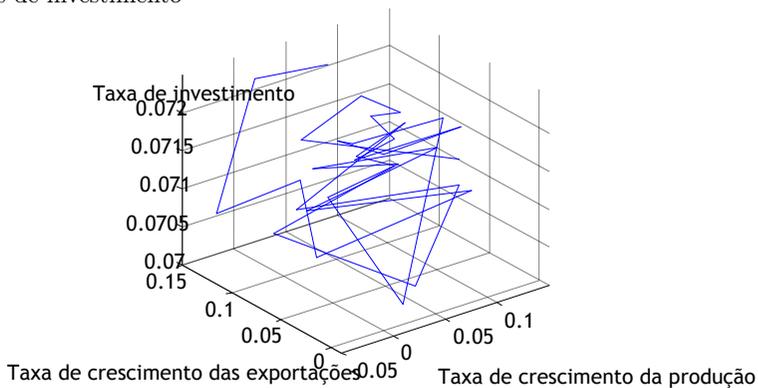
Fonte: Dados da pesquisa.

Essa sensibilidade do modelo para com os choques aleatórios e as defasagens temporais é uma característica típica dos modelos dinâmicos evolucionários, que operam com equações não lineares e mecanismos de interação movidos por

relações de causalidade circular e cumulativa. Em alguns casos, esses modelos produzem trajetórias explosivas ou caóticas. No caso específico do modelo de simulação desta pesquisa, as séries históricas das taxas de variação de suas variáveis são estacionárias. Essa estacionariedade foi assegurada pela inclusão da variável (equação 6) entre os determinantes da competitividade dos grupos setoriais.<sup>16</sup>

Por conta de suas características evolucionárias, o modelo apresentado comporta mecanismos interativos que geram relações de causalidade indefinidas para com suas séries estacionárias. O diagrama de fase 3D, representado na Figura 7, é uma forma interessante de ilustrar essa propriedade do modelo. Conforme observado nessa figura, não existe uma lógica de determinação entre a taxa de crescimento da produção, a taxa de crescimento das exportações e a taxa de investimento. O movimento da linha formado pela junção dos pontos vetoriais é aparentemente caótico, porém circunscrito a um espaço relativamente estreito. Tecnicamente, o modelo apresenta um “atrator”, que impediu a produção de séries explosivas ou caótica dentro do período analisado, lembrando que essa estabilidade estrutural do modelo tem como fonte principal um fator de não linearidade que é endogenamente determinado: o hiato de oferta estabelecido pela relação entre o produto efetivo e o produto potencial.

Fig. 7. Diagrama de fase 3D das taxas de crescimento da produção e das exportações e das taxas de investimento



A literatura evolucionária aponta sistematicamente para as limitações dos modelos de crescimento tradicionais fundamentados no princípio da ergodicidade. No caso específico dos modelos kaldorianos, suas versões tradicionais embutem esse princípio ao perseguirem o postulado de que a estacionariedade das taxas de crescimento é decorrente de fatores estruturais, a exemplo das elasticidades-renda das exportações e das importações, as quais, supostamente,

<sup>16</sup> Outro fator que contribui para a estabilidade do modelo é a equação (9), que se refere à determinação do coeficiente de penetração das importações. Na maioria dos grupos setoriais, a participação das empresas não residentes no mercado interno é relativamente baixa, o que minimiza o impacto das mudanças internas sobre o nível de competitividade da indústria nacional no mercado interno e amortece o *feedback loop*.

mantêm-se relativamente estáveis no longo prazo. De acordo com os resultados desta pesquisa, esse postulado provocou uma fragilização desnecessária da abordagem kaldoriana. Por conta desse postulado, serão remotas as chances de um consenso em favor dos modelos kaldorianos de crescimento liderado pelas exportações se, de fato, as economias reais estiverem submetidas a um processo dinâmico do tipo evolucionário, mesmo que as exportações sejam efetivamente o carro-chefe do crescimento.

A Figura 7 mostra claramente que o modelo de simulação desta pesquisa é de natureza não ergódica e, por conseguinte, deverá produzir séries históricas que não comportam análises de causalidade baseadas em modelos econométricos. Assim, é necessário buscar novos fundamentos de pesquisa empírica para os modelos heterodoxos de crescimento liderado pelas exportações. A literatura evolucionária aponta um desses caminhos: a identificação dos “fatos estilizados” do crescimento econômico a partir da unidade fundamental de mudança tecnológica, a firma, e a construção de modelos de simulação – no caso desta pesquisa, a firma foi substituída pelo setor como unidade fundamental e os “fatos estilizados” foram buscados nos estudos dos padrões setoriais de mudança tecnológica e de competitividade. Mas, nessa linha de pesquisa ainda existe um longo caminho a percorrer.

## 6. Considerações Finais

O estudo da relação entre a atividade inovativa, a competitividade e o crescimento econômico é tema recorrente na literatura econômica, seja na abordagem tradicional (*mainstream*) ou heterodoxa (pós-keynesiana e evolucionária). Apesar disso, nas abordagens de cunho heterodoxo foram raras as tentativas de formulação de modelos teóricos que sintetizam os aspectos micro e macroeconômicos relativos ao desempenho tecnológico das firmas, à competitividade industrial e à dinâmica do crescimento econômico. O modelo sugerido neste artigo vem somar esforços no sentido de minimizar essa lacuna da abordagem heterodoxa. A análise dos fatores relevantes na determinação da atividade inovativa de cada indústria, a qual está sintetizada na Seção 2, foi o primeiro passo desta pesquisa. Para alcançar esse propósito, adotou-se como referência um modelo teórico de determinação dos gastos com P&D baseado no conceito de regime tecnológico. A análise desse modelo definiu as possíveis especificidades relativas aos esforços tecnológicos das firmas em cada indústria, indicando a existência de uma tipologia constituída de quatro grupos:

- a) indústrias que apresentam baixo grau de complexidade da base de conhecimento e alto grau de *spillover* e de oportunidade tecnológica;
- b) indústrias com baixo grau de complexidade da base de conhecimento, combinado com baixo grau de *spillover* e de oportunidade tecnológica;
- c) indústrias com elevado grau de complexidade da base de conhecimento, combinado com elevado grau de *spillover* e baixo grau de oportunidade tecnológica;
- d) indústrias com alto grau de complexidade da base de conhecimento, combinado

com baixo grau de *spillover* e de oportunidade tecnológica.

Com base nessa classificação, foram definidos os fatores da competitividade de cada grupo. A atividade tecnológica do primeiro grupo depende dos conhecimentos incorporados nos bens de capital. Portanto, o elemento-chave da competitividade são os investimentos na renovação do estoque de capital. No segundo e no último grupo, a atividade de P&D depende do tamanho do mercado, o que gera o mecanismo de causação circular e cumulativa entre o nível de produção e a competitividade industrial. Diante dessas características, elaborou-se para o segundo e o último grupo uma equação de competitividade que incorpora o tamanho do mercado como a variável explicativa fundamental do desempenho tecnológico e da competitividade. No terceiro grupo, os estímulos à atividade de P&D estão atrelados ao grau de oportunidade tecnológica. Desse modo, entre os fatores-chave da competitividade desse terceiro grupo estão os investimentos públicos em ciências e tecnologia, os quais representam uma das variáveis *proxy* do nível de oportunidade tecnológica.

Esta proposição taxonômica gerou um modelo de insumo-produto com quatro grupos setoriais, os quais foram intitulados de setores primários-baseados em recursos, setores de baixa-média tecnologia, setores de alta tecnologia e setores de serviços. Nesse último não foi realizada uma desagregação em termos de regime tecnológico. Entre esses grupos, apenas o segundo está submetido ao mecanismo de causação circular e cumulativa entre a produção e a competitividade externa. O nível de competitividade dos demais grupos depende basicamente de fatores exógenos.

Com essas proposições teóricas, montou-se um modelo de simulação do tipo insumo-produto  $4 \times 4$ , em que o crescimento da produção industrial é regido pelo crescimento das exportações, e esse crescimento, por sua vez, depende do crescimento das exportações mundiais e do nível de competitividade de cada grupo setorial.

Entre os diversos cenários passíveis de serem montados com esse modelo, optou-se pela definição de dois cenários básicos. Um deles foi definido pelo processo de calibração, que permite ao modelo produzir séries históricas da produção, das exportações, das importações, da participação (*market share*) no comércio exterior, do coeficiente de exportação e do coeficiente de penetração das importações, relativas a cada grupo, com caminhos semelhantes aos que foram observados na economia brasileira nas décadas mais recentes. O outro resultou de uma modificação do primeiro cenário, produzida pela incorporação de defasagem temporal e choques aleatórios sobre os gastos de consumo do governo. O primeiro cenário serviu de *benchmark* para se avaliar a importância dos choques randômicos e das defasagens temporais sobre as propriedades e trajetórias macroeconômicas geradas pelo modelo.

A relevância dessa modificação ficou evidente com a produção de resultados inusitados ponto de vista da teoria kaldoriana tradicional. Um deles foi a constatação de que as elasticidades-renda das exportações e das importações podem mudar de acordo com o período analisado, em razão das defasagens

temporais e dos choques aleatórios, mesmo diante da hipótese de que os parâmetros estruturais do modelo não sofram modificações. Por outro lado, as defasagens temporais e os choques aleatórios podem produzir séries históricas que, ao serem submetidas ao teste de causalidade, produzem resultados que refutam a hipótese de crescimento liderado pelas exportações, ainda que o modelo tenha como variável exógena os elementos determinantes das exportações. A conclusão geral é de que o modelo de simulação apresentado nesta pesquisa produziu relações de causalidade indefinidas relativas às suas séries estacionárias, apesar de produzir trajetórias macroeconômicas regulares (não explosivas ou caóticas).

Essas conclusões impõem a busca de novos fundamentos de pesquisa empírica para os modelos heterodoxos de crescimento liderado pelas exportações. Um dos caminhos apontados nesta pesquisa é o estudo dos “fatos estilizados” relativos aos padrões de mudança tecnológica e de concorrência em nível setorial, a adoção de modelos multissetoriais e o uso das técnicas de simulação. Este artigo representa um pequeno esforço na tentativa de consolidar essa nova linha de pesquisa no campo da economia heterodoxa.

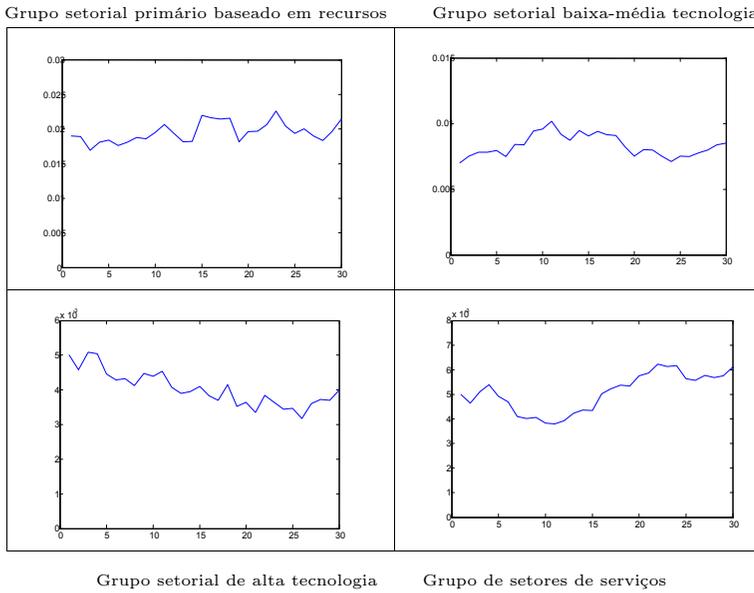
## Referências bibliográficas

- Bertola, L., Higachi, H., & Porcile, G. (2002). Balance-of-payments-constrained growth in Brazil: A test of Thirlwall's Law, 1980-1973. *Journal of Post-Keynesian Economics*, 25(1):123-140.
- Chiaromonte, F. & Dosi, G. (1993). The micro foundations of competitiveness and their macroeconomic implications. In Foray, D. & Freeman, C., editors, *Technology and the Wealth of Nations. The Dynamics of Constructed Advantage*, pages 107-134. St. Martin's Press, New York.
- Cohen, W. & Levinthal, D. (1989). Innovation and learning: Two faces of R&D. *The Economic Journal*, 99:569-596.
- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, 11:147-162.
- Dosi, G. (1988). Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, 26:1120-1171.
- Fagerberg, J. (2003). The dynamics of technology, growth and trade: A Schumpeterian perspective. Working Paper 25/2003. Centre for Technology, Innovation and Culture. University of Oslo.
- Giles, J. A. & Williams, C. L. (2000). Export-led growth: A survey of the empirical literature and some noncausality results part 1. *Econometrics Working Paper EWP0001*.
- Hall, P. (1994). *Innovations, Economics and Evolution. Theoretical Perspectives and Changing Technology in Economic Systems*. Harvester Wheatsheaf, New York.
- Jaime Jr., F. G. (2001). Balanced-of-payments constrained economic growth in Brazil. Texto para discussão 155 CEDEPLAR.
- Klevorick, A. K., Levin, R. C., Nelson, R., & Winter, S. (1995). On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities. *Research Policy*,

- 24(2):185–205.
- Lall, S. (2000). The technological structure and performance of developing country manufactured exports, 1985–1998. QEH Working Paper Series 44.
- Lall, S. (2003). Reinventing industrial strategy: The role of government policy in building industrial competitiveness. The Intergovernmental Group on Monetary Affairs and Development (G-24) Second Draft. Mimeo.
- Lall, S. (2005). A mudança tecnológica e a industrialização nas economias de industrialização recente da Ásia: Conquistas e desafios. In Kim, L. & Nelson, R., editors, *Tecnologia, Aprendizado e Inovação. As experiências das Economias de Industrialização Recente*, pages 25–99. Unicamp, Campinas.
- Lazonick, W. (1993). Learning and the dynamics of international and competitive advantage. In Thomson, R., editor, *Learning and Technological Change*, pages 172–197. St. Martin Press, New York.
- Lazonick, W. (1997). Organizational foundations of sustainable competitive advantage. In L-J, C. & Yoon, H. K., editors, *Hedging Bets on Growth in a Globalizing Industrial Order: Lessons for the Asian NIEs*, pages 251–281. Korea Development Institute.
- Moreno-Brid, J. C. (2003). Capital flows, interest payments and the balance-of payments constrained growth model: A theoretical and empirical analysis. *Metroeconomica*, 54(2):346–365.
- Nelson, R. & Winter, S. G. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Harvard University, Massachusetts.
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and theory. *Research Policy*, 13:343–373.
- Razmi, A. (2004). Balance of payments constrained growth model: The case of India. Working Paper 2005-05. University of Massachusetts Amherst.
- Rocha, F., Ruiz, A. U., & Campos, B. (2006). Measuring technological opportunity: The Brazilian case. In *Anais do XXXVI Encontro Nacional de Economia*, Salvador. ANPEC.
- Verspagen, B. (2003). Evolutionary macroeconomics: A synthesis between neo-schumpeterian and post-keynesian lines of thought. *The Journal of Evolutionary Modeling and Economic Dynamics*, 1007:<http://www.e--jemed.org/1007/index.php>.

## Apêndice A

### Evolução do *market share* das exportações de cada grupo setorial



Apêndice B

Matriz A:				Matriz dos elementos $m_{ij}^a$			
0,3337456	0,0950507	0,0368035	0,0339392	0,015203847	0,0260809	0,001657343	0,001937779
0,1046073	0,4090600	0,3435729	0,0756766	0,015549613	0,074316533	0,068754652	0,007971044
0,0090586	0,0228296	0,1462345	0,0097381	0,000635586	0,002276845	0,119504357	0,004460432
0,0911643	0,1001207	0,2044847	0,2158548	0,001483397	0,00189248	0,005250997	0,00901601
Matriz S:				Vetor-coluna $m^c$ :	Vetor-coluna $m^k$ :	Vetor-coluna c:	
0,200617	0,000586	0,000736	0,012954	0,05596	0,003614875	0,14797399	
0,388251	0,484202	0,347256	0,149778	0,062703	0,316085025	0,11011619	
0,081571	0,120231	0,145154	0,125473	0,061663	0,374753994	0,04813	
0,329561	0,394981	0,506854	0,7111795	0,01967	0,00925235	0,69377962	
Vetor-coluna w: Vetor-coluna V: Vetor-coluna $X^w$ :				Vetor-coluna s:	Vetor-coluna h:	Vetor-coluna $u^n$ :	
0,060697177	0,078885313	5582		0,019	0	0,8	
0,078401227	0,041101676	14210		0,007	0	0,8	
0,099514321	0,069808964	4060		0,005	0	0,8	
0,495231109	0,085840508	8800		0,005	1	0,8	