

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ECONOMIA

TEORIAS DO CRESCIMENTO ENDÓGENO:
EVOLUCIONISTAS-SCHUMPETERIANOS E
NEOCLÁSSICOS-SCHUMPETERIANOS

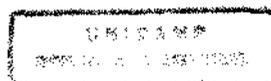
Tese apresentada ao Instituto
de Economia da Universidade Estadual
de Campinas pelo acadêmico Hermes
Yukio Higachi para obtenção do título
de doutor em economia, sob orientação
do Professor Doutor Otaviano Canuto
dos Santos Filho.

*Este exemplar corresponde ao original da
tese defendida por Hermes Yukio Higachi
em 07/04/98 e aceita pelo Prof. Dr. Otaviano
Canuto dos Santos Filho.*

CPG/IE, 07/04/98

OCST/IE

Campinas, abril de 1998.



UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	
	CAMP
V.	R.
F.º	51.34258
P.º	395198
C	0 <input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	12/06/98
N.º CPD	

CM-00112688-1

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO
CENTRO DE DOCUMENTAÇÃO DO INSTITUTO DE ECONOMIA

H533t Higachi, Hermes Yukio
Teorias do crescimento endógeno: evolucionistas-schumpeterianos e neoclássicos-schumpeterianos / Hermes Yukio Higachi.
– Campinas, SP : [s.n.], 1998.

Orientador : Otaviano Canuto dos Santos Filho.
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas.
Instituto de Economia.

1. Desenvolvimento econômico. 2. Economia - *Crescimento endógeno. I. Santos Filho, Otaviano Canuto dos. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Economia. III. Título.

A meus pais, Tadabumi e Fussako
Higachi, à minha esposa Janaína e
aos meus filhos Mateus e Camila.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Otaviano Canuto dos Santos Filho, pela orientação dedicada, competente e amiga. Suas sugestões foram decisivas na definição do tema, do problema e para a viabilização desta tese.

Aos professores do Instituto de Economia da UNICAMP, pelos seus ensinamentos e pesquisas que muito me auxiliaram; bem como aos funcionários pelo apoio operacional, em especial aos da Secretária de Pós-Graduação, Alberto, Cida e Márcia.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa pela liberação das atividades docentes com vencimentos, para a realização da pós-graduação e, ao mesmo tempo, aos professores Jorge, Cleise, Divonir, também pelo apoio operacional.

À CAPES, pelas bolsas concedidas para a fase de cumprimento de créditos e para a fase de elaboração do projeto e da tese.

Aos professores da Universidade Federal do Paraná, Prof. Gabriel, Prof. Ademir, Prof. Alceu, Prof. Fábio, Prof. Carmo e Profa. Eleonora, por suas contribuições fundamentais.

Aos Colegas Rossini, Catherine, Mauro, Clésio, e Reinaldo, pelos bons momentos que passamos no processo de aprendizagem.

À minha esposa Janaina pelo estímulo e pela paciência que demonstrou ao longo desses quatro anos.

SUMÁRIO

Lista de quadros e figuras.....	v
INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 1 - O PARADIGMA CIENTÍFICO NOVO-CLÁSSICO: UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA PARTICULAR.....	8
1.1. A Visão Econômica de Lucas.....	10
1.1.1. Características de comportamentos individuais: racionalidade substantiva nas decisões.....	13
1.1.2. Características de ambientes econômicos: interações de equilíbrio entre agentes representativos.....	15
1.2. A Instabilidade da Estrutura de Parâmetros e a Política Econômica.....	18
1.2.1. A crítica de modelos macroeconômicos.....	18
1.2.2. A saída de Lucas.....	20
1.3. O Escopo Empírico da Teoria Macroeconômica de Lucas.....	22
1.3.1. Sistemas dinâmicos com modos de comportamento especiais: ponto fixo, ciclo limite e processo estocástico estacionário.....	23
1.3.2. O caso particular do fluxo circular.....	30
1.4. A Concepção de Ciência Econômica de Lucas.....	32
1.5. Conclusões.....	37

**CAPÍTULO 2 - AS NOVAS TEORIAS NEOCLÁSSICAS DO
CRESCIMENTO ECONÔMICO: UMA ABORDAGEM TEÓRICA
PARTICULAR.....40**

- 2.1. O Problema da Coordenação e da Mudança Econômica em Ambientes com Mudança Técnica, Organizacional e Institucional.40
- 2.2. Modelos Neoclássicos Tradicionais.....44
- 2.3. Modelos de Crescimento Endógeno a Partir de *Spillovers*: Retornos Crescentes Externos e Equilíbrio Competitivo.....46
 - 2.3.1. O modelo de Romer (1986).....47
 - 2.3.2. O modelo de Lucas (1988).....50
- 2.4. Modelos Lineares: Retornos Constantes e Equilíbrio Competitivo.....56
- 2.5. Modelos de Crescimento Endógeno “Neoschumpeterianos”: Um Avanço da Modelagem Novo-Clássica.....59
 - 2.5.1. O modelo de Romer (1990).....60
 - 2.5.2. O modelo de Aghion&Howitt (1993).....66
- 2.6. Conclusões.....73

**CAPÍTULO 3 - O PARADIGMA EVOLUCIONISTA: UMA
ABORDAGEM METODOLÓGICA GERAL.....78**

- 3.1. A Visão Econômica de Nelson e Winter.....79
 - 3.1.1. Características de comportamentos individuais: racionalidade limitada nas decisões.....81
 - 3.1.2. Características de ambientes econômicos: interações de não equilíbrio entre agentes heterogêneos.....83

3.2. O Escopo Empírico da Teoria Macroeconômica de Nelson&Winter.....	85
3.2.1. Sistemas dinâmicos não lineares com modo de comportamento geral: caos determinístico.....	85
3.2.2. O caso geral do desenvolvimento econômico.....	88
3.3. A Concepção de Ciência Econômica de Nelson&Winter.....	89
3.4. Modelos Evolucionistas de Crescimento Endógeno: Uma Abordagem Teórica Geral.....	95
3.5. Conclusões.....	99
CAPÍTULO 4 - UM MODELO EVOLUCIONISTA DE CRESCIMENTO ENDÓGENO: O CASO DA AMÉRICA LATINA....	100
4.1. A Análise Espectral.....	101
4.1.1. Conceitos básicos.....	102
4.1.2. Procedimentos operacionais: a distinção entre processos estocásticos e caos determinístico.....	103
4.2. O Crescimento Econômico das Principais Economias da América Latina: Os Fatos Estilizados de Longo Prazo.....	106
4.3. As Novas Teorias do Crescimento Neoclássicas: Falhas de Predição Empírica.....	113
4.3.1. Metodologia para simulação.....	113
4.3.2. Resultados da simulação.....	115
4.4. O Modelo Evolucionista de Crescimento Endógeno para Simulação de Economias da América Latina.....	123
4.5. Simulação Evolucionista do Crescimento de Longo Prazo de Economias da América Latina.....	132
4.5.1. Condições iniciais e parâmetros utilizados na simulação.....	132

4.5.2. Resultados da simulação.....	133
4.6. Conclusões.....	136
CONCLUSÕES.....	138
BIBLIOGRAFIA.....	143

Lista de quadros e figuras

Quadro 1.1 - Condições de Previsibilidade.....	14
Figura 4.1 - PIB <i>per capita</i> real de economias da AL, 1900-1989.....	108
Figura 4.2 - PIB <i>per capita</i> real de economias da AL, 1900-1989.....	108
Figura 4.3 - Espectro de potências da variação absoluta no PIB <i>per capita</i> real da Argentina, 1900-1989.....	110
Figura 4.4 - Espectro de potências da variação absoluta no PIB <i>per capita</i> real do Brasil, 1900-1989.....	110
Figura 4.5 - Espectro de potências da variação absoluta no PIB <i>per capita</i> real do México, 1900-1989.....	111
Figura 4.6 - Espectro de potências da variação absoluta no PIB <i>per capita</i> real do Chile, 1900-1989.....	111
Figura 4.7 - Espectro de potências da variação absoluta no PIB <i>per capita</i> real da Venezuela, 1900-1989.....	112
Figura 4.8 - Espectro de potências da variação absoluta no PIB <i>per capita</i> real da Colômbia, 1900-1989.....	112
Figura 4.9 - Espectro de potências da variação absoluta no PIB <i>per capita</i> real da simulação novo-clássica.....	117
Figura 4.10 - Espectro de potências da variação absoluta no PIB <i>per capita</i> real da simulação novo-clássica.....	117
Figura 4.11 - Espectro de potências da variação absoluta no PIB <i>per capita</i> real da simulação novo-clássica.....	118
Figura 4.12 - Espectro de potências da variação absoluta no PIB <i>per capita</i> real da simulação novo-clássica.....	118
Figura 4.13 - Espectro de potências da variação absoluta no PIB <i>per capita</i> real da simulação novo-clássica.....	119

Figura 4.14 - Espectro de potências da variação absoluta no PIB <i>per capita</i> real da simulação novo-clássica.....	119
Figura 4.15 - Espectro de potências da variação absoluta no PIB <i>per capita</i> real da simulação novo-clássica.....	120
Figura 4.16 - Espectro de potências da variação absoluta no PIB <i>per capita</i> real da simulação novo-clássica.....	120
Figura 4.17 - Espectro de potências da variação absoluta no PIB <i>per capita</i> real da simulação novo-clássica.....	121
Figura 4.18 - Espectro de potências da variação absoluta no PIB <i>per capita</i> real da simulação novo-clássica.....	121
Figura 4.19 - Espectro de potências da variação absoluta no PIB <i>per capita</i> real da simulação evolucionista.....	135

Após duas décadas de relativo abandono, a teoria do crescimento econômico tornou-se, a partir da segunda metade da década de 80, novamente um campo ativo de pesquisa, envolvendo uma mudança parcial de perspectiva no *mainstream* da economia (Dosi; Freeman & Fabiani, 1994; Barro & Sala i Martin, 1995; Ferreira & Ellery Jr., 1996).

A característica peculiar que distingue as “novas” teorias neoclássicas do crescimento das “velhas” (tipo Solow-Swan) é a ênfase no crescimento econômico como resultado endógeno do sistema econômico - tendo como determinante fundamental a mudança técnica endógena - e não mais como a consequência de forças que o afetam do exterior (Romer, 1994). É por isso que tais teorias são, muitas vezes, denominadas alternativamente por teorias do crescimento endógeno.

Três observações se mostraram inconsistentes com as predições dos modelos neoclássicos (tipo Solow-Swan) e motivaram as novas teorias do crescimento a tentar remover duas suposições centrais de tais modelos, vale dizer, a mudança técnica exógena e a disponibilidade das mesmas oportunidades tecnológicas em todos os países do mundo (Grossman & Helpman, 1994; Romer, 1994; Verspagen, 1993: cap. 2) :

(i) a produtividade do trabalho e a renda *per capita* têm aumentado de modo permanente, desde a revolução industrial. Reconhecendo as deficiências em sua modelagem para “explicar” este fato estilizado, os teóricos neoclássicos, desde fins dos anos 50 e 60, invocaram a mudança técnica exógena. No entanto, a suposição de mudança técnica exógena não cumpre a tarefa de explicar a origem do progresso econômico. Para retificar esta falha tornou-se necessário endogeneizar a mudança técnica;

(ii) a divergência no comportamento de taxas de crescimento e nos níveis de renda *per capita* tem aumentado sistematicamente, entre diferentes

países. Este fato é totalmente inconsistente com a convergência entre países pobres e países ricos prevista pelos modelos neoclássicos convencionais. Tanto Lucas (1988) como Romer (1986) citaram as falhas da convergência entre países para justificar modelos de crescimento que removam a suposição arbitrária de que a mudança técnica é exógena e de que as mesmas oportunidades tecnológicas estão disponíveis em todos os países do mundo ; e

(iii) o padrão observado de mobilidade de fatores de produção e de diferenciais internacionais de remuneração contradiz as previsões dos modelos neoclássicos convencionais: por exemplo, se a mesma tecnologia fosse disponível em todos os países, o capital humano não se moveria de economias onde ele é escasso para economias onde ele é abundante e o mesmo trabalhador não receberia um salário maior depois de mover-se de países pobres para os países ricos (Lucas, 1988).

No sentido de descrever e compreender melhor tais fatos estilizados, recentes esforços de pesquisa têm caminhado em três direções diferentes, no que tange aos determinantes fundamentais do crescimento , dando origem a três tipos de modelos :

(i) modelos lineares que continuam a ver acumulação de capital (físico, humano e conhecimento) como a força diretora;

(ii) modelos de *spillover* que explicam o crescimento através das externalidades; e

(iii) modelos auto-denominados neo-schumpeterianos que consideram a inovação industrial como a máquina do crescimento, tratando a inovação como resultado deliberado da busca de poder de monopólio, ainda que um poder inevitavelmente temporário nestes modelos.

Mas o interesse em mudança técnica endógena como determinante fundamental para o crescimento econômico não reviveu apenas no *mainstream*. Seguindo mais de perto Schumpeter (1943), a idéia de

inovação endógena em uma teoria do crescimento econômico também tem sido a principal fonte de inspiração para a literatura evolucionista que foi iniciada, no início dos anos 80, por Nelson e Winter (1982)¹.

Nesta perspectiva evolucionista, três classes de modelos formais têm sido desenvolvidas, focalizando sobre diferentes aspectos do crescimento econômico (Dosi, 1991b). Uma delas segue basicamente a filosofia e a estratégia de modelagem do primeiro modelo evolucionista de crescimento, proposto por Nelson e Winter em 1974 e com desenvolvimentos em 1982. Busca-se mostrar como os padrões de mudança técnica e de desenvolvimento econômico de longo prazo podem ser fundamentados microeconomicamente em processos explícitos de busca e concorrência entre agentes heterogêneos.

Outra classe de modelos evolucionistas, de inspiração kaldoriana, é coerente com os microfundaentos explícitos da classe anterior, sem contudo elaborar um modelo explícito do processo competitivo. Em linhas gerais, esses modelos partem de diferentes dinâmicas possíveis na inovação e imitação de distintos países e investigam suas relações com os esquemas de comércio externo e crescimento. O foco de análise é a origem e a persistência de padrões de desenvolvimento desiguais que se observam na economia mundial.

A terceira e última classe de modelos, que emergiu a partir do início dos anos 90, resulta do esforço de integração das duas linhas de investigação anteriores, bem como de uma extensão da dinâmica não linear de Goodwin (1967). O objeto de investigação são os determinantes gerais

¹ Uma comparação entre os conteúdos Schumpeterianos nas abordagens evolucionistas e das "novas" teorias do crescimento endógeno pode ser encontrada em Arcangeli & Canuto (1996). Os autores examinam, também, a incorporação de resultados empíricos obtidos por estudiosos de tecnologia naquela literatura.

dos diversos padrões de desenvolvimento observados em nível mundial: *catching up, falling behind e forging ahead*.

Os modelos evolucionistas coincidem com as novas teorias neoclássicas do crescimento no esforço de colocar o conhecimento, a inovação e os retornos crescentes como aspectos fundamentais do modelo. Entretanto, afastam-se radicalmente deles, acima de tudo, nas suposições sobre como os agentes se comportam, como o aprendizado toma lugar e como os mercados funcionam (Dosi; Freeman & Fabiani, 1994), conforme veremos mais tarde.

Este trabalho examina as principais linhas de investigação e as potencialidades dos modelos neoclássicos e evolucionistas de crescimento endógeno. O objetivo geral é mostrar como as teorias formais evolucionistas do crescimento endógeno proporcionam uma abordagem teórica geral na descrição, explicação e previsão de características essenciais do fenômeno do crescimento econômico; enquanto que as novas teorias neoclássicas do crescimento econômico proporcionam uma abordagem particular. Os argumentos centrais em favor dessa asserção são dois:

(i) as abordagens evolucionistas são aplicáveis ao caso geral do desenvolvimento econômico, marcado pela inovação e pela mudança estrutural endógena e descontínua; em contraste com os modelos neoclássicos de crescimento endógeno, os quais são adequados apenas ao caso particular do fluxo circular schumpeteriano, caracterizado pela rotina econômica; e

(ii) ao mesmo tempo, os resultados analíticos e de simulação evolucionistas permitem gerar maior número de (e/ou com maior precisão) os principais fatos estilizados (micro e macro) sobre o processo de desenvolvimento econômico observados nos sistemas econômicos reais, como, por exemplo, a microdiversidade de agentes econômicos, *catching*

up, falling behind, forging ahead e instabilidade e bifurcação de trajetórias de crescimento ao longo do tempo.

O desenvolvimento da tese será realizada em quatro capítulos. Nos três primeiros elabora-se o argumento (i) acima, enquanto o argumento (ii) está desenvolvido no quarto e último capítulo. No primeiro capítulo, com o objetivo de preparar uma avaliação do escopo empírico das novas teorias do crescimento neoclássicas (a ser elaborada no capítulo 2), a análise e discussão centra-se na natureza e nas implicações teórico-metodológicas do núcleo básico (ou *hard core*) do paradigma novo-clássico, a saber:

(i) microfundamentos da coordenação e da mudança econômica fundados na hipótese de maximização de lucros e de utilidade, bem como na hipótese de interações de equilíbrio entre agentes representativos; e

(ii) a concepção de economia como uma ciência exata, baseada em argumentos demonstrativos.

Do exame dos microfundamentos novo-clássicos e dos requisitos reducionistas impostos por um método de equilíbrio “puro”, procura-se mostrar como o poder interpretativo da teoria macroeconômica de Lucas restringe-se a sistemas econômicos muito simples (isto é, com atrator simples, único e estável), com poucas possibilidades de serem encontrados no mundo real. Essa limitação é utilizada como argumento de que, de um ponto de vista schumpeteriano, a teoria macroeconômica de Lucas pode ser aplicável somente para o caso particular do fluxo circular marcado pela rotina econômica. Não seria, contudo, apropriada para o caso geral do desenvolvimento econômico, caracterizado pela inovação e pela mudança estrutural, endógena e descontínua.

O segundo capítulo, por sua vez, trata de elaborar um resumo sucinto e crítico das origens e dos ramos de pesquisa das novas teorias neoclássicas do crescimento econômico, com ênfase na caracterização de seus

microfundamentos da coordenação e da mudança econômica, da concepção de ciência econômica subjacente e de suas principais proposições teóricas. Busca-se ressaltar que a emergência e o desenvolvimento de modelos de crescimento endógeno podem ser interpretados como um desdobramento da macroeconomia novo-clássica para o âmbito da teoria do crescimento. Segue-se, a partir do argumento discutido anteriormente, que o escopo empírico das novas teorias neoclássicas do crescimento econômico é restrito ao caso particular do fluxo circular caracterizado pela rotina econômica, jamais podendo abranger o caso geral do processo de desenvolvimento econômico.

Completando a elaboração do primeiro argumento central do presente trabalho, o terceiro capítulo realiza uma análise e discussão da natureza e das implicações teóricas de uma abordagem metodológica alternativa à novo-clássica, a saber: a evolucionista proposta por Nelson & Winter (1982). Esta é caracterizada pela ênfase na racionalidade limitada e criativa, em interações de não equilíbrio, na incerteza e em métodos não demonstrativos.

Para efeito de comparação com a abordagem novo-clássica, o foco de análise está dirigido aos microfundamentos da coordenação e da mudança econômica da abordagem evolucionista, bem como em sua concepção de ciência econômica e em seu escopo de validade empírica. A partir do exame dos microfundamentos evolucionistas, apresenta-se as evidências teóricas de que a teoria de Nelson & Winter, em contraste com a de Lucas, é capaz de captar uma dimensão específica da racionalidade humana, a racionalidade criativa, ou seja: o agente econômico considerado como tendo a capacidade de transformar a estrutura do ambiente e do sistema econômico. Argumenta-se que, ao captar essa dimensão criativa da racionalidade humana, a teoria de Nelson & Winter torna-se apta para uma

análise rigorosa da mudança estrutural, endógena e descontínua e, portanto, do caso geral do desenvolvimento econômico.

Ainda no capítulo 3, ressalta-se que, ao contrário da abordagem novo-clássica, trata-se de uma abordagem não reducionista, no sentido de que atribui um papel fundamental à complexidade de fenômenos econômicos, à dinâmica de não equilíbrio, à instabilidade dinâmica e estrutural, à multiplicidade de atratores e à irreversibilidade do tempo.

Finalmente, no capítulo 4, criamos e aplicamos um teste de falsificação empírica, fundada na comparação das descobertas teóricas com os dados empíricos. Os estudos empíricos existentes, seja no âmbito das novas teorias neoclássicas, como das teorias evolucionistas, em sua maior parte focalizam em geral, os países da OECD, ou ainda, os países em geral. Tomaremos aqui como objeto de estudo, as características essenciais e os determinantes do crescimento econômico de países da América Latina, desde o início do século XX.

A preocupação do capítulo 4 é, pois, elaborar o segundo argumento da presente tese, de modo a tornar possível afirmar que as teorias evolucionistas proporcionam uma abordagem teórica mais geral, a saber: são capazes de gerar (e assim explicar) maior número de (e/ou com maior precisão) os principais fatos estilizados do processo de desenvolvimento econômico. Para isso, apresenta-se a evidência empírica de que, ao contrário dos modelos do *mainstream* da economia, os modelos evolucionistas de crescimento endógeno capturam a dinâmica complexa (ou caótica) das séries temporais reais de renda *per capita* no caso da América Latina.

CAPÍTULO 1 - O PARADIGMA CIENTÍFICO NOVO-CLÁSSICO: UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA PARTICULAR.

No curso dos anos setenta emergiu uma nova ortodoxia na teoria econômica, chamada de economia novo-clássica, por se inspirar no objetivo de dar fundamentos rigorosos às proposições macroeconômicas com base nos princípios "clássicos" de equilíbrio geral. Robert Lucas é reconhecido como o líder da economia novo-clássica. Desenvolveu uma abordagem metodológica, em total desacordo com aquela de Keynes, colocando ênfase sobre racionalidade substantiva, equilíbrio, métodos demonstrativos e risco. Lucas refina e organiza tais tendências metodológicas, já presentes na síntese neoclássica (Vercelli, 1991: cap.1).

Na década de 70, o objeto de análise econômica era os fenômenos que caracterizam o mercado de trabalho e o ciclo econômico, este visto como fenômeno monetário e exógeno. No início da década de 80, os ciclos econômicos também passam a ser tratados como fenômenos reais, mas ainda exógenos, a partir da publicação do trabalho de Kydland&Prescott (1982).

No entanto, a partir da segunda metade dos anos oitenta, com a publicação do trabalho de Romer (86) e de Lucas (88), o paradigma novo-clássico muda o seu foco de análise para os fenômenos do crescimento econômico endógeno². Com efeito, abandona-se também as idéias de que a política econômica é necessariamente irrelevante ou prejudicial, de que os fenômenos macroeconômicos têm somente causas monetárias e a de que um equilíbrio competitivo é sempre um ótimo (cf. veremos no capítulo 2).

² Isso não significa que a teoria do ciclo desapareceu por completo. Uma linha de investigação continua a considerar o ciclo como um fenômeno exógeno e passa a utilizar, de modo crescente, métodos formais de calibração de parâmetros (sobretudo o método dos momentos generalizados) e de teste das predições empíricas (sobretudo o teste Wald, para verificar se as amostras foram extraídas da mesma população). Outra linha, os auto-denominados neoschumpeterianos, consideram o ciclo como um fenômeno endógeno, gerado por inovações radicais e incrementais (Christiano & Eichenbaum, 1992; Segerstrom, Anant & Dinopoulos, 1990).

Apesar dessas mudanças, o paradigma novo-clássico manteve invariáveis algumas de suas características dos anos 70, os quais têm inspirado e orientado a formulação de teorias formais sobre os fenômenos macroeconômicos.

No sentido de preparar uma avaliação do escopo empírico das novas teorias do crescimento neoclássicas (a ser elaborada no capítulo 2), o foco de análise e discussão do presente capítulo centra-se sobre a natureza e as implicações teórico-metodológicas do núcleo básico (ou *hard core*) do paradigma novo-clássico, a saber:

(i) os microfundamentos fundados na hipótese de maximização de lucros e de utilidade, bem como na hipótese de interações de equilíbrio entre agentes representativos e, por último, nos fundamentos de mercado: parâmetros de equilíbrio geral estabelecidos em nível de preferências e tecnologias do sistema econômico; e

(ii) a concepção de economia como uma ciência baseada exclusivamente em argumentos demonstrativos.

O objetivo central do capítulo é tornar evidente que a abordagem metodológica novo-clássica, ao realizar abstrações e simplificações em demasia, limita seu poder de descrição, explicação e previsão à dinâmica de sistemas econômicos muito simples (isto é, com atrator simples, único e estável) com poucas possibilidades de serem encontrados no mundo real. Portanto, de um ponto de vista schumpeteriano, seria considerada apropriada para a abordagem do caso particular do fluxo circular marcado pela rotina econômica. Por outro lado, mostrar-se-ia incapaz de tratar o caso geral do desenvolvimento econômico, caracterizado pela inovação e pela mudança estrutural, endógena e descontínua.

A partir disso, ressalta-se que qualquer análise econômica fundamentada na metodologia novo-clássica proporciona inexoravelmente

apenas uma abordagem teórica particular para os fenômenos macroeconômicos. Para a formulação de uma abordagem metodológica geral aos fenômenos do crescimento econômico, torna-se imprescindível adotar uma perspectiva alternativa que atribua um papel fundamental à dinâmica complexa e caótica, ao desequilíbrio, à instabilidade dinâmica e estrutural e à multiplicidade de soluções.

O presente capítulo está constituído de cinco seções. As três primeiras tratam da teoria macroeconômica de Lucas. Na seção 1.1 descreve-se e discute-se os microfundamentos para a macroeconomia propostos por ele na década de 70. A seção 1.2, por sua vez, examina sua crítica e a sua saída para o problema da instabilidade de coeficientes de modelos macroeconômicos nekeynesianos. No sentido de circunscrever a teoria de Lucas, a seção 1.3 avalia os requisitos necessários para torná-la operacional, bem como as implicações de tais requisitos para o seu escopo de validade empírica.

A seção 1.4 mostra como a concepção de economia como uma ciência exata é fundamental para a compreensão do programa de pesquisa de Lucas. Tenta-se evidenciar como tal concepção impõe restrições adicionais para a abordagem de fenômenos macroeconômicos. A quinta e última seção, finalmente resume as conclusões e as implicações básicas do capítulo.

1.1. A Visão³ Econômica de Lucas.

Na concepção de Lucas, a contradição entre o equilíbrio econômico geral estático e os fenômenos macroeconômicos empíricos podem ser superados se e somente se o conceito de equilíbrio for aplicado, não no nível

³ Por "visão", Schumpeter se refere a: "(...) the first perception or impression of the phenomena to be investigated" que contribui para "single out the set of phenomena we wish to investigate, and acquire intuitively a preliminary notion of how they hang together" (Schumpeter, 1954:562 e 570). O conceito está aqui estendido de modo a abranger princípios metodológicos básicos e aquilo que Vercelli (1991: cap. 9) denominou de "modelo heurístico".

do fenômeno real, como fazem os modelos keynesianos, mas em um nível mais alto de abstração, a partir do qual os fenômenos econômicos são vistos como uma manifestação. Segue-se que o equilíbrio econômico geral é concebido como um processo estocástico estacionário, cujas possíveis realizações constituem os fenômenos observados⁴. Só assim as variáveis macroeconômicas, apresentaria um comportamento dinâmico complexo representativo do comportamento do fenômeno nos níveis das manifestações, sem violar a hipótese de que o processo estocástico subjacente é um equilíbrio estacionário (Vercelli, 1991: 128-129).

Com efeito, a visão econômica de Lucas é a de que os fenômenos econômicos são manifestações do equilíbrio econômico geral que pode ser compreendido somente em um nível elevado de abstração, isto é: o do processo estocástico estacionário subjacente. O núcleo de sua contribuição, portanto, encontra-se em uma aplicação coerente do método de equilíbrio, o qual consiste na aplicação simultânea de dois postulados comportamentais: (i) os agentes econômicos agem em seu próprio interesse; e (ii) os mercados jamais são caracterizados por excesso de oferta e demanda (Ibidem: 130).

O primeiro postulado é traduzido na prática na hipótese de maximização de uma função de utilidade e de lucros. O segundo postulado, por sua vez, está presente na hipótese de vigência, todo o tempo de

⁴ Como na prática só se dispõe de uma única realização do processo estocástico X_t , $t \in T = \{1, \dots, n\}$ e em geral a distribuição conjunta subjacente depende de mais de um parâmetro, é impossível recuperar tal distribuição com uma única observação. Logo, para que seja possível obtê-la torna-se necessário introduzir dois tipos de restrições: (i) na heterogeneidade temporal e (ii) na memória do processo. A primeira restrição implica que o processo estocástico deve ser estacionário, dado que somente neste caso haverá uma distribuição de probabilidade plenamente confiável e então recuperável, enquanto a segunda restrição, por sua vez, implica que a memória do processo deve ser pelo menos assintoticamente independente para que seja possível reduzir o número de parâmetros e então tornar possível a recuperação de alguns parâmetros da densidade de X_t . Se houver invariância da distribuição de probabilidade conjunta por translação, um processo estocástico é denominado estritamente estacionário ou de primeira ordem, enquanto que, por outro lado, se a média e a variância são invariantes no tempo e as auto-covariâncias dependem dos intervalos entre os tempos, diz-se que o processo é estacionário de segunda ordem ou fraco. Mais ainda, se a distribuição subjacente for normal, o fato do processo ser estacionário de segunda ordem possibilita recuperar todos os parâmetros da distribuição, desde que a média e a variância caracterizem-na plenamente (Spanos, 1993: cap. 8).

equilíbrio competitivo de expectativas racionais⁵ ou de *perfect foresight*⁶ ou de Nash.

Essas duas hipóteses, além de sintetizarem a visão econômica de Lucas, constituem os microfundamentos da coordenação e da mudança econômica propostos por ele para a macroeconomia (Dosi & Fabiani, 1994). A esse respeito, cabe lembrar que qualquer tentativa de colocar a análise macroeconômica sobre microfundamentos sólidos deve, necessariamente em uma primeira fase investigar as características de comportamentos de agentes individuais e, em uma segunda fase, as de ambientes econômicos que expliquem uma relativa ordem no processo de coordenação entre agentes individuais e, ao mesmo tempo, na mudança econômica (ver a respeito seção 2.1).

A suposição central (implícita ou explícita) de Lucas é a de que os níveis e as mudanças de variáveis macroeconômicas podem ser explicadas através de uma transposição direta de comportamentos micro (maximização de lucros e de utilidade) e dos fundamentos da economia, isto é, dos parâmetros de equilíbrio geral definidos a partir de preferências e tecnologias individuais (Corriceli et alii, 1988: 126). Vejamos então nas próximas sub-seções (1.1.1 e 1.1.2) e na seção 1.2 como se processa tal transposição. A investigação de suas implicações restritivas sobre o escopo empírico da teoria de Lucas será deixada para a seção 1.3.

⁵ Segundo Hahn (1981: 133), "(...) *A Rational Expectation Equilibrium obtains if the optimizing actions of agents in the light of their rational expectations lead to the clearing of markets at all dates (...)*".

⁶ Sob condições de certeza, o equilíbrio de *perfect foresight* é o equivalente de expectativas racionais (Blanchard & Fisher, 1989: 48).

Na concepção de Lucas, as regularidades no comportamento econômico de agentes individuais emergem porque os mesmos adotam regras de otimização, explicadas e justificadas com base na hipótese de maximização de lucros e de utilidade. O argumento básico é o de que os agentes individuais, ao tomarem suas decisões maximizadoras, em uma situação de risco⁷ ou de plena certeza e com expectativas racionais⁸ ou *perfect foresight* (*hiato* C-D = 0)⁹, geram as regularidades (e então sua possível previsibilidade) no comportamento econômico (Lucas, 1981; 1986).

De fato, a teoria das decisões de agentes individuais, sugerida por Lucas, apesar de jamais ser aplicável a uma situação de incerteza forte (no sentido de Keynes e Knight) e de *hiato* C-D > 0 (isto é, quando os agentes econômicos não conhecem a parte sistemática do futuro), explica e justifica a regularidade (e então sua possível previsibilidade) no comportamento humano, dentro de suas suposições, isto é: incerteza fraca (risco) e de *hiato* C-D = 0 (isto é, quando os agentes conseguem identificar corretamente os sinais do ambiente) (cf. quadro 1). Ou seja, um agente racional não necessariamente modifica seu padrão de comportamento em resposta a

⁷ Há duas acepções sobre a distinção entre risco e incerteza. Na primeira acepção (versão mais usual) a oposição entre risco e incerteza é absoluta. Risco surge quando somente uma distribuição de probabilidade é epistemologicamente possível e seu grau de confiabilidade é máximo. No outro extremo, estaria a incerteza-k ou ignorância completa, onde nenhuma distribuição de probabilidade é considerada digna de confiança. Na segunda acepção (versão mais *light*) a oposição entre incerteza e risco não precisa ser absoluta. Nesta segunda interpretação, a incerteza e seu grau dizem respeito à confiança nas distribuições de probabilidade que subjetivamente os agentes decisórios necessariamente formulam e, destarte, a incerteza é tratada como um *continuum* em que, em um extremo, há uma situação de risco e em outro extremo uma situação de incerteza-k. Ambos os extremos seriam casos especiais de um quadro mais geral (Vercelli, 1991: seção 5.2; Canuto, 1997).

⁸ Expectativas racionais equivalem a supor que a distribuição de probabilidade subjetiva coincide com a distribuição objetiva que gerou os dados. Assim, expectativas racionais são aplicáveis somente sob a suposição que os processos estocásticos envolvidos são estacionários. A definição de expectativas racionais, por sua vez, implica a perfeita previsibilidade da parte sistemática do futuro (Vercelli, 1991: 98).

⁹ Com objetivo de representar uma dimensão adicional de incerteza, isto é, aquela proveniente da capacidade imperfeita de agentes de utilizar informações existentes Heiner (1983) cunhou a expressão *hiato* C-D, ou seja, o *hiato* entre a capacidade do agente em usar a informação (C) e a dificuldade de seu problema decisório (D). O *hiato* C-D = 0 equivale a dizer que agentes econômicos são perfeitamente capazes para tratar com a dificuldade do problema no sentido que conhecem as características sistemáticas dos processos envolvidos no problema decisório. Por seu turno, *hiato* C-D > 0 corresponde a uma situação na qual os agentes econômicos cometem erros sistemáticos de previsão e decisão (Heiner, 1988; Vercelli, 1991: 79).

sinais do ambiente) (cf. quadro 1). Ou seja, um agente racional não necessariamente modifica seu padrão de comportamento em resposta a qualquer perturbação possível que seja consistente com sua distribuição subjetiva das variáveis aleatórias relevantes. Este é o caso se os processos econômicos que condicionam as decisões de agentes individuais forem processos estocásticos estacionários e ergódicos¹⁰, para o quais os agentes racionais podem se ajustar. (Vercelli, 1991: 80-81).

Quadro 1.1 - Condições de previsibilidade

	Processos estacionários (Situação de risco)	Processos não-estacionários (Incerteza-k)
hiato C-D = 0	previsibilidade	imprevisibilidade
hiato C-D > 0	imprevisibilidade	previsibilidade

Fonte: Extraído com pequenas alterações de Vercelli, 1991, p. 81.

Nesse sentido, do ponto vista de Lucas, a configuração de variáveis macroeconômicas pode ser explicada, em parte, como o resultado de agentes individuais (famílias e firmas) que realizam escolhas que maximizem sua função objetivo (lucros e utilidade), dentro das restrições que enfrentam e sem realizarem erros sistemáticos (Dosi & Nelson, 1994).

¹⁰ Processos estocásticos ergódicos são processos estocásticos estacionários que convergem para uma distribuição de probabilidade original se perturbados em sua parte sistemática. Quando o processo estocástico é estacionário, porém não ergódico já estamos no domínio da incerteza-k. Convergência estocástica tem sido estudada em particular pela teoria ergódica, no entanto, este ramo da matemática raramente tem sido aplicada em economia, onde a ergodicidade de modelos probabilísticos é suposta, antes do que provada e analisada. Este é o caso da economia novo-clássica. Porém, um equilíbrio estocástico requer fundamentos dinâmicos exatamente como equilíbrios determinísticos, tornando necessária uma análise global de suas propriedades de estabilidade dinâmica. Assim, da mesma forma que a estabilidade dinâmica é um dos requisitos da estática e da dinâmica comparativa de modelos de equilíbrio determinísticos, a ergodicidade é um dos requisitos para efeito de estática ou dinâmica comparativa estocástica (maiores detalhes ver Vercelli, 1991: cap. 3).

A questão de como estas decisões ótimas emergem não é uma parte básica da sua teoria, sendo sua única função a de tornar possível a formulação de proposições refutáveis através da análise estática ou da dinâmica comparativa. Os modelos partem do suposto de que os agentes têm uma compreensão basicamente correta de suas possibilidades reais de escolha e de suas consequências. Como observou Chick (1992: 182): “a essência das expectativas racionais está em encontrar os mecanismos expectacionais que sejam consistentes com a teoria.”

1.1.2. Características de ambientes econômicos: interações de equilíbrio entre agentes representativos.

Geralmente se reconhece que o mero conhecimento de características de comportamentos individuais é de pouca ajuda em prever o resultado no nível do sistema como um todo (Coricelli & Dosi, 1988: 127). As interações entre os agentes individuais, ao imporem restrições sobre o comportamento individual de cada um ou de outros agentes, podem gerar relacionamentos não lineares no sistema, os quais, por sua vez, introduzem uma diferença qualitativa entre comportamentos micro e macro. Com efeito, as interações entre agentes individuais, caso imponham uma diferença qualitativa entre comportamentos micro e macro, tornam os comportamento agregados distintos da soma de comportamentos individuais. Deste modo, para a formulação de uma teoria macroeconômica com microfundamentos sólidos ou robustos deve-se necessariamente, após o estudo das decisões de agentes individuais, tratar o problema (ou fase) da agregação de comportamentos individuais, isto é: o estudo dos efeitos macroeconômicos de comportamentos micro e a dedução das micro escolhas das leis de comportamento macroeconômico (ver a respeito seção 2.1).

A solução proposta por Lucas para o problema da agregação de comportamentos individuais consiste em modelar as interações entre agentes

individuais em termos de um equilíbrio competitivo ou de Nash entre agentes representativos¹¹, com consistência *ex ante* de seus planos e ações individuais, ou seja: supõe-se que as decisões (estratégias) de otimização de agentes individuais são reciprocamente consistentes, no sentido que as decisões (estratégias) de cada agente são otimizantes, dadas as ações de otimização dos demais (Higachi, Canuto & Porcile, 1996).

Segundo Lucas (1981: 289-90; apud Coricelli&Dosi, 1988: 128): *“it is the hypothesis of competitive equilibrium which permits group behaviour to be predicted from knowledge of individual preferences and technology without the addition of any free parameters ... It is possible, we know, to mimic aggregate outcome of this interaction fairly well in a competitive equilibrium way, in which wages and manhours are generated by the interaction of representative households and firms”*.

Argumenta-se que, através de um modelo de equilíbrio competitivo entre agentes representativos, as relações micro-macro serão transparentes, com o resultado agregado sendo predito com precisão a partir das preferências e tecnologias individuais. Com efeito, não haveria a necessidade de adicionar qualquer parâmetros livres (ou *ad hoc*, a serem determinados por meios puramente indutivos) para a estrutura de modelos baseados nos comportamentos otimizantes de agentes representativos

¹¹ Uma definição precisa do conceito e de seu papel é dada por Verspagen (1993: 69): *“(...) The assumptions of a representative consumer and firm are usually necessary to be able to calculate the market equilibrium. On the basis of the rationality assumption and some specification of the functions to optimize, one can deduce some general pattern of behaviour of an individual agent, for example the general form of a supply curve (upward sloping linear). Different agents all have a behaviour pattern that has this general form, but may differ from other agents' pattern by some parameters values, for example the magnitude of the slope of a supply curve (following from underlying exogenous differences such as risk aversion ou age). These parameters transform the general form of the behaviour pattern into the individual pattern. The agent whose parameters values are exactly equal to the (weighted) average of all agents' values, can be called the representative agent. (...) the representative agent is very important, for it enables one to calculate the aggregate market equilibrium. The usual procedure to do this is to substitute the behaviour pattern of the representatives of the different types of agents into the (microeconomic) equilibrium condition, and call the outcome (multiplied by the number of agents) the aggregate market equilibrium (...)”*. Da passagem acima, pode-se concluir que o conceito de agente representativo possibilita a utilização de uma das propriedades básicas da média aritmética: a multiplicação do primeiro e do segundo membro da expressão da média aritmética (simples ou ponderada) tem como resultado o valor total de observações individuais.

(famílias e firmas idênticas) com expectativas racionais homogêneas (Coricelli & Dosi, 1988).

O desenvolvimento de modelos macroeconômicos com base no comportamento otimizador de agentes representativos, com consistência *ex ante* de planos individuais, tem algumas implicações teóricas. A redução do conjunto de famílias e firmas a agentes representativos, assim como de suas interações a um equilíbrio de Nash, implica que o comportamento agregado se torna exatamente uma transposição de comportamentos micro mutuamente consistentes que resultam da maximização de lucros e de utilidade e, nesse sentido, que são qualitativamente idênticos. Tal transposição, por sua vez, corresponde a negligenciar ou “jogar debaixo do tapete” o problema (ou a fase) de agregação de comportamentos individuais.

Para circunscrever o processo de formação de expectativas das expectativas de outros agentes, Lucas supõe que existe um modelo macroeconômico que descreve o presente e o futuro das variáveis relevantes (por exemplo, taxa de juros e de salários, dentre outros), bem como que cada agente formula suas expectativas através dos mesmos modelos, esperando que os demais agentes formulem suas expectativas da mesma forma. A suposição de agentes representativos com expectativas racionais (e com homogeneidade de expectativas) equivale a uma consistência *ex ante* de comportamentos individuais, na qual o mercado não tem papel. Ao supor uma consistência *ex ante* de planos individuais, Lucas torna portanto sua teoria também tautológica, dado que, para demonstrar a existência de coordenação entre agentes individuais, ele a assume por hipótese (Simonsen&Cysne, 1992: Cap. XII).

1.2. A Instabilidade da Estrutura de Parâmetros e a Política Econômica.

1.2.1. A crítica de modelos macroeconômicos.

Lucas (1976) elabora uma crítica contundente a uso de modelos macroeconômicos neokeynesianos de equações simultâneas para a análise de regras alternativas de política econômica. Ao mesmo tempo, dá uma ênfase à relevância de identificar parâmetros estruturais que sejam invariantes diante dos tipos de mudanças de política que se está interessado em avaliar. A este respeito, somente os parâmetros descrevendo preferências e tecnologias do sistema econômico são tratados como tendo esta propriedade.

A crítica de Lucas quanto ao uso de modelos macroeconômicos neokeynesianos de equações simultâneas, em favor de modelos de equilíbrio geral para a análise de regras alternativas de política econômica, está condensada na seguinte passagem:

“Yet the ability of a model to imitate actual behaviour in the way tested by the Adelmans (1959)¹² has almost nothing to do with its ability to make accurate conditional forecasts, to answer questions of the form: how would behavior have differed had certain policies been different in a specified way? This ability requires invariance of the structure of the model under policy variations of the type being studied. Invariance of parameters in an economic model is not, of course, a property which can be assured in advance, but it seems reasonable to hope that neither tastes nor technology vary systematically with variations in countercyclical policies. In contrast,

¹² Adelmans & Adelmans (1959) utilizaram o modelo macroeconômico keynesiano de Klein-Goldberger (1955) para simular o comportamento da economia americana, com o objetivo de verificar se tal modelo keynesiano seria capaz de gerar uma coleção de séries econômicas geradas por uma economia real. Chegaram à conclusão inesperada de que as séries simuladas e reais eram qualitativamente indistintas (Lucas, 1981: 219).

agent's decision rules will in general change with changes in the environment. An equilibrium model is, by definition, constructed so as to predict how agents with stable tastes and technology will choose to respond to a new situation. Any disequilibrium model, constructed by simply codifying the decision rules which agents have found it useful to use over some previous sample period, without explaining why these rules were used, will be of no use in predicting the consequences of nontrivial policy changes (Lucas, 1981: pp. 220-221)."

Da passagem acima, verifica-se que, em sua essência, a crítica de Lucas estabelece que um modelo macroeconômico neokeynesiano de equações simultâneas não pode ser usado para a avaliação de regras alternativas de política econômica, visto que a implementação da política mudaria o modelo sobre o qual aquela política está baseada. Com isso, o resultado de política não seria o que o modelo teria predito.

De um ponto de vista mais formal, a crítica de Lucas equivale a dizer que os modelos econométricos neokeynesianos, ao não passarem no teste da hipótese de exogeneidade super forte¹³ das variáveis de política em relação aos parâmetros de interesse, não são adequados para a análise de regras alternativas de política econômica. Uma mudança na regra de política econômica (isto é, no processo gerador de variáveis de política que implica a alteração de um ou mais parâmetros do conjunto, λ_2 , de controle da agência de política) altera um ou mais parâmetros do modelo econométrico, λ_1 (Hendry, 1995: 33-34; 172-3; 530). Na medida que os parâmetros de modelos econométricos neokeynesianos não são invariantes diante de

¹³ Tal hipótese significa que os parâmetros de um modelo, além de não violarem a hipótese de exogeneidade fraca, apresentam invariância às mudanças que possam ocorrer no modelo marginal. A super exogeneidade pode ser violada pela dependência de parâmetros de interesse às regras de controle de uma agência de política econômica ou, para um modelo condicional, às distribuições das variáveis condicionais. A invariância de parâmetros, por sua vez, é apenas uma das condições necessárias para a existência de estrutura. As duas outras são a constância (independência do tempo) e a independência com respeito a aumentos no conjunto de informações (para maiores detalhes, ver Hendry, 1995: pp. 33-4; pp. 172-3; e 530).

intervenções de política econômica, as comparações entre os efeitos de regras de política econômica alternativas baseadas sobre tais modelos não podem ser consideradas confiáveis, visto que nenhuma validade pode ser mostrada por estes modelos no período para o qual ele foram desenvolvidas ou em predições de curto prazo (Vercelli, 1991: 137).

1.2.2. A Saída de Lucas.

Ainda na referida passagem, verifica-se que, para Lucas, somente um modelo de equilíbrio geral pode mostrar a invariância na estrutura dos coeficientes diante de intervenções de política. Em contraste, qualquer modelo de desequilíbrio caracterizado por elementos como excesso de demanda, desemprego involuntário, expectativas adaptativas, defasagens temporais, etc. - caso típico de modelos neokeynesianos - é considerado intrinsecamente incapaz de passar no teste da hipótese de exogeneidade super forte. Em sua concepção, a flexibilidade de parâmetros de modelos neokeynesianos com respeito a intervenções de política deve-se basicamente ao fato de estarem baseados em situações de desequilíbrio.

Este é o argumento básico subjacente ao princípio proibindo o uso de parâmetros livres¹⁴ e da superioridade assumida dos modelos "clássicos" sobre os keynesianos. O problema é formulado corretamente, no sentido de que reconhece que a invariabilidade de parâmetros em um modelo econométrico não pode ser garantida *a priori*. Por outro lado, considera razoável esperar que as preferências e as tecnologias não variem sistematicamente com as variações em políticas anticíclicas.

¹⁴ Tal princípio proíbe o uso de parâmetros livres na formulação de modelos econométricos, já que, por serem determinados por meios puramente indutivos, são estruturalmente instáveis. O princípio recomenda então o uso de parâmetros de equilíbrio geral, por considerá-los os únicos a serem estruturalmente estáveis.

Em suma, o núcleo do argumento de Lucas consiste em dividir a realidade econômica em dois níveis: (i) aquele da manifestação do fenômeno, caracterizado por movimentos erráticos e por instabilidade estrutural de coeficientes; e (ii) um nível mais profundo, caracterizado pelos parâmetros de equilíbrio geral (*deep parameters* ou fundamentos de mercado), os quais são considerados os únicos estruturalmente estáveis. O método de equilíbrio permite tratar fenômenos macroeconômicos justamente dentro do nível essencial, enquanto os modelos keynesianos, em contraste, se deteriam no nível de fenômenos (Ibidem: 138).

A saída de Lucas para o problema da instabilidade de parâmetros de modelos econométricos neokeynesianos permanece, contudo, em nível de suposição. Como a estabilidade relativa de parâmetros é uma questão empírica que pode variar em diferentes áreas geográficas e tempos históricos, não existem argumentos convincentes para não aplicar sua própria crítica aos parâmetros de equilíbrio geral walrasiano. As estruturas tecnológica e de preferências não podem ser consideradas invariantes com relação a regras alternativas de política econômica e, muito menos, estruturalmente estáveis, a não ser também por suposição não auto-evidente.

Ademais, como o escopo empírico da teoria macroeconômica de Lucas é limitado a sistemas econômicos muito simples, conforme veremos na próxima seção (1.3), as inconsistências entre as proposições teóricas e as observações empíricas podem ser evitadas somente através de suposições *ad hoc* auxiliares e, nesse sentido, os modelos novo-clássicos inexoravelmente necessitam reintroduzir parâmetros livres.¹⁵ Com efeito, o princípio de Lucas não chega a proporcionar um critério irrefutável para a escolha entre modelos novo-clássicos e os modelos de desequilíbrio. Restaria a Lucas, por outro lado, como princípio mais geral, defender a

¹⁵ Vale lembrar que a teoria de Lucas foi formulada exatamente para a eliminação total de parâmetros livres.

busca de super-exogeneidade para a formulação de modelos preditivos sobre políticas econômicas, independentemente de ser adequado ou não tomar tecnologia e preferências como elementos estruturalmente estáveis. Como reconhece o próprio Lucas (ibidem, 153), desde que sejam restritos *a priori* com base em considerações teóricas rigorosas, o uso de “parâmetros livres” para analisar o comportamento dinâmico de um sistema em desequilíbrio não tornaria a teorização formal necessariamente arbitrária e *ad hoc*.

1.3. O Escopo Empírico da Teoria Macroeconômica de Lucas.

Esta seção busca mostrar como o escopo empírico da teoria de Lucas se circunscreve ao caso especial da dinâmica de sistemas econômicos muito simples e, por extensão, ao caso particular do fluxo circular de Schumpeter. O argumento básico é de que a teoria macroeconômica de Lucas constitui-se em uma teoria reducionista de fenômenos econômicos, no sentido de que reduz a complexidade dos fenômenos estudados de um modo tal a deixar de fora aspectos por demais relevantes para serem abstraídos. Dito de outro modo, o procedimento reducionista enfraquece a possibilidade de descrição, explicação ou previsão de importantes fenômenos complexos que resultam da dinâmica econômica de longo prazo (Vercelli, 1994)¹⁶.

¹⁶ De acordo com Vercelli (1994: 3-4): “(...) uma teoria reducionista pode ser definida como aquela que reduz a complexidade dos fenômenos estudados de um modo inapropriado ou distorcido; ou seja, de um modo tal que enfraquece a possibilidade de descrição, explicação ou previsão de importantes fenômenos complexos(...)”. [mais adiante] “Em todas as áreas do conhecimento científico podemos distinguir, de um lado, uma abordagem reducionista, que visa reduzir um fenômeno complexo a simples regularidades, um tempo irreversível a um tempo reversível, a dinâmica ao equilíbrio, a instabilidade à estabilidade, as mudanças estruturais à invariabilidade estrutural e, de outro, uma abordagem alternativa não reducionista segundo a qual as reduções supracitadas ignoram e distorcem aspectos importantes dos fenômenos reais. Esta segunda abordagem atribui um papel fundamental à complexidade, à irreversibilidade, ao desequilíbrio e à instabilidade.”

1.3.1. Sistemas dinâmicos com modos de comportamento especiais: ponto fixo, ciclo limite e processo estocástico estacionário.

A teoria das decisões de agentes individuais fundada na hipótese de maximização de lucros e de utilidade, sugerida por Lucas, só se aplica em uma situação de *hiato* $C-D = 0$ e de incerteza fraca (risco). Não se aplica a uma situação de incerteza forte (no sentido de Keynes e Knight) e de *hiato* $C-D > 0$, na qual o comportamento econômico seria totalmente irregular e imprevisível (cf. sub-seção 1.1.1).

Isso equivale a dizer que sua teoria das decisões individuais só se aplica, na melhor das hipóteses, em ambientes constituídos de processos estocásticos estacionários, porque só nesses casos haveria distribuições de probabilidades únicas e plenamente confiáveis para as variáveis relevantes na tomada de decisão. Equivale a dizer ainda que os processos estocásticos, além de serem estacionários, teriam de ser também ergódicos, no sentido de que, mesmo na presença de perturbações nas condições iniciais, convergiria para a distribuição de probabilidade estruturalmente estável (Vercelli, 1991: seção 5.2).

Sua teoria também supõe que o tomador de decisões caracteriza-se não só pela racionalidade substantiva¹⁷ no processo decisório, mas de forma inexorável também no processo de formação de expectativas a respeito das variáveis de decisão. As expectativas racionais significam que as distribuições de probabilidade subjetivas coincidem com as distribuições objetivas. Sendo assim, elas implicam a perfeita previsibilidade da parte sistemática do futuro, tornando a história de fatos e de idéias completamente

¹⁷ Existem basicamente dois conceitos de racionalidade: a racionalidade adaptativa e a criativa. A racionalidade adaptativa pode ser substantiva se for suposta a racionalidade ilimitada e procedural se for suposta a racionalidade limitada. O que é comum a ambas as hipóteses é que o agente individual é apenas um tomador de opções. A racionalidade criativa, por sua vez, refere-se ao caso no qual o tomador de decisões tem a habilidade de moldar seu ambiente e mesmo de alterar o próprio conjunto de opções que enfrenta (Vercelli, 1991: 92-97).

irrelevantes. Com isso, a hipótese de expectativas racionais completamente negligencia o exercício da racionalidade criativa, aspecto específico da racionalidade humana (desenvolve-se melhor este ponto mais adiante).

Segundo Simon (1982: 425-426; apud Vercelli, Op. Cit.: 93): “(...) *behaviour is substantively rational when it is appropriate to the achievement of given goals within the limits imposed by given conditions and constraints. Notice that, by this definition, the rationality of behaviour depends upon the actor in only a single respect - his goals. Given these goals, the rational behaviour is determined entirely by the characteristics of the environment in which it takes place.* (grifos nossos)”. Outra propriedade peculiar da teoria das decisões individuais de Lucas é, portanto, o carácter puramente adaptativo do tomador de decisões a um dado ambiente¹⁸, assumindo todas as suas características.

Em função dessas duas propriedades, o comportamento econômico de agentes individuais com racionalidade substantiva (em suas decisões e expectativas) será estritamente regular, tornando-se periódico e previsível: a curto, a médio e a longo prazo. O comportamento econômico pode apresentar não só as regularidades de primeira ordem (no caso de ambientes serem determinísticos), mas também regularidades de segunda ordem. Tal comportamento requer manipulações teóricas e estatísticas para ser identificado, como no caso do ambiente ser caracterizado por um processo estocástico estacionário (Vercelli, 1991: 81-82).

A hipótese de equilíbrio competitivo (interações de equilíbrio entre firmas e famílias representativas) também se aplica somente a uma situação de risco (ou de plena certeza) e de *hiato* $C-D = 0$. Como tal hipótese reduz

¹⁸ Do ponto de vista da racionalidade substantiva, o ambiente é definido como um conjunto de variáveis que não são controláveis pelos agentes individuais. Por exemplo, no caso de uma economia descentralizada, os agentes representativos conhecem plenamente a taxa de juros e de salários presente e futura sendo, no entanto, incapazes de mudá-las (Blanchard & Fisher, 1989: cap. 2).

um conjunto de indivíduos a agentes representativos com expectativas racionais homogêneas, o comportamento agregado é exatamente uma transposição de comportamentos micro (de maximização de lucros e de utilidade) de tal sorte que qualitativamente não se diferenciam (cf. sub-seção 1.1.2).

Assim, a hipótese de equilíbrio competitivo, ao tornar o comportamento agregado qualitativamente idêntico ao comportamento micro (maximização de lucros e de utilidade), possibilita à teoria de Lucas a descrição, explicação e previsão de um certo tipo de fenômeno macroeconômico: aquele que possui comportamento periódico¹⁹ e, portanto, perfeitamente previsível, a longo prazo. Por outro lado, a teoria de Lucas não abrange fenômenos macroeconômicos com modos de comportamento quase-periódico e/ou aperiódico²⁰, os quais podem ser previsíveis a curto prazo, mas completamente imprevisíveis a médio e longo prazo (Médio, 1992: 17-18).

Uma primeira severa limitação empírica da teoria de Lucas, com efeito, é a de que seu poder de descrição, explicação e previsão se restringe a sistemas econômicos muito simples (lineares ou não lineares de dimensão muito baixa), que tenham um atrator com topologia muito simples (ponto

¹⁹ Tal padrão de comportamento revela que as *news* não continuarão indefinidamente a ser uma fonte adicional de informação sobre o sistema, de modo que em algum momento no tempo se tornem não informativas. Em contraste, o comportamento aperiódico de um fenômeno revela que as *news* continuarão indefinidamente a se constituir numa fonte adicional sobre a dinâmica do sistema, de modo que em todo instante de tempo sejam informativas e, ademais, que o comportamento dinâmico do sistema apresente dependência sensitiva às condições iniciais. Vale dizer: devido às não-linearidades presentes no sistema, as diferenças arbitrariamente pequenas nas condições iniciais implicam uma divergência exponencial de duas trajetórias inicialmente vizinhas no espaço de fases. Por último, o comportamento quase-periódico revela que, apesar de não haver dependência sensitiva às condições iniciais, as *news* sempre serão informativas e então o comportamento do sistema nunca se tornará periódico. Em suma, é somente no primeiro caso que o comportamento dinâmico do sistema será periódico e então previsível a curto, médio e longo prazo (Médio, 1992: pp.5-6).

²⁰ O comportamento quase-periódico é representado geometricamente pelo atrator torus de duas ou mais dimensões, enquanto que o comportamento aperiódico pelo atrator estranho (ou de dimensão fractal) ou caótico. Tais atratores resultam da solução de sistemas dinâmicos não lineares determinísticos: (i) para a sua emergência em sistemas contínuos são necessárias no mínimo três equações diferenciais e (ii) para o caso de sistemas com tempo discreto, no mínimo uma equação em diferenças finitas não linear. Uma descrição com maiores detalhes sobre os tipos básicos de atratores pode ser encontrada em Médio, 1992: pp. 44-47 e Fiedler-Ferrara & do Prado, 1994: parte I.

fixo, ciclo limite ou um processo estocástico estacionário)²¹. Contudo, a dinâmica não linear demonstrou que, na maioria dos sistemas dinâmicos reais, por serem não lineares e de dimensão alta, os atratores possuem uma topologia que é geralmente complexa (torus) e até estranha (caos) (Ibidem: 15-16).

No sentido de obter uma plena compreensão da significância e dos limites da hipótese de interações de equilíbrio entre agentes representativos, deve-se focalizar sobre o processo cognitivo-decisional, isto é: sobre a interação entre o processo cognitivo e o processo de decisão dos agentes econômicos. Uma mudança no estoque de conhecimento de agentes pode mudar sua conduta que, por sua vez, pode gerar informações que mudarão aquele conhecimento. O processo cognitivo-decisional, como qualquer processo interativo, em geral possui um ou mais configurações de equilíbrio. Um equilíbrio de expectativas racionais é apenas um caso particular de equilíbrio do processo cognitivo-decisional (Vercelli, 1991: seção 6.3).

Conforme já visto, do ponto de vista do método de equilíbrio “puro” proposto por Lucas, as expectativas racionais significam que os agentes econômicos não cometem erros sistemáticos *ex post* na previsão do futuro. Significa também que as expectativas racionais somente são aplicáveis sob a suposição que os processos estocásticos envolvidos são estacionários e ergódicos. A definição precedente, junto com esta suposição, implicaria considerar o equilíbrio cognitivo-decisional como objetivo e permanente, tornando a história de fatos e de idéias completamente irrelevantes. Desta forma, a teoria de Lucas abstrai uma das formas da racionalidade: a racionalidade criativa.

²¹ O ponto fixo e o ciclo limite são modos de comportamento muito simples que emergem em sistemas dinâmicos determinísticos lineares ou não lineares de baixa dimensão, enquanto o processo estocástico estacionário e ergódico caracteriza o comportamento de sistemas dinâmicos lineares estocásticos.

A racionalidade criativa significa que o agente individual deve ser considerado como capaz de formular opções, no sentido de ter a capacidade de moldar seu próprio ambiente e mesmo o conjunto de opções que enfrenta; bem como de transformar de forma consciente a estrutura do sistema e do ambiente econômico, tornando-os não estacionários e não ergódicos (Vercelli, 1991: 96). Se há uma racionalidade criativa, a teoria macroeconômica de Lucas representaria uma abordagem insuficiente para tratar a mudança estrutural, endógena e descontínua.

Outra severa limitação de validade empírica, que resulta da hipótese de interações de equilíbrio entre agentes representativos, consiste na necessidade de se impor dois requisitos reducionistas adicionais²² para tornar a teoria macroeconômica de Lucas operacional, a saber:

(i) que os equilíbrios (ponto fixo, ciclo limite ou o processo estocástico estacionário) de economias muito simples sejam estáveis, do ponto de vista dinâmico e estrutural; e

(ii) que o equilíbrio de economias muito simples seja localmente único.

Para ter algum poder interpretativo, o equilíbrio tem de ser pelo menos localmente único. Se um equilíbrio não é localmente único significa que há diversos equilíbrios igualmente estáveis, arbitrariamente próximos a ele. Se este é o caso, o modelo macro sob investigação simplesmente diz que qualquer coisa pode acontecer, tornando impossível realizar qualquer exercício de estática comparativa²³, isto é: a dedução de proposições teóricas refutáveis. É por isso que uma situação caracterizada pela ausência de unicidade local é usualmente definida como a indeterminação de equilíbrios (Coricelli & Dosi, 1988: 131). Como a instabilidade dinâmica também é um tipo de multiplicidade de soluções estáveis (Blanchard &

²² Cada uma delas é incompatível com a hipótese de estrita regularidade dos fenômenos estudados feita pelo método de Lucas, a qual implica a perfeita previsibilidade da parte sistemática de processos econômicos. Sobre as suposições *ad hoc* necessárias para obtê-las em modelos com expectativas racionais, ver Vercelli (1991: 100).

²³ Sobre o significado e o uso da estática comparativa ver Silberberg (1990 : cap. 1).

Fisher, 1989: cap. 5), segue-se que o mesmo argumento a favor da unicidade de equilíbrio vale para a mesma ²⁴.

Por outro lado, a estabilidade estrutural também é um requisito fundamental para que as soluções sejam determinadas. Se um equilíbrio é estruturalmente instável significa que não existe persistência de comportamento qualitativo do sistema econômico. Uma pequena perturbação (arbitrária ou finita) é suficiente para induzir uma mudança estrutural descontínua²⁵, a qual tem o efeito de alterar o comportamento dinâmico do sistema (ou seja, de suas propriedades de equilíbrio e desequilíbrio). Se este for o caso, o comportamento dinâmico do modelo macro será caracterizado pela incerteza-k e então imprevisível.

Por exemplo, a flexibilidade estrutural²⁶ implica que os processos estocásticos são de forma irredutível não estacionários, no sentido de que existe uma pluralidade de distribuições de probabilidade, nenhuma das quais pode ser considerada plenamente confiável. Flexibilidade estrutural é incompatível com a hipótese de estrita regularidade de fenômenos econômicos que implica a perfeita previsibilidade da sua parte sistemática.

Os requisitos reducionistas de estabilidade (dinâmica e estrutural) e de unicidade local tornam o método de equilíbrio incapaz de descrever, explicar e prever as mudanças estruturais descontínuas sob o efeito de perturbações endógenas ou exógenas, ou melhor, as mudanças qualitativas no comportamento dinâmico do sistema econômico. A estabilidade estrutural e a unicidade de equilíbrios eliminam a possibilidade de se tratar de mudanças

²⁴ Há dois tipos muito diferentes de multiplicidade de soluções. O primeiro tipo é a multiplicidade que surge quando o equilíbrio é instável ou ponto-de-sela estável em sistemas de dimensão maior; enquanto que o segundo tipo, por sua vez, resulta da multiplicidade de equilíbrios estáveis (Blanchard & Fisher, 1989: cap. 5).

²⁵ Trata-se de uma alteração nos coeficientes funcionais e/ou na estrutura conectiva do sistema que modifica seu comportamento dinâmico (maiores detalhes ver Vercelli, 1991: cap. 4).

²⁶ Uma propriedade definida como a propensão do sistema a sofrer uma mudança na estrutura de parâmetros devido a uma perturbação, constituindo-se em um caso particular de instabilidade estrutural.

não só da velocidade de convergência ou divergência com relação a um ponto de equilíbrio, mas sobretudo nas propriedades de equilíbrio (isto é, quando o número ou o tipo de equilíbrio mudam). Por seu turno, a estabilidade dinâmica elimina a possibilidade de se tratar de mudanças nos sinais das propriedades de desequilíbrio.

No que tange aos fatores internos do sistema econômico, isto é, os parâmetros estruturais de equilíbrio geral walrasiano definidos por preferências e tecnologias individuais, como são considerados estruturalmente estáveis (ver a respeito seção 1.2), tornam impossível ao método de equilíbrio a descrição, explicação e previsão de mudanças estruturais que sejam endógenas ao sistema econômico. Decorre daí outra severa limitação da teoria de Lucas: seu poder de descrição, explicação e previsão de mudanças estruturais na estrutura funcional de sistemas econômicos muito simples (lineares ou não lineares de dimensão muito baixa) se restringe ao caso em que as mesmas são exógenas e, ao mesmo tempo, contínuas. Não trata de mudanças estruturais que sejam, simultaneamente, endógenas e descontínuas.

Segue-se que a teoria macroeconômica de Lucas tem dificuldade de incorporar a inovação e a mudança estrutural, endógena e descontínua, dado que:

(i) os requisitos de estabilidade (dinâmica e estrutural) e de unicidade local de equilíbrios tornam logicamente impossível a existência de mudança estrutural descontínua nos sistemas econômicos analisados pelo método de equilíbrio, com respeito a pequenas perturbações, exógenas ou endógenas;

(ii) a mudança estrutural endógena, também torna-se uma impossibilidade lógica, já que em sua concepção os fatores internos ao sistema econômico, isto é, os parâmetros do equilíbrio geral walrasiano (preferências e tecnologias) são considerados justamente os únicos a serem estruturalmente estáveis; e

(iii) a suposição de estabilidade estrutural de tecnologias do sistema econômico, conforme item (ii), em conjunto com a impossibilidade lógica de mudanças estruturais descontínuas, conforme item (i), tornam a inovação tecnológica no sentido Schumpeteriano, por construção, também um fenômeno impossível de ser abordado pelo método de equilíbrio. Nas palavras de Vercelli (1991: 205), "*Technological innovation is understood by Schumpeter as a spontaneous and internal disturbance which produces a 'creative' (i.e. 'non-adaptive') response which will 'discontinuously and forever' displace the equilibrium configuration (...)*".

1.3.2. O caso particular do fluxo circular.

Neste ponto, torna-se fundamental uma analogia com o ponto de vista de Schumpeter sobre o conceito de desenvolvimento econômico e o fluxo circular, para que seja possível definir o escopo empírico da teoria de Lucas. O procedimento nos deverá ser útil, dada a filiação Schumpeteriana atribuída às novas teorias do crescimento endógeno de última geração.

No sentido Schumpeteriano, o desenvolvimento econômico pode ser definido como uma sequência de mudanças estruturais descontínuas na estrutura funcional do sistema econômico que induzem a mudanças nos valores de seu equilíbrio. Estas mudanças seriam desencadeadas por mutação espontânea de um fator interno ao sistema econômico, isto é, por alterações espontâneas em um parâmetro de equilíbrio geral walrasiano: as mudanças tecnológicas descontínuas. Em contraste com o ponto de vista de Lucas, para Schumpeter os fatores internos (preferências, tecnologias e fatores de produção) ao sistema econômico são estruturalmente instáveis e um deles (as variações tecnológicas) é a principal fonte da mudança qualitativa em seu comportamento dinâmico. Na sua concepção, as variações em preferências e na quantidade e qualidade de fatores de produção são contínuas e podem ser absorvidas pelas forças adaptativas que

operam na economia; porém, as mudanças tecnológicas são descontínuas e em geral não podem ser absorvidas por tais forças equilibrantes (Schumpeter, 1912: cap. 2; Schumpeter, 1939; Vercelli, 1991: 202-204).

O fluxo circular (“estado estático”) pode ser definido como um conceito que incorpora todos os fenômenos possíveis se as forças adaptativas dominassem na economia, de tal sorte que o método de equilíbrio poderia ser aplicado satisfatoriamente. Trata-se de um conceito relativamente amplo, incorporando não só o estado estacionário, mas também o *steady state growth* e, ainda, o *unsteady state growth*. O primeiro estado representa um processo econômico marcado pela total ausência de crescimento e de mudança na estrutura funcional e no comportamento dinâmico do sistema econômico. Já o segundo estado representa um processo econômico que pode resultar em crescimento, nulo ou positivo, em termos *per capita*, porém com mudança estrutural também ausente e com o comportamento dinâmico do sistema se dando de modo contínuo e exógeno. Por último, o terceiro estado descreve um processo de crescimento não constante, caracterizado pela mudança estrutural, exógena e contínua (Schumpeter, 1939; Vercelli, 1991: 205). Em suma, o traço característico comum aos três casos é a ausência da mudança estrutural endógena e descontínua.

Portanto, de um ponto de vista schumpeteriano, a teoria de Lucas seria considerada como adequada para o fluxo circular caracterizado pela rotina econômica. Seria, no entanto, incapaz de tratar o desenvolvimento econômico marcado pelas mudanças estruturais endógenas e descontínuas. Com efeito, sua teoria é apropriada para o estudo do crescimento de economias muito simples (ou com modos de comportamento periódico e previsível) e com estruturas invariáveis (o fenômeno do *steady state growth*) ou, nas melhor das hipóteses, com estruturas que sofrem variação exógena e contínua (o fenômeno do *unsteady state growth*).

Como o processo de inovação constitui-se no principal instrumento de concorrência, tendo sido institucionalizado em departamentos de P&D e de modo crescente fundamentado na ciência exógena, a inovação tecnológica é um fenômeno frequente e poderoso (descontínuo), tornando a mudança estrutural endógena e descontínua um evento freqüente e então provável. Em contraste, a ausência de mudança estrutural ou, ainda, a mudança estrutural estritamente exógena e contínua, tornam-se eventos raros e improváveis (Dosi, 1988 ; Nelson, 1996: cap. 3). Portanto, o fluxo circular caracterizado pela rotina econômica torna-se o caso particular, enquanto o desenvolvimento econômico marcado pelas mudanças estruturais, endógenas e descontínuas, se constitui no caso geral de processos econômicos reais.

1.4. A Concepção de Ciência Econômica de Lucas.

Na sua concepção, a economia é uma ciência demonstrativa rigorosamente exata, no sentido de estar fundamentada em argumentos demonstrativos. Apenas os argumentos expressados matematicamente que conduzem sem equívocos a resultados particulares ou a proposições refutáveis são aceitos como verdadeiramente científicos. Os argumentos formais não demonstrativos são rejeitados *a priori* como não científicos (Vercelli, 1991: 140-141). Segue-se que, do ponto de vista da teorização em economia, pode-se aceitar apenas os modelos analíticos de equilíbrio²⁷: “(...) *progress in economic thinking means getting better and better abstract, analogue economic models, not better verbal observations about the world (...)*” (Lucas, 1981: 276; apud Vercelli, 1991: 141).

A aceitação somente de tais tipos de modelos, por sua vez, implica uma rejeição *a priori* de modelos analíticos com solução indeterminada e,

²⁷ Tais modelos são ou resultam em sistemas de equações diferenciais ou de diferenças finitas com solução analítica periódica, isto é, com movimento regular.

ao mesmo tempo, de técnicas de simulação numérica²⁸ como instrumental da modelagem econômica (ou, vale dizer, da teorização formal). Tal procedimento limita o objeto de análise a eventos estritamente recorrentes e, com isso, reduz severamente as opções teóricas à descrição, explicação e previsão de fenômenos macroeconômicos, conforme veremos a seguir.

A dinâmica não linear deixou claro que a generalidade dos sistemas dinâmicos não lineares²⁹ não tem solução analítica, mas somente uma solução numérica. Na melhor das hipóteses, para identificar as características importantes de suas soluções sem resolvê-las pode-se realizar somente o estudo qualitativo (através, por exemplo, do diagrama de fases) de equações lineares e não lineares (Fiedler-Ferrara & do Prado, 1994: 17 e 29). Disso resulta não existir ainda nenhuma teoria global abrangente de sistemas dinâmicos não lineares e que provavelmente nunca existirá (Médio, 1994: 31).

No que tange aos sistemas de equações diferenciais ordinárias e de diferenças finitas, as soluções gerais explícitas são disponíveis somente para alguns casos especiais, a saber (Médio, 1992: 30-32):

(i) sistemas dinâmicos dissipativos lineares, com coeficientes constantes, cujo atrator é um ponto fixo;

²⁸ Uma vez que as simulações numéricas por si só não podem provar qualquer coisa em sentido matemático, são consideradas por muitos como um substituto muito fraco para as proposições teóricas rigorosamente exatas. Assim, em teoria econômica permanece um preconceito obstinado contra as simulações numéricas no exame (ou geração) de modelos teóricos, tornando-se usual que os teoremas de caráter geral, mas de um ponto teórico completamente irrelevantes, sejam considerados superiores aos significativos resultados numéricos. É evidente que as simulações não são substitutas para os teoremas gerais. No entanto, seu papel teórico equivale aos experimentos nas ciências físicas, no sentido de que, quando bem concebidas e rigorosamente executadas, constituem-se em um complemento indispensável para os resultados teóricos, uma vez que proporcionam as informações qualitativas sobre os problemas que são bem compreendidos teoricamente, revelam fraquezas e limitações dos velhos resultados teóricos ou, ainda, sugerem novos resultados teóricos (Médio, 1992: pp. 23-24).

²⁹ A explicação e justificação teórica para isso é que, para os sistemas dinâmicos não lineares, em geral, a dinâmica endógena do sistema e a dinâmica exógena não são separáveis em forma aditiva, vale dizer: a solução geral não expressa o comportamento dinâmico do sistema como a soma do comportamento dinâmico exógeno em equilíbrio relativo às variáveis exógenas (solução particular) e o comportamento dinâmico endógeno em desequilíbrio com respeito aos valores de equilíbrio (solução geral da equação homogênea) (Vercelli, 1991: pp. 11-12).

(ii) equações diferenciais não lineares de ordem e dimensão unitária, cujo atrator é um ponto fixo;

(iii) Um pequeno número de equações diferenciais não lineares de ordem maior do que um muito especiais;

(iv) Sistemas dinâmicos constituídos de duas equações diferenciais não lineares; e

(v) Equações de diferenças finitas lineares, os quais têm como atrator um ponto fixo.

Os sistemas dinâmicos em tempo contínuo, tanto os lineares como os não lineares com duas equações, assim como as equações diferenciais ou em diferenças finitas, não lineares de uma dimensão, possuem um atrator com uma topologia muito simples: o ponto fixo e o ciclo limite.

Apesar de seus modos de comportamentos serem muito limitados, os sistemas dinâmicos lineares podem exibir a instabilidade dinâmica e estrutural de seus atratores, enquanto os sistemas dinâmicos não lineares podem conter, além da instabilidade, também a multiplicidade de atratores (ver a respeito Fiedler & Ferrara, 1994: cap. 1 e 2). No entanto, a redução da economia a argumentos demonstrativos impõe a condição que os atratores devam apresentar inexoravelmente a estabilidade dinâmica e estrutural e, ao mesmo tempo, serem únicos.

Por outro lado, a dinâmica não linear deixou claro também que a dinâmica constante dada pelo atrator ponto fixo, assim como a não constante mais simples dada pelo atrator ciclo limite, ou mesmo a de padrão errático resultante de um processo estocástico estacionário, representam modos de comportamento periódico que são configurações especiais³⁰ de um universo

³⁰ A maioria dos sistemas dinâmicos exibe caos determinístico, ao invés de comportamento estocástico, dado que o ruído não informativo não é o único e mesmo a principal fonte de aleatoriedade no comportamento de sistemas reais, podendo também haver aleatoriedade intrínseca devido ao fato inexorável de que nós não podemos mensurar variáveis físicas com precisão infinita (Médio, 1992: 6-7). O caos determinístico é essencialmente devido à dependência sensível às condições iniciais (DCI) que

dinâmico muito mais rico, o qual inclui também - e sobretudo - o comportamento quase-periódico (torus) e o aperiódico (caos determinístico).

Na medida que os sistemas dinâmicos constituídos de três ou mais equações diferenciais não lineares, assim como as equações em diferenças finitas não lineares, não possuem solução analítica explícita em termos de combinações de funções conhecidas, a aceitação somente de modelos econômicos analíticos de equilíbrio implica a aceitação como padrão de referência para a modelagem econômica (ou a teorização formal), somente de sistemas dinâmicos lineares ou não lineares de dimensão muito baixa, os quais constituem-se em casos particulares de um conjunto de sistemas não lineares muito mais amplo, passíveis de exploração apenas através de métodos de simulação.

A aceitação apenas de argumentos demonstrativos também implica a rejeição dos resultados da teorização apreciativa³¹. Na medida que abordam eventos não recorrentes que envolvem argumentos causais complexos, não se torna possível formalizar os argumentos da teorização apreciativa (mais próxima do conteúdo empírico) em termos de modelos analíticos de equilíbrio que gerem proposições refutáveis e, com efeito, seus argumentos teóricos serão rejeitados como não científicos.

resulta das não-linearidades presentes no sistema, as quais amplificam exponencialmente pequenas diferenças nas condições iniciais. Assim sendo, leis de evolução determinísticas podem levar a comportamentos caóticos, inclusive na ausência de ruído ou flutuação externa. O comportamento caótico pode ser encontrado em sistemas dinâmicos não lineares de baixa dimensão: (i) para o caso do tempo contínuo, os sistemas constituídos com três equações diferenciais já podem exibi-lo e (ii) para o caso do tempo descontínuo, ele pode ser encontrado já em uma equação em diferenças finitas não linear (Fiedler-Ferrara & do Prado, 1994: 135-137).

³¹ Segundo Nelson & Winter (82), devido à complexidade do mundo econômico a teorização econômica necessariamente segue dois níveis distintos de teorização: a apreciativa e a formal. A teorização apreciativa são as descrições e explicações mais próximas do objeto empírico, expressadas em uma linguagem verbal. A teorização formal opera em um nível mais elevado de abstração e geralmente é expressa em linguagem matemática (maiores detalhes ver capítulo 3 da presente tese). Romer (1994), mencionou em nota de rodapé o papel da "appreciative theorizing" enquanto um complemento ao esforço de teorização formal.

Em função disso, não há qualquer possibilidade de se incorporar as contribuições de teorias apreciativas, tornando-se impossível ou pelo menos muito difícil, as interações entre as teorizações apreciativa e a formal, as quais são fundamentais para o estudo de fenômenos complexos e caóticos, como os econômicos. Em princípio, não há uma oposição entre ambas; ao contrário, o esforço de pesquisa estará sendo “otimizado” quando aproveita as significativas sinergias provenientes do aprendizado interativo entre as mesmas. A teorização apreciativa formula as proposições teóricas que a teorização formal pode confirmar, corrigir ou mesmo reconfigurar como novas proposições teóricas (Nelson, 1996: 5-6).

Em suma, a concepção de economia como uma ciência exata limita o objeto de análise econômica a eventos estritamente recorrentes (periódicos) que podem ser interpretáveis como realizações de processos estocásticos estacionários e ergódicos. Qualquer ponto de vista preparado para atribuir uma relevância científica a eventos não recorrentes (quase-periódicos ou aperiódicos) é rejeitado, por definição, como não científico. Assim, a concepção de economia como uma ciência baseada em argumentos demonstrativos não só explica e justifica, em parte, a opção de Lucas pelo método de equilíbrio, mas também a incapacidade de sua teoria (e seus desdobramentos ou extensões) de aproveitar plenamente as contribuições das teorias apreciativas e/ou das teorias formais não matemáticas, dentre outras. O mesmo se pode dizer quanto ao potencial de métodos de simulação numérica, essenciais para o estudo de sistemas dinâmicos não lineares de alta dimensão. Logo, reduz-se drasticamente as opções teóricas e metodológicas à descrição, explicação ou previsão de fenômenos macroeconômicos, tornando a modelagem econômica auto-referencial e perdendo-se muito de seu contacto com os fenômenos que se propõe a explicar.

Torna-se evidente que, apesar de se constituir uma condição necessária para se formular uma abordagem geral para os fenômenos macroeconômicos, não é suficiente o abandono da visão econômica de Lucas em favor de uma visão alternativa que atribua um papel fundamental à dinâmica complexa e caótica, ao desequilíbrio, à indeterminação e à instabilidade dinâmica e estrutural de atratores. Constitui-se condição fundamental também o abandono da sua concepção de economia baseada em argumentos demonstrativos, em favor de uma concepção de economia fundada em argumentos não demonstrativos (ou seja, na teorização apreciativa e em modelos econômicos e técnicas de simulação numérica).

1.5. Conclusões.

A abordagem metodológica novo-clássica (fundada na racionalidade substantiva de agentes representativos, no equilíbrio e em métodos demonstrativos) reduz fenômenos econômicos complexos e caóticos a simples regularidades, a multiplicidade de soluções às soluções determinadas, a dinâmica ao equilíbrio, a instabilidade à estabilidade (dinâmica e estrutural). Limita, portanto, seu poder de descrição, explicação e previsão à dinâmica de sistemas econômicos muito simples (lineares ou não lineares de dimensão muito baixa) que possuem modos de comportamento periódico, a saber: a dinâmica constante dada pelo atrator ponto fixo, a dinâmica não constante mais simples dada pelo atrator ciclo limite ou, ainda, a dinâmica de padrão errático resultante de um processo estocástico estacionário.

Com efeito, modelos novo-clássicos com *perfect foresight* ou expectativas racionais têm sua capacidade de imitação (ou simulação) claramente limitadas a um certo tipo de fenômeno: periódico e, assim, previsível. Como este tipo de mecanismo analógico tem uma capacidade limitada para adaptação e produz imitações errôneas no caso de “surpresas”

estruturais, restringe-se o objeto de análise econômica, na melhor das hipóteses, a processos estocásticos estacionários. Em função da hipótese de expectativas racionais, esta restrição torna-se mais severa no sentido que as distribuições de probabilidade devem ser estáveis ao longo do tempo.

Segue-se que, de um ponto de vista schumpeteriano, a abordagem novo-clássica seria considerada como bastante adequada para os fenômenos do fluxo circular (*stationary state*, *steady state growth* e *unsteady state growth*) caracterizado pela rotina econômica, porém incapaz de tratar o fenômeno do desenvolvimento econômico marcado pela inovação e pela mudança estrutural endógena e descontínua. Contudo, a generalidade dos sistemas econômicos reais é a de não linearidade com dimensão relativamente elevada (com dinâmica complexa e/ou caótica), cujas forças desequilibrantes (sobretudo o progresso técnico permanente), em geral, dominam sobre as adaptativas (sobretudo a difusão de progresso técnico).

Por sua vez, as limitações da abordagem novo-clássica implicam que as teorias econômicas nela fundada têm sua capacidade de imitação (ou simulação) restrita a fenômenos periódicos e previsíveis (interpretáveis como realizações de um processo estocástico estacionário e estável), observáveis apenas em sistemas econômicos muito simples (lineares ou não lineares de dimensão muito baixa) e, por extensão, ao caso particular do fluxo circular. Nesse sentido, tais teorias reducionistas são capazes de proporcionar somente uma abordagem teórica particular à descrição, explicação e previsão de fenômenos macroeconômicos, em geral, complexos e/ou caóticos.

Adicionalmente, para a formulação de uma abordagem metodológica geral aos fenômenos macroeconômicos, torna-se inexorável o abandono da abordagem metodológica novo-clássica como um todo, vale dizer:

(i) dos microfundamentos hiper-reducionistas propostos por Lucas à macroeconomia, em favor de microfundamentos alternativos que atribuam um papel fundamental à dinâmica complexa e caótica de fenômenos econômicos, ao desequilíbrio, à multiplicidade de soluções e à instabilidade dinâmica e estrutural e à irreversibilidade do tempo; e

(ii) da concepção de economia como uma ciência baseada em argumentos demonstrativos, em favor de uma baseada em argumentos não demonstrativos, ou seja, na teoria apreciativa (mais próxima do conteúdo empírico) e na teoria formal com simulação numérica.

Apresentaremos evidências, no capítulo 3, de que o paradigma científico evolucionista cumpre os requisitos metodológicos supra-mencionados, possibilitando uma abordagem metodológica mais geral do que a novo-clássica, para os fenômenos do desenvolvimento econômico.

CAPÍTULO 2 - AS NOVAS TEORIAS NEOCLÁSSICAS DO CRESCIMENTO ECONÔMICO: UMA ABORDAGEM TEÓRICA PARTICULAR.

2.1. O Problema da Coordenação e da Mudança Econômica em Ambientes com Mudança Técnica, Organizacional e Institucional.

Em um nível muito geral, tende-se a observar amplas regularidades nos valores e/ou nas mudanças de variáveis agregadas (Coricelli & Dosi, 1988), tais como, por exemplo, algumas daquelas que motivaram as novas teorias do crescimento:

(i) os níveis de renda *per capita* e da produtividade do trabalho crescem de forma permanente, desde a revolução industrial; e

(ii) os níveis e as taxas de crescimento da renda *per capita* e da produtividade do trabalho diferem significativamente entre países.

Além disso, há regularidades microeconômicas relacionadas a padrões típicos de comportamentos:

(i) de agentes (tais como firmas, mas também agregados reconhecíveis tais como indústrias ou mesmo países), no que se refere às formas com as quais geram ou adotam mudanças (por exemplo, firmas sistematicamente diferem em seus compromissos com a inovação e em sua habilidade para inovar), com as quais se estruturam internamente e com as quais interagem com o ambiente externo; e

(ii) de tecnologias, no que tange a suas fontes, direções e efeitos dinâmicos.

Na medida em que se possa identificar fases de desenvolvimento entrelaçadas por crises e descontinuidades nas taxas de crescimento da renda *per capita* e da produtividade do trabalho, há também consideráveis

descontinuidades na dinâmica de variáveis (Coricelli, Dosi & Orsenigo, 1991: 545-563), tais como, por exemplo :

(i) a aceleração no crescimento da produtividade do trabalho na maioria dos países industrializados ao longo do, aproximadamente, penúltimo quarto de século depois da segunda Guerra Mundial, a qual não se parece com uma simples continuação da tendência pré-guerra;

(ii) há alguns períodos históricos que parecem mostrar convergência em renda e produtividade entre países atrasados e países da fronteira, enquanto outros parecem sugerir divergência crescente; e

(iii) a desaceleração no crescimento da renda *per capita* e da produtividade do trabalho na maioria dos países industrializados e em desenvolvimento, a partir do início da década de 70, não se parece com qualquer ciclo recorrente típico da atividade econômica.

Em suma, o fenômeno do crescimento econômico envolve vários tipos de regularidades e/ou descontinuidades empíricas relativamente robustas, na dinâmica de variáveis agregadas (tais como renda *per capita* e produtividade do trabalho) e de variáveis microeconômicas (por exemplo, o comportamento de agentes).

Nesse sentido, em princípio, uma teoria ou um modelo de crescimento satisfatório deveria explicar - ou pelo menos ser consistente - com uma série de regularidades e/ou descontinuidades associadas à dinâmica de variáveis agregadas e, ao mesmo tempo, com a microeconomia da inovação e da concorrência (Chiaromonte & Dosi, 1992).

As regularidades empíricas, por sua vez, plausivelmente vêm a insinuar algum (ns) processo(s) subjacente(s) que governa(m) tanto a coordenação entre agentes (porque, de outra maneira, não se poderia esperar nenhuma regularidade empírica nos níveis das variáveis, seja esta qual for), assim como a mudança econômica (porque senão nenhuma regularidade

seria provável nas taxas de mudança ao longo do tempo) (Coricelli & Dosi, 1988).

Com efeito, pode-se formular duas questões de ordem teórica fundamentais à compreensão do fenômeno do crescimento econômico, a saber:

(i) quais são os mecanismos ou processos fundamentais de coordenação entre agentes que tornam possível a emergência de regularidades na dinâmica de variáveis agregadas - tais como renda *per capita* e produtividade do trabalho - como, em grande parte, resultado não intencional de decisões e interações de agentes econômicos ; e

ii) quais são os mecanismos ou processos fundamentais que tornam possível a emergência de mudança estrutural descontínua no sistema econômico para níveis crescentes de complexidade, variedade e de potencial dinâmico.

Para a busca de uma resposta satisfatória a essas questões, torna-se necessário seguir as três fases consecutivas que possibilitem formular uma análise macroeconômica com microfundamentos sólidos (Malinvaud, 1981) - conforme exemplificado no capítulo anterior:

(i) o estudo microeconômico de decisões de agentes e, ademais, da interação entre agentes que envolve restrições sobre o comportamento individual de outros agentes;

(ii) uma agregação de comportamentos que signifique o estudo das implicações macroeconômicas de comportamentos microeconômicos e a dedução das micro escolhas a partir das leis de comportamento macroeconômico; e

(iii) a comparação das descobertas da teoria com dados empíricos.

Considerando-se as tarefas definidas nos itens (i) e (ii) da taxonomia de Malinvaud, segue-se, portanto, que o primeiro problema central de

pesquisa é investigar as características de comportamentos de agentes (indivíduos, famílias, firmas e outras instituições) e de ambientes econômicos que expliquem uma relativa ordem no processo de coordenação entre agentes e, ao mesmo tempo, na mudança econômica.

Torna-se fundamental, portanto, examinar:

- como as características de comportamentos individuais e de ambientes econômicos são tratadas na abordagem metodológica novo-clássica como fizemos no (capítulo 1) e na evolucionista (capítulo 3);

- como as duas abordagens lidam com a relação entre tais características e a relativa ordem na coordenação e na mudança econômica subjacente às regularidades na dinâmica de variáveis agregadas; e

- como as anteriores se relacionam com as fontes do crescimento econômico.

Diante de novos aportes teóricos que foram introduzidos pelas novas teorias do crescimento neoclássicas - os quais podem aparentemente apresentar-se como incompatíveis com os fundamentos metodológicos da macroeconomia novo-clássica - este capítulo trata de elaborar uma resenha crítica das origens e dos ramos de pesquisa das novas teorias neoclássicas do crescimento econômico, com ênfase na caracterização de seus microfundamentos da coordenação e da mudança econômica, da concepção de ciência econômica subjacente e de suas principais proposições teóricas. Busca-se mostrar que o desenvolvimento de modelos de crescimento endógeno pode ser interpretado como um progressivo avanço da macroeconomia novo-clássica para o âmbito da teoria do crescimento. A adoção das hipóteses de retornos crescentes externos e de concorrência monopolística tornaram possível uma aplicação coerente e, ao mesmo tempo, um avanço significativo do ponto de vista das técnicas de modelagem da abordagem novo-clássica. Por outro lado, ressalta-se como o empírico das novas teorias neoclássicas do crescimento econômico - como

no caso da macroeconomia de Lucas - é limitado ao caso particular do fluxo circular caracterizado pela rotina econômica.

No que segue, a seção 2.2 descreve as limitações teóricas de modelos neoclássicos tradicionais, assim como as condições técnicas (ou formais) para o crescimento endógeno. As seções 2.3 e 2.4, por sua vez, apresentam a primeira geração de modelos de crescimento endógeno, destacando como foi possível compatibilizar retornos crescentes com concorrência perfeita e, ao mesmo tempo como foi possível manter a hipótese de retornos constantes de escala e, com efeito, a aplicação coerente da macroeconomia novo-clássica. Na seção 2.5, discute-se a segunda geração de modelos de crescimento endógeno, ressaltando como a combinação das hipóteses de concorrência monopolística e de retornos crescentes externos torna possível um avanço significativo da macroeconomia novo-clássica, com respeito às técnicas de modelagem. Finalmente, na seção 2.6, resume-se as principais conclusões.

2.2. Modelos Neoclássicos Tradicionais.

Nos modelos neoclássicos tradicionais (tipo Solow-Swan-Cass-Koopmans), é a hipótese de rendimentos marginais decrescentes do capital que gera a interrupção do crescimento e a convergência entre países pobres e ricos. Deste modo, o que se requer para o crescimento endógeno sustentável e a divergência no nível e nas taxas de crescimento são hipóteses para que a produtividade marginal do capital não decresça persistentemente com k (capital *per capita*), ou de que pelo menos sua queda se interrompa num ponto acima do nível de depreciação efetiva do capital *per capita* (cf. Ferreira&Ellery Jr., 1996: seção 2). Na medida em que os rendimentos marginais decrescentes, por sua vez, são uma implicação da hipótese de retornos de escala constante, torna-se condição necessária a adoção da

hipótese de retornos crescentes de escala, a qual torna possível a existência de rendimentos marginais do capital, crescentes ou constantes.

O teorema de Euler estabelece que, caso a função de produção apresente retornos constantes de escala, os fatores de produção serão remunerados por suas produtividades marginais (Silberberg, 1990: pp. 92-100). Por exemplo, se $F(K_t, L_t)$ for uma função de produção homogênea linear, cujos únicos insumos são capital físico e trabalho, temos:

$$F_K K_t + F_L L_t = F(K_t, L_t). \quad (2.1)$$

Em equilíbrio de concorrência perfeita os insumos são remunerados por suas produtividades marginais, $r_t = F_K$ e $w_t = F_L$. Substituindo estas relações em (2.1), verifica-se que o produto da firma é esgotado pagando-se todos os insumos. A hipótese de retornos constantes é plenamente compatível com o equilíbrio em concorrência perfeita.

No entanto, o mesmo teorema garante que, caso se a função de produção possua retornos crescentes de escala, os fatores de produção não podem mais ser remunerados pelas suas produtividades marginais.

Seja $Y = A^\beta K^\alpha L^{1-\alpha}$, uma função produção homogênea de grau $1+\beta$, com $\beta > 0$ e tendo como únicos insumos o conhecimento tecnológico, A , o capital físico, K , e o trabalho, L . Diferenciando-se com respeito a cada insumo em particular temos:

$$f_A = \beta A^{\beta-1} K^\alpha L^{1-\alpha}; \quad f_K = \alpha A^\beta K^{\alpha-1} L^{1-\alpha} \quad \text{e} \quad f_L = (1-\alpha) A^\beta K^\alpha L^{-\alpha}. \quad (2.2)$$

Substituindo em $f_A A + f_K K + f_L L$, segue-se:

$$\begin{aligned} \beta A^\beta K^\alpha L^{1-\alpha} + \alpha A^\beta K^\alpha L^{1-\alpha} + (1-\alpha) A^\beta K^\alpha L^{1-\alpha} &> A^\beta K^\alpha L^{1-\alpha} \\ (1+\beta) A^\beta K^\alpha L^{1-\alpha} &> A^\beta K^\alpha L^{1-\alpha} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Segundo a expressão acima, uma vez sendo a remuneração total de insumos maior do que o produto total, os insumos não podem ser recompensados por suas produtividades marginais. Com efeito, retornos crescentes são incompatíveis com o equilíbrio em concorrência perfeita. Porém, conforme já visto, a hipótese de retornos crescentes é necessária para o crescimento endógeno ilimitado e a divergência nos níveis e taxas de crescimento.

O problema central a ser enfrentado passa a ser: como compensar as atividades que geram o crescimento de A em um modelo com retornos crescentes, vale dizer, como endogeneizar tecnologia sem romper com o suposto de equilíbrio concorrencial. Uma formulação bastante objetiva e precisa desse problema é dada por Ferreira & Ellery Jr. (1996: p. 93): "(...) Se a variável A da função Cobb-Douglas for resultado das decisões dos agentes, ela deve ser remunerada como os outros fatores de produção. Nesse caso a tecnologia terá retornos crescentes e os insumos não poderão ser pagos por seus produtos marginais. Logo, algo além da teoria walrasiana de equilíbrio competitivo é necessário para explicar o crescimento sustentável (...)"

2.3. Modelos de Crescimento Endógeno a Partir de *Spillovers*: Retornos Crescentes Externos e Equilíbrio Competitivo.

Uma das inspirações dos modelos de crescimento endógeno consiste no trabalho de Arrow (1962a), no qual são enfatizadas as atividades do setor privado que contribuem para o progresso técnico, em adição aos fundos do setor público. Arrow (1962a) formulou um modelo de "spillover" (direitos imperfeitos de propriedade intelectual) no qual o produto para a firma j pode ser escrito como $Y_j = A(K) F(K_j, L_j)$, onde K sem um subscrito denota o estoque agregado de capital (Romer, 1994; Grossman & Helpman,

2.3.1. O modelo de Romer (1986).

Com efeito, no modelo de Romer (1986) este supõe que o produto agregado poderia ser escrito como $Y = A (R) F (R_j, K_j, L_j)$, onde R_j representa o estoque de resultados de gastos em pesquisa e desenvolvimento realizado pela firma j . Ademais, supõe serem os *spillovers* de esforços de pesquisa privada que levam aos aperfeiçoamentos no estoque público de conhecimento, A . Para enquadrar esse modelo dentro da estrutura do “*price-taking*”, com nenhum poder de monopólio, supõe que a função F é homogênea de grau um com respeito a todos os seus insumos, incluindo R .

Nas palavras de Ferreira&Ellery Jr. (1996: 93-94): “Romer (1986) introduz a idéia, em modelos de crescimento em equilíbrio geral, de externalidades do nível de capital sobre a função de produção, o que permitirá a existência de equilíbrio competitivo em modelos sem rendimentos decrescentes para o capital. A possibilidade de equilíbrio competitivo reside no fato de que os agentes ao tomarem suas decisões não controlam as externalidades. Isto evita que as firmas cresçam infinitamente como usualmente se associa a este tipo de função de produção e permite que todos os insumos privados sejam remunerados de acordo com seus produtos marginais. Em outras palavras, assume-se tecnologia com externalidades ao capital e retornos constantes aos insumos privados e crescentes à soma dos insumos privados e externos.”

O modelo de Romer supõe, ainda, horizonte de planejamento infinito, mercados competitivos, retornos constantes de escala na produção e agentes representativos (firmas idênticas e consumidores idênticos com funções de

³² Arcangeli & Canuto (1996) ressaltam também a importância de Arrow (1962a) como fonte de inspiração. Neste texto, Arrow formula uma concepção informacional da tecnologia, de caráter pouco apropriável e por isso mesmo com implicações de subotimalidade em sua produção.

utilidade côncavas). Sob tais condições existe uma equivalência entre a alocação ótima realizada por um planejador central maximizando a utilidade do indivíduo representativo e aquela alocação implicada por uma economia descentralizada, na qual os indivíduos tomam decisões ótimas de consumo e de investimento, baseadas na sequência de taxas de juros e de salários correntes e antecipadas que tornam a oferta de cada bem econômico igual a sua demanda, ou seja, o *market-clearing* (ver a respeito Blanchard&Fischer, 1989: cap. 2). É por isso que, sem perda de generalidade, os consumidores e as firmas representativas foram juntadas em um único setor, de tal sorte que o valor do produto - e não a renda do trabalho e do capital - entra na restrição orçamentária.

O problema do agente econômico representativo pode então ser formulado como:

$$\text{Max } \int_0^{\infty} U(c(t)) e^{-\rho t} dt$$

sujeito a $\dot{k}(t) = f(k(t), K(t)),$
 k_0 dado, e

onde, $K(t) = Nk(t)$, sendo N o número de firmas (dado) e $k(t)$ o capital *per capita*.

Para caracterizar o equilíbrio competitivo que emerge do problema da economia descentralizada, aplica-se o princípio do máximo³³. Seja $H = U(c(t)) + \lambda(t) [f(k(t), K(t)) - c(t)]$ o Hamiltoniano em valor corrente, onde $\lambda(t)$ é o preço sombra do capital *per capita*. Seguem-se então as condições necessárias e suficientes:

$$(i) \quad U'(c(t)) = \lambda(t), \tag{2.4}$$

³³ Ver a respeito Chiang, (1992: cap. 7) e Intriligator (1971: cap. 14).

$$(ii) \quad \dot{k}(t) = f(k(t), K(t)) - c(t), \quad (2.5)$$

$$(iii) \quad \dot{\lambda}(t)/\lambda(t) = \rho - \lambda(t)^{-1} f_1[k(t), K(t)], \quad (2.6)$$

$$(iv) \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \lambda(t) k(t) e^{-\rho t} = 0. \quad (2.7)$$

Das condições acima pode-se deduzir duas predições empíricas básicas. Como o produto marginal do conhecimento da economia descentralizada, $f_1[k(t), K(t)]$, é menor do que o produto marginal do capital percebido por um planejador central, $f_1[k(t), K(t)] + f_2[k(t), K(t)] N$, a solução competitiva não é ótima no sentido de Pareto. Em cada ponto no tempo, o consumo na economia descentralizada é maior do que na centralizada, de forma que a acumulação de conhecimento situa-se aquém do ótimo de Pareto. Com isso, justifica-se o uso de políticas públicas que eliminem esse *hiato*, tributando o consumo e favorecendo o investimento na geração de conhecimento.

Com o objetivo de explorar outra predição empírica da solução competitiva, deixemos que a função de utilidade assuma a forma $U(c(t)) = \ln c(t)$ e a função de produção a forma $F = k(t)^\alpha L^{1-\alpha} K(t)^\eta$, a qual, devido à hipótese de retornos constantes nos insumos privados, pode ser reescrita em termos *per capita*, $f = k(t)^\alpha K(t)^\eta$ ³⁴.

Conforme os valores dos parâmetros, α e η , as equações (ii) e (iii) mostram que o modelo é capaz de gerar três soluções diferentes:

(a) Se $\alpha + \eta < 1$, haverá retornos decrescentes de escala e uma convergência a um equilíbrio estacionário, no qual o crescimento do capital, da renda e do consumo *per capita* se interrompe, como nos modelos neoclássicos tradicionais;

³⁴ Este exemplo é extraído de Amable (1994: pp. 29-30).

(b) Se $\alpha + \eta = 1$, o capital *per capita* tem retornos constantes de escala e há uma tendência para uma taxa de crescimento constante e proporcional, vale dizer, ao equilíbrio *steady state*; e

(c) Se $\alpha + \eta > 1$, predominarão retornos crescentes e, com efeito, a taxa de crescimento se torna uma função crescente do nível de capital, isto é, existe uma convergência ao *unsteady growth*. Isso implica um processo de divergência, não só da renda *per capita*, como a implicada no caso (b), mas também de sua taxa de crescimento.

2.3.2. O modelo de Lucas (1988).

O Modelo de Lucas (1988) tem uma estrutura subjacente muito similar. Entretanto, em seu modelo é o investimento em capital humano - antes do que em conhecimento (P&D) - que proporciona as externalidades positivas através de aumentos no nível da tecnologia. Com isso, o produto da firma j toma a forma $Y_j = A(H) F(K_j, H_j)$. Supõe-se, ademais, uma função utilidade côncava e com elasticidade de substituição constante ($1/\sigma$) entre o consumo em qualquer dois pontos no tempo, t e s (sobre as suas propriedades ver Blanchard&Fischer, cap. 2, pp. 43-44).

O modelo de crescimento endógeno de Lucas pode então ser descrito sucintamente da seguinte forma:

$$\text{Max } \int_0^{\infty} [(c(t)^{1-\sigma} - 1)/(1-\sigma)] N(t) e^{-\rho t} dt,$$

$$\text{sujeito a: } \dot{K}(t) = AK(t)^\beta (u(t) h(t) N(t))^{1-\beta} h_a(t)^\gamma - c(t)N(t) \quad e$$

$$\dot{h}(t) = h(t) \delta (1-u(t)).$$

Sejam:

(1) $c(t)$, o consumo *per capita* da família representativa;

(2) $N(t)$, o tamanho da população que cresce a uma taxa exógena λ ;

(3) ρ , a taxa de desconto intertemporal;

(4) $\dot{K}(t)$, a equação de movimento do capital físico agregado $K(t)$;

(5) A , o nível da tecnologia, o qual é fixo;

(6) $u(t)$, a fração do tempo disponível do trabalhador alocado nas atividades de produção, fixa na trajetória balanceada de crescimento;

(7) $h(t)$, o capital humano do trabalhador individual, mensurado através de seu nível de habilidade geral;

(8) $h_a(t)^y$, o nível médio de capital humano na economia hipotética. Este termo capta o efeito *spillover* da acumulação de capital humano sobre a produtividade de todos os fatores de produção. Como Lucas assume a hipótese simplificadora de um trabalhador representativo, $h_a(t)=h(t)$;

(9) $\dot{h}(t)$, é a equação de acumulação de capital humano individual; e

(10) δ , é a taxa de crescimento máxima do estoque $h(t)$.

A caracterização da solução do planejador central é dada novamente pelas condições de primeira ordem da teoria do controle ótimo. Para simplificar a análise, a seguir omitiremos o indexador t , que representa a variável tempo.

Seja então $H = e^{-\rho t} \{N(c^{(1-\sigma)} - 1)/(1-\sigma) + \theta_1 [AK^\beta (uhN)^{1-\beta} h^\gamma - Nc] + \theta_2 [h\delta(1-u)]\}$, o Hamiltoniano em valor corrente. Diferenciando-o com respeito às duas variáveis de controle (c e u) temos:

$$c^{-\sigma} = \theta_1, \quad (2.8)$$

$$\theta_1 (1-\beta) AK^\beta u^{-\beta} (Nh)^{1-\beta} h^\gamma = \theta_2 \delta h. \quad (2.9)$$

Além disso, diferenciando-o contra as duas variáveis de estado (K e h), resulta a taxa de variação de seus preços-sombra:

$$\dot{\theta}_1 = \rho\theta_1 - \theta_1 \beta AK^{\beta-1} (uNh)^{1-\beta} h^\gamma \quad (2.10)$$

$$\dot{\theta}_2 = \rho\theta_2 - \theta_1 (1-\beta + \gamma) AK^\beta (uN)^{1-\beta} h^{-\beta+\gamma} - \theta_2 \delta (1-u). \quad (2.11)$$

Finalmente, como uma das suposições é o horizonte infinito e existem duas variáveis de estado, tornam-se necessárias ainda duas condições de transversalidade:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \theta_1 K e^{-\rho t} = 0 \quad (2.12)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \theta_2 h e^{-\rho t} = 0 \quad (2.13)$$

O setor privado resolve um problema de controle basicamente da mesma forma que a do planejador central. No entanto, dado que as firmas e as famílias representativas atomísticas não percebem e não controlam as externalidades positivas provenientes do capital humano, tomam como dado o termo h_a^γ . É exatamente na avaliação do efeito positivo que o capital

humano exerce sobre a produtividade de todos os fatores de produção que a alocação ótima e a de equilíbrio diferem.

$$\dot{\theta}_2 = \rho\theta_2 - \theta_1(1-\beta)AK^\beta(uN)^{1-\beta}h^{-\beta+\gamma} - \theta_2\delta(1-u) \quad (2.14)$$

Uma das formas mais simples de caracterizar as trajetórias ótimas e de equilíbrio requer a aplicação da condição *steady state*, vale dizer, do conceito de trajetória equilibrada de crescimento, que consiste em soluções nas quais os dois tipos de capital, a renda e o consumo *per capita* estão aumentando em taxas proporcionais constantes, e ainda os preços dos dois tipos de capital declinam em taxas constantes, enquanto a variável de alocação temporal, u , é constante.

A partir da aplicação do conceito de trajetória equilibrada de crescimento sobre as condições de primeira ordem e de algumas operações algébricas simples (sobretudo a diferenciação logarítmica), chega-se aos determinantes da taxa de crescimento comum, κ , da renda, do consumo e do capital *per capita*, assim como dos determinantes da taxa de crescimento, ν , de capital humano, a saber:

$$\kappa = [(1-\beta+\gamma)/1-\beta] \nu \quad (2.15)$$

$$\nu^* = \sigma^{-1}[\delta - (1-\beta)(\rho - \lambda)/(1-\beta + \gamma)] \quad (2.16)$$

$$\nu = [\sigma(1-\beta + \gamma) - \gamma]^{-1} [(1-\beta)(\delta - (\rho - \lambda))] \quad (2.17)$$

A equação (2.16) proporciona a taxa de crescimento eficiente de capital humano, enquanto a equação (2.17) estabelece a taxa de crescimento de equilíbrio ao longo da trajetória equilibrada. Em ambos os casos, a equação (2.15) descreve a taxa de crescimento de capital físico *per capita*.

Isto implica que o modelo prevê crescimento sustentado, a despeito da existência ou não de efeitos externos positivos do capital humano.

Outra predição empírica que emerge dessas equações, é a de que, devido à presença de externalidades positivas do capital humano, captada pelo parâmetro γ , a taxa de crescimento desta variável, bem como das demais variáveis *per capita*, inexoravelmente serão diferentes, em favor da solução do planejador central.

Seja $\kappa = c/c$, de forma que as equações (2.8) e (2.10) impliquem a produtividade marginal do capital físico, na trajetória equilibrada de crescimento, ser igual a uma constante:

$$\beta AK^{\beta-1}(uNh)^{1-\beta} h^\gamma = \rho + \sigma\kappa \quad (2.18)$$

Sejam $z_1(t) = e^{-(\kappa+\lambda)t}K(t) = K(0)$ e $z_2(t) = e^{-\nu t}h(t) = h(0)$ duas variáveis normalizadas. De (2.15) e (2.18) temos a equação que contém informações sobre os níveis das variáveis relevantes do presente modelo, a saber:

$$(\beta AN_0^{1-\beta} u^{1-\beta}) z_1^{\beta-1} z_2^{1-\beta+\gamma} = \rho + \sigma\kappa \quad (2.19)$$

A equação (2.19) revela a terceira predição empírica do presente modelo, que é a diversidade persistente nos níveis da renda *per capita* e, ao mesmo tempo, convergência em suas taxas de crescimento. Uma economia iniciando com baixo nível de capital humano e capital físico permanecerá, de modo permanente, aquém de uma economia inicialmente melhor dotada.

Ainda da mesma equação, verifica-se que países com maior capital humano apresentam maior produtividade do capital de qualquer dada

eficiência e do trabalho de qualquer dada habilidade, de modo que os mesmos terão taxas de remuneração do capital e de salários maiores do que as taxas em países pobres. Logo, o padrão de mobilidade de capital e de trabalho é sua saída de países pobres em direção a países ricos.

Inspirado no trabalho de Romer (1986) e de Lucas (1988), outro ramo das novas teorias, por outro lado, considera as economias externas como o determinante fundamental do processo de crescimento. De acordo com esta versão, quando os indivíduos acumulam conhecimento ou o capital humano ou, ainda, as firmas acumulam capital físico, eles inexoravelmente contribuem para a produtividade do capital mantido por outros indivíduos ou outras firmas. Se os *spillovers* são fortes o suficiente, o produto físico marginal do capital (conhecimento, físico ou humano) pode permanecer indefinidamente acima da taxa de desconto, mesmo que os investimentos individuais enfrentem retornos decrescentes, na ausência de impulsos externos a produtividade. Com efeito, a tecnologia é endogenamente proporcionada como um efeito colateral de decisões de investimento privado e o crescimento poderia ser sustentado por acumulação contínua de insumos que geram externalidades positivas.

Em suma, nos modelos de Romer (1986) e de Lucas (1988), a tecnologia é endogenamente proporcionada como um efeito não intencional de decisões de investimento privado. Do ponto de vista dos usuários de tecnologia, esta é ainda tratada como um bem público puro, não rival e não passível de exclusão, exatamente como acontece nos modelos neoclássicos convencionais. Com efeito, as firmas podem ser tratadas como meros “*price takers*”, podendo existir um equilíbrio competitivo com muitas firmas.

2.4. Modelos Lineares: Retornos Constantes e Equilíbrio Competitivo.

Uma abordagem alternativa rejeita as hipóteses de que a mudança técnica é a fonte do crescimento e de que o conhecimento sobre a tecnologia é um insumo não rival, tratando todas as formas de conhecimento intangíveis como sendo similares às capacidades de capital humano, as quais são rivais e excluíveis. Não haveria insumos não rivais como a tecnologia e, portanto, não haveria convexidades ou *spillovers* (Rebelo, 1991).

Os modelos lineares seguem ainda mais agressivamente a estratégia usada por Romer (1986), no sentido de formular modelos de crescimento endógeno com concorrência perfeita e com retornos constantes de escala. Como supõe a ausência de bens não rivais, a pesquisa, R , o capital físico, K , e o capital humano H , são tratados como insumos comuns. Portanto, esta classe de modelos sugere que o produto poderia ser escrito como uma função de produção com retornos constantes de escala, $Y = F(R, K, H)$.

Para simplificar ainda mais, estes modelos freqüentemente agregam R , K e H em uma única medida ampla de capital, por exemplo, X . Como é possível, a partir disso, escrever $F(X)$ como uma função linear: $Y = F(X) = aX$, disso resulta o designativo linear para essa família de modelos. Em modelos lineares, as firmas continuamente aumentam seus estoques de capital em um ambiente perfeitamente competitivo. Como a remuneração do capital (dada por seu produto marginal) deve situar-se acima da taxa de desconto (subjativa), para que o investimento permaneça lucrativo, os autores simplesmente impõem um limite inferior sobre a taxa de retorno do capital privado como uma propriedade da função de produção agregada, gerando assim crescimento "endógeno" permanente. Com isso, nesta classe de modelos o progresso técnico continua a ser o resultado não intencional das atividades desenvolvidas pelos agentes (Grossman & Hellpman, 1994).

Um dos modelos lineares mais simples é o de Rebelo (1991), no qual se supõe uma população constante constituída de famílias e firmas representativas, bem como que não há depreciação e que a função utilidade tem elasticidade de substituição intertemporal constante, conforme segue-se:

$$\text{Max } \int_0^{\infty} e^{-\rho t} [c(t)^{1-\sigma} - 1]/(1-\sigma)$$

$$\text{sujeito a } \begin{aligned} \dot{k}(t) &= Ak(t) - c(t) \\ k(0) &\text{ dado.} \end{aligned}$$

As condições de primeira ordem para este problema são dadas por:

$$c^{-\sigma} = \lambda \tag{2.20}$$

$$\dot{\lambda}/\lambda = \rho - A \tag{2.21}$$

$$\dot{k}(t) = Ak(t) - c(t) \tag{2.22}$$

$$\lim k(t) u'(c(t)) e^{-\rho t} = 0 \tag{2.23}$$

Das equações (2.20) e (2.21) resulta a taxa de crescimento do consumo *per capita*:

$$\dot{c}(t)/c(t) = (A - \rho)/\sigma \tag{2.24}$$

De (2.22) e da taxa de crescimento do capital constante no *steady state*, pode-se demonstrar que sua taxa é igual à do consumo. Considerando, por sua vez, a função de produção, pode-se verificar que a taxa de crescimento do produto também é igual à do consumo.

Os modelos lineares, portanto, para obter crescimento endógeno não necessitam adotar a hipótese de retornos crescentes de escala, por suporem

que há somente um fator de produção e conseqüentemente que a produtividade marginal de capital é constante. Em outros termos, a saída para garantir o crescimento ilimitado é supor um só insumo de produção, de tal sorte que, ao supor-se retornos constantes, supõe-se automaticamente rendimentos marginais constantes deste insumo (Ferreira&Ellery Jr., 1996: 97).

Com efeito, esta abordagem permite gerar crescimento endógeno *steady state*, mas também convergência condicional em taxas e níveis da renda *per capita*, como nos modelos neoclássicos tradicionais, dado que esta última propriedade deriva da relação inversa entre o produto médio de capital e seu nível, $f(k)/k$ e k , uma relação que ainda se mantém nos modelos (cf. Barro&Sala i Martin, 1995: pp. 41-42). Ao mesmo tempo, torna possível reter as hipóteses de concorrência perfeita, retornos constantes de escala e otimalidade do equilíbrio de mercado (Amable, 1994: pp. 25-26).

Em suma, os modelos de Romer (1986) e de Lucas (1988) adotam a hipótese de retornos crescentes externos ao capital que é compatível com a hipótese de equilíbrio competitivo. Com isso, além de proporcionarem crescimento endógeno sustentável, permitem a aplicação coerente da macroeconomia novo-clássica para o âmbito da teoria do crescimento. Os modelos lineares, por sua vez, através de um novo conceito de capital, mantêm a hipótese de retornos constantes de escala que também é plenamente compatível com a hipótese de equilíbrio competitivo.

2.5. Modelos de Crescimento Endógeno “Neoschumpeterianos”: Um Avanço da Modelagem Novo-Clássica.

Enquanto os modelos lineares e de *spillovers* ainda parecem iniciar da idéia “clássica” de que a acumulação de capital é a fonte de crescimento, uma classe subsequente de modelos, auto-denominados “neoschumpeterianos”, inspira-se e se aproxima mais explicitamente da idéia schumpeteriana que é a inovação introduzida por firmas privadas, a principal fonte do crescimento econômico (Fagerberg et alii, 1994; Romer, 1994).

Nestes modelos, a inovação é concebida como o resultado da atividade de pesquisa e desenvolvimento (P&D), uma atividade para a qual recursos específicos são alocados. Em função disso, os usuários de inovações devem pagar um preço para cobrir seu custo de produção e, em compensação, receber um direito de monopólio exclusivo para seu uso. Logo, o progresso técnico é pelo menos parcialmente apropriável e isto introduz um elemento de concorrência imperfeita nestes modelos. Ao mesmo tempo, novas tecnologias também aumentam o estoque de conhecimento existente dos agentes e, destarte, tornam possível ou facilitam novos desenvolvimentos tecnológicos. A combinação entre o incentivo para inovar, devido à apropriabilidade privada do progresso técnico, e a externalidade positiva deste processo permite o crescimento ilimitado.

Pode-se distinguir duas sub-classes de modelos de crescimento endógeno baseados sobre a inovação: a classe da crescente variedade de produtos e a do aumento da qualidade de produtos. No primeiro tipo, novos produtos são agregados com os velhos na função de produção ou utilidade, ao mesmo tempo em que retornos crescentes dinâmicos de escala ou preferência pela variedade são supostos.

O modelo básico é o de Romer (1990), no qual a fonte de crescimento se encontra em um aumento na divisão de trabalho na economia. Em seu modelo, o aumento do estoque de capital usado na produção do bem final se manifesta através do crescimento do número de insumos intermediários, e não da quantidade e qualidade de cada insumo. Por sua vez, o aumento no número de bens intermediários é identificado com a elevação na divisão do trabalho na economia como um todo e o uso de mais e mais métodos de produção que aumenta a produtividade. Com efeito, um maior número de bens intermediários usados na produção do bem final aumenta o nível de produtividade.

No segundo tipo de modelos, os novos bens são de qualidade superior e substituem os bens velhos. O modelo protótipo é o de Aghion & Howitt (1993), o qual propõe-se a captar aspectos de destruição criativa. Em contraste com o modelo de Romer (1990), a mudança técnica não se manifesta em um aumento no número de bens intermediários disponíveis, mas por uma elevação na produtividade que o bem intermediário permite na produção do bem final. Cada inovação é, assim, um aperfeiçoamento do bem intermediário. Em suma, a fonte do crescimento econômico consiste na melhoria da qualidade de bens intermediários.

2.5.1. O modelo de Romer (1990).

A necessidade de um modelo de crescimento em equilíbrio geral com concorrência monopolística se fundamenta em três premissas:

- (i) a mudança técnica é a fonte básica do crescimento;
- (ii) ela é resultado de decisões que seguem incentivos de mercado, de modo que tecnologia deve ser um bem parcialmente exclusivo; e
- (iii) a tecnologia é um bem não-rival.

As três premissas juntas implicam que o crescimento é dirigido basicamente pela acumulação de um insumo não rival e apenas parcialmente exclusivo. Os modelos neoclássicos tradicionais, assim como os modelos de crescimento endógeno da primeira geração, são consistentes com as premissas (i) e (iii). Porém, ao adotarem a hipótese de concorrência perfeita em todos os mercados, negam o papel do comportamento maximizador privado na geração da mudança técnica, tornando-se inconsistentes com a premissa (ii). Assim, uma saída para se incorporar todas as três premissas é explicitamente introduzir poder de mercado sob a forma de concorrência monopolística, em pelo menos alguns setores da economia.

A estrutura teórica do modelo consiste nas seguintes hipóteses: “(...) (i) consumers make savings and consumption decisions taking interest rates as given; (ii) holders of human capital decide whether to work in the research sector or the manufacturing sector taking as given the stock of total knowledge A , the price of designs P_A , and the wage rate in the manufacturing sector, w_A ; (iii) final-goods producers choose labor, human capital, and a list of differentiated durables taking prices as given; (iv) each firm that owns a design and manufactures a producer durable maximizes profit taking as given the interest rate and the downward-sloping demand curve it faces, and setting prices to maximize profits; (v) firms contemplating entry into the business of producing a durable take prices for designs as given; and (vi) the supply of each good is equal to the demand (Romer, 1990: S88)”.

A estrutura formal, por sua vez, é constituída pelas equações:

$$Y(t) = H_y^\alpha L^\beta \int_0^A x(i)^{1-\alpha-\beta} \quad (2.25)$$

$$\dot{K}(t) = Y(t) - C(t) \quad (2.26)$$

$$\dot{A} = \delta H_A A \quad (2.27)$$

$$p(i) = (1-\alpha-\beta)H_Y^\alpha L^\beta x(i)^{-\alpha-\beta} \quad (2.28)$$

$$p(i) = r\eta/(1-\alpha-\beta) \quad (2.29)$$

$$P_A(t) = \int_0^\infty [\exp(-\int_0^\tau r(s)ds)] \pi(\tau)d\tau \quad (2.30)$$

$$\pi(\tau) = r(\tau)P_A(t) \quad (2.31)$$

$$\dot{c}(t)/c(t) = (r-\rho)/\sigma \quad (2.32)$$

$$Y(H_A, L, x) = (H_Y A)^\alpha (LA)^\beta (K)^{1-\alpha-\beta} \eta^{+\alpha+\beta-1} \quad (2.33)$$

No que tange ao lado da oferta, supõe-se a existência de três setores, o de bens finais, de bens intermediários e de pesquisa. As equações (2.25) e (2.33) representam a tecnologia do setor de bem final e possuem todas as propriedades da função de produção neoclássica, com Y representando o valor da produção, H_Y o capital humano, L o trabalho não qualificado dado, A o número de projetos de fabricação de insumos intermediários, $x(i)$ a sua quantidade que entra de forma simétrica no integrando, K o estoque agregado de capital e η é o número de unidades de capital necessárias por unidade de bem durável, representando a tecnologia do setor intermediário.

A equação (2.27), por sua vez, descreve a tecnologia do setor de pesquisa, a qual apresenta retornos crescentes de escala. Isso porque, como a tecnologia é considerada um bem não rival e somente parcialmente exclusivo, um aumento de A , além de gerar novos projetos de insumos intermediários, aumenta a produtividade de todos os laboratórios de pesquisa. A hipótese implícita é a de que os agentes possuem expectativas tecnológicas perfeitas sobre a evolução do conhecimento tecnológico. Mais ainda, as equações (2.30) e (2.31) representam o preço da patente como o

valor presente do fluxo de lucros associado a um projeto de insumos intermediários, de modo que P_A é o preço da patente, $r(s)$ a taxa de juros em s , $r(t)$ a taxa de juros no presente e $\pi(t)$ o fluxo de lucros proveniente do aluguel de uma patente para um monopolista do setor de bem intermediário. As hipóteses restritivas são as de que não há depreciação dos bens intermediários e há antevisão perfeita das rendas de monopólio.

Já a equação (2.28) descreve a curva de demanda do monopolista que opera no setor de bem intermediário e é derivada da maximização de firmas do setor de bens finais, sendo que $p(i)$ é o preço associado a cada nível de $x(i)$. Por seu turno, a equação (2.29) é o preço de equilíbrio cobrado pelo monopolista, onde $r\eta$ é o custo direto de produção e $1/(1-\alpha-\beta)$ o *mark up* determinado pela elasticidade da demanda.

Finalmente, para fechar o modelo, as equações (2.26) e (2.32) representam as decisões de investimento e de consumo das famílias, respectivamente. Nesse sentido, $\dot{K}(t)$ é a equação de movimento do capital (bem final não consumido), $C(t)$ o consumo agregado em t , $c(t)$ é o consumo do agente representativo, $\dot{c}(t)$ a taxa de variação instantânea, r a taxa de juros, ρ a taxa de desconto intertemporal e σ o coeficiente de aversão ao risco.

Para que exista uma trajetória de crescimento equilibrado, com A , K , Y e C crescendo a uma taxa exponencial constante, é necessário que H_A permaneça constante, de forma que (2.27) implique:

$$g = \delta H_A \quad (2.34)$$

Esta condição, por sua vez, implica que os salários pagos no setor de bens finais e de bens intermediários devem ser os mesmos. Ademais, como, no setor de bem final, o salário do capital humano corresponde a sua produtividade marginal, enquanto no setor de pesquisa o salário é igual à renda total, $P_A \delta A$, bem como considerando que os bens intermediários são simétricos em (2.25), segue-se:

$$P_A \delta A = \alpha H_y^{\alpha-1} L^\beta A \bar{x}^{1-\alpha-\beta} \quad (2.35)$$

Da maximização da função lucro, $\pi(x(i)) = p(x(i))x(i) - r\eta x(i)$, por parte do monopolista representativo, e das equações (2.28-2.31) temos:

$$P_A = (\alpha + \beta) / r (1 - \alpha - \beta) H_y^\alpha L^\beta \bar{x}^{1-\alpha-\beta} \quad (2.36)$$

Substituindo em (2.34):

$$H_y = (1/\delta) [\alpha / (1 - \alpha - \beta) (\alpha + \beta)] \quad (2.37)$$

Na medida que H_y , L e x são constantes, a equação (2.28) implica que a taxa de crescimento da produção do bem final é igual à do conhecimento e, ao mesmo tempo, $K = \eta x A$ implica que a taxa de crescimento do estoque de capital físico é igual à do conhecimento. Por último, dado que K/Y é uma constante, a razão $C/Y = 1 - K/Y$ deve também ser uma constante. Dessas relações, resulta a taxa de crescimento comum, g , para todas as variáveis:

$$g = \dot{A}/A = \dot{K}/K = \dot{Y}/Y = \dot{C}/C = \delta H_A \quad (2.38)$$

De (2.32), (2.37) e da restrição $H_y = H - H_A$ resulta a equação para g em termos dos fundamentos do modelo (preferências, tecnologias e dotações de fatores):

$$g = (\delta H - \Lambda \rho) / (\sigma \Lambda + 1), \quad \text{onde } \Lambda = \alpha / (1 - \alpha - \beta)(\alpha + \beta) \quad (2.39)$$

Da equação (2.39) emergem três conclusões:

(i) o estoque de capital humano é a fonte básica do crescimento econômico e somente ele tem um efeito-escala sobre a taxa de crescimento;

(ii) se tal estoque for relativamente considerável, o modelo é capaz de gerar uma taxa de crescimento positiva em que todas as variáveis relevantes crescem na mesma proporção; e

(iii) em contraste - em uma possibilidade extrema - se tal estoque de capital humano é muito pequeno, o modelo é capaz de gerar um crescimento nulo.

A quarta e última conclusão fundamental é a de que a solução da economia descentralizada novamente não é um ótimo paretiano. Isso porque um planejador central que considerasse uma função-utilidade com elasticidade intertemporal constante e as equações (2.26) e (2.27) faria:

$$\max \int_0^{\infty} (C^{1-\sigma} - 1) / (1-\sigma) e^{-\rho t} dt$$

$$\text{sujeito a: } \dot{K} = \eta^{\alpha+\beta-1} A^{\alpha+\beta} H_Y^\alpha L^\beta K^{1-\alpha-\beta} - C,$$

$$\dot{A} = \delta H_A A,$$

$$H_Y + H_A \leq H.$$

É possível mostrar que com isso o resultado seria:

$$g^* = (\delta H - \Theta \rho) / [\Theta \sigma + (1 - \Theta)] \quad (2.40)$$

onde: $\Theta = \alpha/(\alpha+\beta)$.

Da comparação entre as equações (2.39) e (2.40), verifica-se que a taxa de crescimento socialmente ótima, g^* , é maior do que a taxa de crescimento de equilíbrio, g . Uma das razões é o fato de que o coeficiente Λ em (2.39) é igual a Θ vezes o *mark up* do setor que opera em concorrência monopolística, $1/(1-\alpha-\beta)$. Outra razão decorre de a constante 1 de (2.39) ser substituída pela expressão $1-\Theta$, refletindo a correção dos efeitos externos associados com a produção de novas idéias.

O modelo de Romer (1990), portanto, representa um avanço significativo, em termos de técnicas de modelagem, para a macroeconomia novo-clássica. De acordo com Lucas, conforme visto no capítulo 1, seria possível somente através da aplicação da hipótese de equilíbrio competitivo (concorrência perfeita em todos os mercados) deduzir o comportamento agregado a partir dos fundamentos da economia: parâmetros que descrevem preferências e tecnologias individuais. No entanto, para endogeneizar a mudança técnica como resultado de decisões de agentes racionais que respondem a incentivos de mercado, o modelo introduz a hipótese de retornos crescentes no setor de pesquisa e a hipótese de concorrência monopolística no setor de bens intermediários, mantendo ao mesmo tempo a hipótese de concorrência perfeita no setor de bens finais.

2.5.2. O modelo de Aghion&Howitt (1993).

O modelo de crescimento de Aghion & Howitt busca capturar a idéia de descontinuidade ou de destruição criativa de Schumpeter (1942),

reduzida ou interpretada como uma tendência estocástica³⁵. Uma das limitações de modelos das seções (2.3), (2.4) e da sub-seção (2.5.1) decorre de os mesmos só serem capazes de gerar uma tendência estocástica se for introduzido de forma *ad hoc* um ruído branco, conforme observado na seguinte passagem:

“Existing models of endogenous growth do not produce a random trend, unless exogenous technology shocks are added. But technology shocks should not be regarded as exogenous in an analysis that seeks to explain the economic decisions underlying the accumulation of knowledge. In this [model] they are entirely the result of such decisions. Statistical innovations in GNP are produced by economic innovations, the distribution of which is determined by the equilibrium amount of research” (Aghion&Howitt, 1993: 146).

Como no modelo de Romer (1990), supõe-se a existência de três setores: o de bens finais (concorrência perfeita); o de bens intermediários (concorrência monopolística) e o de pesquisa (concorrência monopolística). Ao mesmo tempo, são consideradas três categorias de trabalho: o desqualificado (M), tomado como fixo; o qualificado (N); e o especializado (R), com este alocado somente em atividades de pesquisa.

A tecnologia do primeiro setor é descrita por uma função de produção côncava, $y=A_t F(x)$, com $F'>0$ e $F''<0$, onde x é o fluxo do insumo intermediário e $A_t=A_0\gamma^t$; $t=0,1,\dots,\infty$, com γ captando o tamanho da inovação e “ t ” representando o intervalo que se inicia na t -ésima inovação e termina exatamente antes da $t+1$ -ésima inovação. O bem intermediário, por sua vez, é produzido com uma tecnologia linear, $x=L$, onde L é o fluxo de trabalho

³⁵ Diferentemente de um processo com tendência determinística, um processo com tendência estocástica acumula os erros (ruído branco) do passado, de tal modo a proporcionar melhor representação dos dados de séries temporais econômicas (ver a respeito Hendry, 1995: seção 1.10).

qualificado usado no setor intermediário. Já a tecnologia no setor de pesquisa, supondo-se expectativas tecnológicas racionais, é dada por uma distribuição de probabilidades de Poisson com média λn . Esta é a taxa de chegada de inovações na economia em qualquer instante, onde n é o fluxo de trabalho qualificado usado em pesquisa, dado por N . Por último, os consumidores são considerados idênticos e apresentam uma função utilidade linear, de modo que r é a taxa de juros.

Vejamos a seguir as decisões e interações das firmas em cada setor. As firmas do setor de bens finais selecionam o nível do insumo intermediário x_t que compram a um preço P_t , para maximizar seu lucro, $A_t F(x_t) - P_t x_t$. O resultado disso é uma curva de demanda inversa por x_t :

$$P_t = A_t F'(x_t) \quad (2.41)$$

Dado que, por hipótese, em cada t (intervalo de duração de uma inovação), existe apenas um só insumo intermediário, a firma do setor de bem intermediário que opera com tal curva de demanda é um monopolista de todo o setor. Tal firma adquire do setor de pesquisa a patente do projeto de fabricação de x_t e busca maximizar seu lucro, $[A_t F'(x_t) - w_t] x_t$, tomando como dados A_t e w_t . Da solução do problema de maximização e da hipótese de que a receita marginal tem declividade negativa, determina-se a oferta do insumo intermediário e, ao mesmo tempo, a função-lucro como uma função estritamente decrescente da taxa de salário do trabalho qualificado (w_t), ajustado pela produtividade:

$$x_t = \tilde{x}(w_t), \quad \tilde{x}' < 0, \text{ e} \quad (2.42)$$

$$\pi(t) = A_t \tilde{\pi}(w_t), \quad \tilde{\pi}' < 0. \quad (2.43)$$

Onde: $\omega_t = w_t/A_t$ e $\tilde{\pi}(\omega_t) = [F'(x(\omega_t)) - \omega_t]x(\omega_t)$.

Por último, as firmas do setor de pesquisa definem a quantidade de trabalho especializado, n_t , para maximizar o fluxo esperado de lucro, $\lambda\varphi(n_t)V_{t+1} - w_t n_t$, de forma a resultar a equação para w_t :

$$w_t = \varphi'(n_t)\lambda V_{t+1} \quad (2.44)$$

Onde: $V_{t+1} = \pi_{t+1}/(r + \lambda\varphi(n_{t+1}))$, é o valor presente do fluxo de lucros esperados gerados pela $t+1$ ésima inovação ao longo de um intervalo, cuja dimensão é exponencialmente distribuída com parâmetro $\lambda\varphi(n_{t+1})$. Este parâmetro captura a probabilidade de que a tecnologia da firma monopolista venha a ser substituída por outra mais eficiente.

A caracterização do equilíbrio no presente modelo depende da decisão da sociedade, em cada instante de tempo, quanto a alocar trabalho qualificado entre pesquisa e produção: $n = N - x$. De (2.42), verifica-se que a solução desse problema central se reduz inexoravelmente à determinação de ω_t .

A partir de (2.42) e (2.43), a equação (2.44) pode ser reescrita como uma equação em diferenças finitas de primeira ordem em ω_t . Dividindo-se o resultado por A_t e usando o fato que $A_{t+1} = \gamma A_t$, seguem-se:

$$\omega_t = \psi(\omega_{t+1}) \quad (2.45)$$

$$\omega_t / [\varphi'(N - x(\omega_t))] = \lambda\gamma\pi(\omega_{t+1}) / [r + \lambda\varphi(N - x(\omega_{t+1}))] \quad (2.46)$$

A equação (2.46) mostra que a taxa de salário futura, ω_{t+1} , determina a

taxa de salário corrente, ω_t . Como x e π são funções decrescentes, φ é crescente e φ' não crescente, ψ é uma função decrescente.

Um equilíbrio de *perfect foresight* é definida como um sequência $\{\omega_t\}_{t=0}^{\infty}$ satisfazendo a equação (2.46), para todo $t \geq 0$. Assim, existe um

único equilíbrio estacionário definido por: $\hat{\omega} = \Psi(\hat{\omega})$. Neste equilíbrio a economia segue um crescimento equilibrado no sentido que a alocação de trabalho qualificado entre os setores de bens finais e de pesquisa permanece constante ao longo do tempo. O equilíbrio de crescimento é definido pela equação:

$$\hat{\omega} = \lambda \gamma \pi(\hat{\omega}) / [\gamma + \lambda \varphi(N - x(\hat{\omega})) \varphi'(N - x(\hat{\omega}))] \quad (2.46)$$

O nível de produto real durante o intervalo t é:

$$y_t = A_t F(x(\hat{\omega})) = A_t F(x), \quad (2.47)$$

implicando que:

$$y_{t+1} = \gamma y_t \quad (2.48)$$

A trajetória temporal do log de produto real, $\ln y(\tau)$, com efeito, será uma variável aleatória crescente e descontínua, com o tamanho de cada passo igual a uma constante $\ln \gamma > 0$. O tempo entre cada passo corresponderá a uma sequência de variáveis aleatórias i.i.d que segue uma distribuição de Poisson com média λn . De (2.46) e $\hat{n} = N - x(\hat{\omega})$, então resulta um processo estocástico não estacionário plenamente especificado.



Supondo-se que as observações são realizadas em pontos discretos do tempo, de (2.48) temos:

$$\ln y(\tau+1) = \ln y(\tau) + \varepsilon(\tau), \quad \tau = 0, 1, \dots \quad (2.49)$$

Na medida que $\varepsilon(\tau)$ é a quantidade de inovações vezes o parâmetro $\ln \gamma$ entre o intervalo τ e $\tau+1$, então a razão $\varepsilon(\tau)/\ln \gamma$ é uma sequência de variáveis aleatórias iid que segue uma distribuição de Poisson com média λn .

O teorema do limite central estabelece que, qualquer que seja a distribuição original, uma variável aleatória iid sempre converge para uma distribuição normal (Spanos, 1986: seção 9.3). A equação (2.49) pode ser reescrita como:

$$\ln y(\tau+1) = \ln y(\tau) + \lambda n \ln \gamma + e(\tau), \quad (2.50)$$

$$\text{Onde: } e(\tau) \equiv \varepsilon(\tau) - \lambda n \ln \gamma.$$

A parte não sistemática, $e(\tau)$, é uma variável aleatória iid., que apresenta média zero e variância constante:

$$E(e(\tau)) = 0 \text{ e } \text{var } e(\tau) = \lambda n (\ln \gamma)^2 \quad (2.51)$$

A partir de (2.50) e (2.51), a sequência discreta do log do produto segue um processo estocástico passeio aleatório com uma tendência positiva (*drift*). Isto implica que o presente modelo é capaz de gerar crescimento com mudanças estruturais exógenas e contínuas. Essas mudanças são exógenas no sentido de que não resultam de mudanças no fatores internos ao sistema econômico, isto é, de preferências, tecnologias do sistema e de

fatores de produção. São contínuas, por seu turno, no sentido de que não são capazes de alterar as propriedades dinâmicas do atrator estocástico.

Outras duas implicações mais relevantes para o escopo da presente tese são:

(i) se é permitida a variação aleatória do parâmetro de chegada, λ , o modelo é capaz de gerar convergência para um processo de crescimento nulo. No limite, quando o valor de desse parâmetro em um estado torna-se infinito, a taxa de crescimento média da economia tende a zero. Em outros termos, o aumento de produtividade da pesquisa em um estado pode conduzir a pesquisa a ser desencorajada no outro estado, através da ameaça da destruição criativa, de forma a eliminar o crescimento; e

(ii) a capacidade de gerar um *2-cycle* que é um equilíbrio de *perfect foresight* no qual a quantidade de pesquisa oscila entre um alto e um baixo valor com cada inovação, ou, vale dizer, a capacidade de proporcionar uma tendência estocástica junto com um ciclo periódico e regular. A expectativa de muita pesquisa em intervalos ímpares desencoraja a quantidade de pesquisa em intervalos pares por: (a) aumentar a probabilidade de destruição criativa; e (b) aumentar o salário que deve ser pago pelo monopolista que adquire a próxima patente. De forma simétrica, a expectativa de um volume de pesquisa em intervalos pares incentiva a pesquisa em intervalos ímpares. Em suma, na medida em que as oscilações são periódicas e regulares, o modelo é capaz de gerar novamente, apesar de um padrão mais complicado, crescimento com mudanças estruturais exógenas e contínuas - como na representação passeio aleatório com uma tendência positiva - porém jamais mudanças estruturais endógenas e descontínuas.

2.7. Conclusões.

No presente capítulo procuramos mostrar como as novas teorias neoclássicas do crescimento econômico constituem uma ramificação da macroeconomia novo-clássica. Três características gerais e comuns permitem afirmar isso:

(i) os microfundamentos da coordenação e da mudança econômica fundamentam-se na hipótese de agentes representativos com preferências e tecnologias estacionárias e bem definidas, que buscam maximizar uma função utilidade ou lucro, assim como na hipótese de interações de equilíbrio de *perfect foresight* ou de expectativas racionais entre tais agentes. A presença exclusiva de racionalidade substantiva na formação de expectativas sobre as variáveis relevantes equivale a tomar a oferta de cada bem econômico como sempre igual a sua demanda. Na primeira geração de modelos de crescimento endógeno, a tomada de decisões ótimas reciprocamente consistentes dependeria de expectativas perfeitas sobre as taxas de salários e de juros. Na segunda geração, por sua vez, as mesmas decisões dependeriam de expectativas perfeitas quanto à trajetória temporal do fluxo de lucros proveniente de uma inovação e, ao mesmo tempo, de expectativas tecnológicas perfeitas ou racionais sobre a evolução do conhecimento tecnológico agregado. Em suma, as hipóteses de *perfect foresight* e de expectativas racionais cumprem papel fundamental na existência, unicidade e estabilidade do equilíbrio em todos os mercados;

(ii) a concepção subjacente de economia é aquela de uma ciência exata, baseada estritamente em argumentos demonstrativos. Somente as hipóteses teóricas que tornam possível formular modelos econômicos formais analisados por técnicas de otimização dinâmica (a programação côncava, o cálculo de variações e a teoria do controle ótimo), que conduzem sem equívocos a resultados particulares ou a proposições refutáveis, são aceitas como científicas. A principal evidência disso é que as hipóteses de retornos crescentes externos e/ou de concorrência monopolística tornam

possível deduzir, a taxa de crescimento agregada, com precisão a partir de parâmetros que descrevem as preferências e as tecnologias individuais, bem como a partir do nível ou da taxa de crescimento de fatores de produção exógenos; e

(iii) representações para o crescimento econômico consistem em: o crescimento nulo (o *stationary state*); o crescimento constante sem mudanças estruturais (o *steady state*) e o crescimento cíclico com mudanças estruturais, porém exógenas e contínuas (o *unsteady growth*). Outra predição empírica é a de que o capital humano e o investimento físico são as fontes do crescimento econômico sustentado. Conforme visto no capítulo 1, tais predições empíricas enquandram-se no caso particular do fluxo circular.

No que tange à primeira geração de modelos de crescimento endógeno, verifica-se que, ao adotar a hipótese de retornos crescentes externos compatível com a hipótese de equilíbrio competitivo, representa apenas uma extensão coerente da abordagem novo-clássica para o âmbito da teoria do crescimento econômico. A segunda geração, por sua vez, na medida que adota não só a hipótese de retornos crescentes, mas também e sobretudo a hipótese de concorrência monopolística em alguns setores da economia, representa um avanço da macroeconomia novo-clássica, em termos de técnicas de modelagem. Conforme visto no capítulo 1, seria possível somente através da aplicação da hipótese de equilíbrio competitivo (concorrência perfeita em todos setores da economia) deduzir o comportamento agregado da economia, a partir de parâmetros que descrevem preferências e tecnologias individuais. Como a solução da economia descentralizada difere da solução do problema do planejador central, uma das principais implicações do abandono da hipótese de equilíbrio competitivo é o espaço que as políticas indiretas de formação de capital humano ou capital físico adquirem.

As novas teorias neoclássicas do crescimento econômico, portanto, têm sua capacidade de descrição, explicação e previsão limitada a fenômenos (interpretáveis, na melhor das hipóteses, como realizações de processos estocásticos estacionários e ergódicos) do fluxo circular (*stationary state*, *steady growth* e *unsteady growth*). Nesse sentido, são capazes de proporcionar somente uma abordagem teórica particular.

Constata-se, também, que tais microfundamentos não geram resultados analíticos robustos, comprometendo a dinâmica comparativa. Os modelos de crescimento endógeno geralmente são instáveis: geram equilíbrios instáveis. Para a solução desse problema de instabilidade estrutural, adota-se a hipótese *ad hoc* de equilíbrio ponto-de-sela, o qual seria constituído de um ramo estável e outro instável. E através da utilização também *ad hoc* da condição de transversalidade ou da suposição de que o mundo empírico é estável, seleciona-se o ramo estável. Com efeito, a solução é estável, mas o modelo continua a ser instável³⁶.

Em outros termos, a suposição de perfeita previsibilidade da parte sistemática do processo econômico torna as novas teorias neoclássicas do crescimento econômico restritas a sistemas dinâmicos com atratores caracterizados por uma topologia simples, a saber: (i) lineares (ponto fixo); (ii) não lineares de dimensão muito baixa (ponto fixo ou ciclo limite); e (iii) processos estocásticos estacionários e ergódicos.

Isto significa circunscrever a validade de tais modelos a certos tipos de fenômenos: os periódicos que apresentam alto grau de regularidade. Com efeito, possuem uma capacidade muito pequena de reproduzir (simular, imitar) os aspectos essenciais do fenômeno do crescimento econômico, cujo padrão típico de comportamento é aperiódico e apresenta elevado grau de

³⁶ Sobre as propriedades das soluções de modelos novo-clássicos ver Vercelli (1991) ou Coricelli et alii (1988).

irregularidade. Sua capacidade de representação limitada, por sua vez, torna-os capazes de proporcionar uma abordagem particular ao fenômeno do crescimento econômico, vale dizer: geram em menor grau e/ou com menor precisão o subconjunto de fatos estilizados gerados, por exemplo, pelos modelos evolucionistas, conforme veremos.

Com efeito, cumpre observar as dificuldades de adequação, diante dos fatos estilizados, de algumas das predições extraídas dos modelos das seções anteriores (Fagerberg, Verspagen & Tunzelman, 1994; Verspagen, 1993: seção 10.1), a saber:

(i) variáveis relacionadas a capital humano, P&D e investimento físico se destacam como os principais indicadores para distinguir empiricamente entre os países que realizarão *catching up* ou não; e

(ii) o resultado analítico é o de que uma taxa de crescimento de equilíbrio é encontrada no longo prazo, na situação de crescimento equilibrado. Isto implica dizer que o sistema econômico, em algum ponto no tempo, fixa-se em uma situação com diferenciais de taxas de crescimento fixos entre diferentes economias. Sendo assim, mudanças nestes diferenciais podem ser induzidas por mudanças nos parâmetros ou variáveis exógenas, mas não por comportamento endógeno dos agentes no modelo. Em alguns casos, a taxa de crescimento de equilíbrio não é fixada, mas tem um padrão regular mais complicado, como, por exemplo, um ciclo econômico (Aghion & Howitt, 1990). Entretanto, mesmo nos caso de um ciclo de crescimento, o padrão regular que o modelo gera não pode ser mudado sem mudanças em parâmetros ou variáveis exógenas. Com efeito, para as novas teorias do crescimento neoclássicas a regularidade é a característica mais importante do crescimento econômico.

As predições empíricas apontam na direção de que as novas teorias do crescimento neoclássicas têm dificuldades ou não são capazes de explicar algumas das características essenciais do fenômeno do crescimento

econômico, a saber: a instabilidade e a bifurcação de trajetórias de crescimento, o *falling behind* e o *forging ahead* (Dosi; Freeman & Fabiani; 1994). Os testes empíricos e a literatura histórica também têm apresentado resultados que vão contra tais previsões empíricas: por exemplo, a característica básica de trajetórias de crescimento é a presença de irregularidades; e o maior nível de capital humano ou de P&D nem sempre garante taxas de crescimento maiores para os países (Jones, 1995; Fagerberg; Verspagen & Tunzelman, 1994).

CAPÍTULO 3 - O PARADIGMA EVOLUCIONISTA: UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA GERAL.

Nelson & Winter (1982) propõem uma abordagem metodológica alternativa àquela defendida por Lucas. Este capítulo descreve e discute a natureza e as implicações teóricas de sua abordagem metodológica evolucionista para a dinâmica econômica. O foco de análise está em seus microfundamentos da coordenação e da mudança econômica, em sua concepção de ciência econômica e em seu escopo de validade empírica, ou seja, nos três aspectos que orientaram a apresentação dos modelos de crescimento endógeno.

Busca-se ressaltar que, diferentemente do caso da abordagem novo-clássica, a evolucionista enfatiza a racionalidade limitada de agentes heterogêneos, as interações de não-equilíbrio, a incerteza e os métodos não demonstrativos. Com efeito, atribui papel fundamental à complexidade, ao desequilíbrio, à instabilidade dinâmica e estrutural, bem como à irreversibilidade do tempo. Destaca-se também que a concepção de ciência econômica evolucionista não exclui argumentos não demonstrativos que conduza a resultados plurideterminados ou indeterminados, os quais resultam em modelos analíticos ou para simulação que operam geralmente em desequilíbrio.

A partir disso, argumenta-se, no presente capítulo, que a abordagem metodológica evolucionista, em contraste com a novo-clássica, pode ser tomada como referência para o estudo do processo de desenvolvimento econômico marcado pela inovação e pelas mudanças estruturais irreversíveis, endógenas e descontínuas.

O argumento básico está desenvolvido em quatro seções. Na primeira, busca-se mostrar como os microfundamentos evolucionistas da coordenação

e da mudança econômica proporcionam uma abordagem não reducionista da dinâmica econômica. A segunda seção, por sua vez, apresenta a evidência de que a teoria de Nelson & Winter é aplicável aos processos marcados pela inovação e pelas mudanças estruturais, endógenas, descontínuas e irreversíveis. A terceira seção complementa as duas anteriores, discutindo a concepção de ciência econômica evolucionista, a qual não só explica e justifica a opção teórica realizada por Nelson & Winter, mas também a possibilidade de tratar de eventos não estritamente recorrentes como objeto autenticamente científicos. Posto que as contribuições evolucionistas no que se refere às relações entre os processos de concorrência e de mudança técnica, desenvolvidas ao longo dos anos 80, têm como desdobramento inevitável a busca de suas implicações macroeconômicas alternativas às novas teorias neoclássicas de crescimento econômico (cf. Canuto, 1995b), um resumo sucinto do programa de pesquisa da teoria formal evolucionista do crescimento econômico será apresentado na seção 4. Finalmente, na última seção, estão resumidos os argumentos básicos do presente capítulo.

3.1. A Visão Econômica de Nelson e Winter.

O conceito geral de teoria evolucionista envolve os seguintes elementos (Nelson, 1995):

(i) seu foco de atenção está no movimento de uma variável ou conjunto delas ao longo do tempo e a preocupação teórica está voltada à compreensão do processo dinâmico por trás da mudança observada: a análise é expressamente dinâmica;

(ii) a explicação envolve tanto elementos aleatórios que geram ou renovam variações nessas variáveis como, ao mesmo tempo, mecanismos que sistematicamente selecionam entre tais variações; e

(iii) existem fortes tendências inerciais preservando a unidade fundamental de seleção (os genes) e/ou as entidades (os fenótipos) que vão sobrevivendo ao processo de seleção.

A preocupação central de Nelson & Winter é elaborar uma teoria da dinâmica econômica de longo prazo, na qual esta seja marcada pela incerteza, pela microdiversidade de agentes individuais e pelas surpresas estruturais. Na sua concepção as analogias mecânicas tendem a reduzir a complexidade dos determinantes (mudança de comportamentos individuais, técnica, organizacional e institucional) e dos aspectos essenciais da dinâmica econômica, de um modo inapropriado ou distorcido, no sentido de que enfraquece a possibilidade de sua descrição, explicação ou previsão; enquanto que as analogias biológicas, por sua vez, proporcionam uma abordagem não reducionista do mesmo fenômeno, fortalecendo a possibilidade de sua compreensão (Nelson & Winter, 1982).

Em função disso, rejeitam o método de equilíbrio em favor de um método de não-equilíbrio, no qual os fenômenos econômicos são vistos como realizações de processos evolucionários de aprendizado e seleção ambiental altamente imperfeitos, porém, ao mesmo tempo, altamente inovativos. O núcleo de suas contribuições consiste na aplicação coerente do método de não-equilíbrio, o qual compreende a aplicação simultânea de dois princípios ou fundamentos comportamentais, a saber (Dosi & Nelson, 1994):

(i) que processos de aprendizado cumulativo que envolvem adaptações imperfeitas e, ao mesmo, descobertas *mistake-ridden*, governam o comportamento de agentes econômicos; e

(ii) que alguns mecanismos de seleção impõe prêmios ou castigos aos agentes econômicos e, com isso, limitam (porém não eliminam) a variedade de visões e comportamentos dos agentes econômicos.

No domínio social, todas as teorias evolucionistas de mudança têm estas características, em maior ou menor grau. Com efeito, do ponto de vista da teorização econômica, a primeira hipótese (i) é traduzida na hipótese de adoção de rotinas relativamente simples, específicas a contextos

particulares e relativamente invariantes às mudanças no ambiente econômico, para a tomada de decisões e a execução de ações. A segunda hipótese (ii), por sua vez, é traduzida na hipótese de interações de não-equilíbrio entre agentes heterogêneos: mercados e outras instituições operam como mecanismos de seleção entre agentes e tecnologias heterogêneas (Dosi, 1991a; Dosi & Fabiani, 1994).

As duas hipóteses sintetizam a visão econômica de Nelson & Winter e, ao mesmo tempo, constituem seus microfundamentos da coordenação e da mudança econômica alternativos aos propostos por Lucas (Dosi & Orsenigo, 1988). Uma das diferenças básicas dessa proposta alternativa é que segue rigorosamente as fases necessárias para formular uma teoria macroeconômica com microfundamentos sólidos (cf. seção 2.1). A fase de agregação não é “jogada debaixo do tapete”, conforme veremos na sub-seção 3.1.2. Com efeito, o comportamento agregado é visto como qualitativamente distinto do comportamento micro de agentes individuais.

Vejamos então nas sub-seções 3.1.1 e 3.1.2, em maiores detalhes, a teoria das decisões individuais, assim como a teoria das microinterações que explica uma relativa regularidade e/ou descontinuidade no comportamento agregado. A discussão de suas implicações sobre o escopo empírico da teoria de Nelson & Winter será deixada para a seção 3.2.

3.1.1. Características de comportamentos individuais: racionalidade limitada nas decisões.

Em ambientes inovativos, caracterizados pela incerteza e pela complexidade, as rotinas de otimização usualmente aplicadas em modelos neoclássicos de crescimento que dependem de *perfect foresight* ou de expectativas racionais quanto à tecnologia não são adequadas, dando lugar ao conceito de racionalidade limitada (Dosi & Egidi, 1991; Verspagen,

1993). Num contexto de racionalidade limitada, a hipótese básica é a de que os agentes seguem várias formas de comportamentos *rule-guided* que são “específicos ao contexto” e, em alguma extensão, “independentes dos eventos”, no sentido de que as ações podem ser invariantes às pequenas mudanças na informação com respeito ao ambiente. No mesmo contexto, os agentes experimentam e eventualmente descobrem novas regras, continuando assim a introduzir novidades comportamentais no sistema (Dosi & Nelson, 1994).

A adoção de rotinas, diante de condições de incerteza, se deve exatamente ao fato das decisões serem em geral imperfeitas. Os resultados de decisões sob condições de incerteza não são previsíveis e nem assegurados e, ao mesmo tempo, só passíveis de correção com altos custos (Heiner, 1988; Possas, 1989: 160).

Justamente como não há nada que garanta, em geral, a otimalidade destas rotinas, estarão sempre presentes oportunidades nocionais para a descoberta de “melhores” das mesmas e, com isso, também a possibilidade/oportunidade permanente para a busca e a novidade (mutações). Em outras palavras, os fundamentos comportamentais de teorias evolucionistas estão apoiados em processos de aprendizado envolvendo adaptação imperfeita e descobertas *mistake-ridden* (Dosi & Nelson, 1994). Nesse aspecto, os agentes com racionalidade limitada são muito menos capazes de prever e calcular comportamentos de equilíbrio do que comumente suposto, mas são continuamente preparados para (imperfeitamente) ajustar-se ao inesperado e, ao mesmo tempo, gerar e imitar novidades (Chiaromonte & Dosi, 1992).

3.1.2. Características de ambientes econômicos: interações de não equilíbrio entre agentes heterogêneos.

Como já vimos acima, as características individuais de agentes não são suficientes para a compreensão da dinâmica de variáveis agregadas. Sendo assim, vejamos a seguir os microfundamentos associados aos itens (ii) e (iii) da seqüência de Malinvaud (1981) referida no início do capítulo anterior.

Em ambientes inovativos, caracterizados pela incerteza e pela complexidade, as habilidades individuais de prever a tecnologia e os comportamentos dos outros são altamente imperfeitas, em grande parte devido ao próprio critério de seleção ser endógeno. Geralmente cada agente se defronta com expectativas não cumpridas e com a falta de correspondência entre decisões, ações e planos *ex ante* e realizações *ex post*. Com efeito, as interações entre agentes econômicos são tipicamente de desequilíbrio (Higachi, Canuto & Porcile, 1996).

Tais interações, por sua vez, estabelecem um tipo de “externalidade” pela qual os participantes individuais do “jogo evolucionário” aprendem, são selecionados, crescem ou morrem. Isto implica que os comportamentos de desequilíbrio e as distribuições de características dos agentes afetam os estados assintóticos e, ademais, pode ser que alguma “ordem” na mudança seja o resultado coletivo de explorações, em desequilíbrio, de oportunidades ainda desconhecidas, antes do que da improvável convergência para crenças unânimes sobre as características de um mundo estacionário (Coricelli; Dosi & Orsenigo, 1991).

A diversidade entre os agentes, juntamente com o fato de que nenhum deles é capaz de calcular *ex ante* o equilíbrio onde as ações individuais sejam reciprocamente consistentes, implicam que a concorrência é um

processo em desequilíbrio permanente. Seus resultados são também variações nos parcelas de mercado e nos lucros de firmas individuais.

Assim, a dinâmica de mercado opera como mecanismo de seleção entre agentes heterogêneos (agindo sobre a competitividade relativa de atores individuais) e como uma poderosa fonte de incentivos para explorações inovadoras, antes do que como alocadora ótima de recursos. Nesse sentido, seu papel é fomentar a coordenação *ex post* entre agentes heterogêneos, assim como a mudança econômica. Estes mecanismos de seleção são proporcionados de modo característico por distintas formas de concorrência nos mercados de produto e por algumas normas de alocação nos mercados financeiros (Dosi, 1991b).

Do exposto, pode-se deduzir o microfundamento de que o ambiente econômico opera geralmente longe de posições de equilíbrio: (i) os agentes individuais, caracterizados por várias e permanentes formas de diversidade, concorrem sobre a base de suas descobertas tecnológicas específicas e suas regras de comportamento (em cada indústria); e (ii) as interações de mercado determinam também ajustamentos intersetoriais na demanda, nos preços e, no final, nos níveis e mudanças de variáveis macroeconômicas (Chiaromonte & Dosi, 1992).

Em suma, a abordagem evolucionista sugere que, tanto a coordenação, quanto a mudança econômica, estão apoiadas em microprocessos - irreversíveis e institucionalizados - de aprendizado e seleção ambiental altamente imperfeitos, porém inovativos. Propõe tal fundamento em lugar da uniformidade e da racionalidade substantiva de agentes econômicos. Adicionalmente, tais microprocessos de aprendizado e seleção podem gerar, em circunstâncias distintas, regularidades agregadas ou, alternativamente, instabilidades e descontinuidades (Coricelli, Dosi & Orsenigo, 1991).

Justamente por não reduzir o aprendizado a um fenômeno de equilíbrio e, ao mesmo tempo, por atribuir papel relevante para o mercado e para outras instituições enquanto mecanismos de seleção é que o progresso das teorias evolucionistas não está bloqueado em direção a abordar as fontes mais profundas do crescimento econômico: a mudança técnica, organizacional e institucional, ou seja, a “destruição criadora” de Schumpeter (Dosi, Freeman & Fabiani, 1994).

3.2. O Escopo Empírico da Teoria Macroeconômica de Nelson & Winter.

A presente seção argumenta que o escopo empírico da teoria de Nelson & Winter abrange o caso geral da dinâmica de sistemas econômicos complexos ou caóticos cujas propriedades típicas incluem a instabilidade (dinâmica e estrutural) e a multiplicidade de atratores fractais³⁷ e, deste modo, o caso geral do desenvolvimento econômico. O argumento central é o de que a teoria (micro e macro) de Nelson & Winter, por não ser reducionista, é capaz de tornar possível uma análise rigorosa da mudança estrutural irreversível, endógena e descontínua.

3.2.1. Sistemas dinâmicos não lineares com modo de comportamento geral : caos determinístico.

Ao contrário da teoria de Lucas, a teoria das decisões individuais baseada na hipótese de racionalidade limitada ou de adesão a rotinas se aplica a ambientes econômicos marcados pela incerteza forte sobre os processos econômicos. Em um contexto de incerteza, o comportamento de um agente com racionalidade substantiva não afetado por um *hiato* C-D para identificar corretamente sinais ambientais seria extremamente irregular (então imprevisível), visto que ele instantaneamente responderia a qualquer

³⁷ No sentido de que a dimensão do atrator é fracionária e não inteira como a do espaço Euclidiano.

perturbação para manter ou recuperar o estado ótimo. Porém, no mesmo contexto, o comportamento de um agente com racionalidade limitada afetado por um *hiato* C-D, pode ser muito mais regular (e assim previsível) do que o ambiente (Heiner, 1983 e 1988; Dosi&Egidi, 1991).

Segue-se que, mesmo diante de uma situação de incerteza, o comportamento econômico de agentes individuais com racionalidade limitada que aderem a rotinas (em suas decisões e expectativas) será relativamente regular e previsível. As regularidades comportamentais, por sua vez, serão de primeira ordem, no sentido de que não requerem manipulações teóricas e estatísticas para serem identificadas.

Com efeito, a hipótese de adesão a rotinas relativamente simples torna possível uma teoria rigorosa das decisões em um ambiente caracterizado por forte incerteza. Este fato, além de remover uma objeção à análise de mudança estrutural exógena, torna possível uma análise rigorosa da mudança estrutural endógena que implique uma irreduzível não estacionariedade e/ou não ergodicidade do processo estocástico (Vercelli, 1991: 84-85).

Por seu turno, a hipótese de interações de não-equilíbrio entre agentes heterogêneos permite considerar a possibilidade de inconsistências *ex ante* de decisões e ações individuais e, nesse sentido, atribui um papel fundamental às microinterações de um conjunto de indivíduos heterogêneos atuando em ambientes não estacionários. Como as interações entre agentes individuais impõem restrições sobre o comportamento individual de outros agentes, o comportamento agregado se apresenta qualitativamente distinto do comportamento micro de agentes individuais. Como também, por outro lado, as interações operam como mecanismo de seleção que limita (sem entretanto eliminar) a variedade de visões e comportamentos dos agentes econômicos, torna-se possível a emergência de padrões relativamente

ordenados de mudanças não intencionais (Coricelli&Dosi, 1988; Dosi&Orsenigo, 1988).

Em contraste com o comportamento microeconômico de agentes individuais, as regularidades macroeconômicas serão de segunda ordem. Para a sua correta identificação tornam-se necessárias manipulações teóricas e estatísticas.

Em outros termos, as microinterações engendram significativas e persistentes não linearidades no ambiente econômico, as quais, junto com o número elevado de variáveis de estado (número de agentes individuais sob interação), constituem as condições necessárias para a emergência da dinâmica complexa ou caótica. A esse respeito, a dinâmica não linear já mostrou que sistemas dinâmicos não lineares com dimensão elevada, em geral, apresentam dinâmica complexa (ou caótica), cujas trajetórias temporais são imprevisíveis a médio e longo prazo, mesmo se conhecendo suas leis de movimento, devido a dependência sensível às condições iniciais (cf. cap. 1).

Uma das características peculiares da teoria de Nelson & Winter, portanto, é a de que seu poder de descrição, explicação e previsão incorpora sistemas econômicos que tenham um atrator com topologia estranha (atrator fractal ou caos determinístico) e, com efeito, muito prováveis de se encontrar no mundo real. Logo, tal teoria é capaz de abordar os fenômenos macroeconômicos com padrões de comportamentos aperiódico, os quais podem ser previsíveis a curto prazo, porém totalmente imprevisíveis a médio e a longo prazo.

3.2.2. O caso geral do desenvolvimento econômico.

No sentido de compreender a significância e o potencial analítico da hipótese de interações de não equilíbrio entre agentes heterogêneos em sua plenitude, torna-se necessário novamente focalizar sobre o processo cognitivo-decisional, isto é: sobre a interação entre o processo cognitivo e o processo de decisão de agentes econômicos.

Em contraste a hipótese de expectativas racionais (ou de previsão perfeita), a hipótese de interações de não equilíbrio significa a ausência de consistência *ex ante* de planos individuais. Como isto implica que os processos estocásticos são não estacionários e não ergódicos e, ao mesmo tempo, que os agentes econômicos cometem erros sistemáticos *ex post* em prever o futuro, do ponto de vista do método de não equilíbrio proposto por Nelson & Winter, um equilíbrio cognitivo-decisional deixa de ser interpretado como objetivo e permanente e passa a ser considerado como um equilíbrio transitório que não é necessariamente fundamental, vale dizer: a história de fatos e idéias é completamente relevante. Tal hipótese é então compatível com o exercício de racionalidade em todas as suas dimensões, no sentido que captura uma dimensão específica da racionalidade humana: a racionalidade criativa.

Disso resulta outra característica peculiar da teoria de Nelson & Winter que a torna distinta em relação à teoria de Lucas, a sua capacidade de tratar também da instabilidade dinâmica e estrutural, assim como da multiplicidade de atratores. A teoria evolucionista, portanto, torna possível uma análise rigorosa da mudança estrutural endógena, descontínua e irreversível.

Em suma, a teoria de Nelson & Winter consegue capturar todas as dimensões do exercício da racionalidade humana (limitada e criativa), diante

de condições de incerteza ambiental, tornando possível uma abordagem de fenômenos aperiódicos e imprevisíveis a médio e longo prazo, observáveis frequentemente em sistemas econômicos complexos, caracterizados por um atrator com uma topologia estranha (atrator fractal) que podem ser instáveis e/ou indeterminados. Ela pode ser aplicável em uma análise rigorosa da mudança estrutural endógena e descontínua e, portanto, para o estudo do caso geral do desenvolvimento econômico.

3.3. A Concepção de Ciência Econômica de Nelson e Winter.

A concepção de economia de Nelson & Winter pode ser encontrada na discussão desses autores sobre a natureza da teorização fértil em economia. De acordo com Nelson & Winter, a concepção que aceita como teoria somente argumentos expressados matematicamente e traça uma linha relativamente forte entre teorização e exploração empírica ou descrição é estreita. Na opinião destes autores, existe um *continuum* em economia entre teorias expressadas verbalmente e teorias expressadas matematicamente e, quando o esforço intelectual em economia está indo bem, os dois estilos de teorização trabalham juntos. Argumentam que, devido à complexidade dos processos econômicos e dos mecanismos operativos subjacentes à dinâmica das economias de mercado, o esforço de teorização econômica opera em pelos menos dois níveis distintos de abstração ou formalidade: a teorização apreciativa e a teorização formal (Nelson & Winter, 1982: 46-48; Nelson, 1996: 5-6).

A teorização apreciativa corresponde a descrições e explicações, em sua maior parte expressadas verbalmente, quando os economistas estão prestando considerável atenção aos detalhes do que está ocorrendo. Apesar de boa parte da teorização em explicações históricas estar implícita, de ser uma teorização relativamente mais próxima ao trabalho empírico detalhado e de suas expressões serem em palavras não em símbolos formais, esta

descrição e explicação do que está acontecendo é certamente uma forma de teorização. Isto porque certas variáveis e relacionamentos são tratados como importantes e outros são ignorados, mediante argumentos causais implícitos.

Os resultados da teorização apreciativa proporcionam tanto um guia como interpretação para a pesquisa empírica como para a pesquisa teórica. Por exemplo, é fundamental possuir uma teoria apreciativa razoavelmente bem elaborada, antes de formular uma teoria formal. Senão haveria poucas restrições impedindo que a modelagem formal se tornasse auto-referenciada, perdendo completamente o contacto com os fenômenos reais que se propõe a descrever e a explicar. Em suma, Nelson & Winter argumentam que, como a maioria dos principais *insights* teóricos sobre os determinantes e os aspectos da dinâmica econômica são provenientes da busca indutiva que denominam de teorização apreciativa, esta é fundamental para o esforço de teorização econômica em geral (Nelson, 1994a).

A característica peculiar da teoria apreciativa é tratar de processos econômicos complexos que envolvem incerteza, diversidade de características e comportamentos de indivíduos e organizações e surpresas estruturais. Com efeito, seus argumentos causais geralmente são complexos no sentido de que conduzem a resultados plurideterminados ou indeterminados sobre a dinâmica econômica de longo prazo, tornando-se inexorável a adoção de uma visão de não-equilíbrio para os resultados da teorização apreciativa. Vale dizer: a dinâmica econômica pode apresentar um atrator com as propriedades de dependência sensível às condições iniciais, de instabilidade dinâmica e estrutural, ou ainda pode apresentar múltiplos atratores estáveis e/ou instáveis. Uma visão de equilíbrio exigiria uma simplificação dos resultados da teoria apreciativa a tal ponto que seus principais *insights* teóricos envolvendo mudanças qualitativas seriam necessariamente desconsiderados ou distorcidos (Nelson, 1995).

Quando há uma teoria apreciativa razoavelmente bem elaborada, a teorização formal pode constituir um processo muito útil do esforço intelectual. A informalidade da teorização apreciativa torna difícil verificar a consistência lógica e a exatidão dos argumentos causais naquela teoria. O exercício e a disciplina de formalizar o argumento pode revelar em muito o que é incompleto ou problemático na estória causal apreciativa.

Muito é aprendido mesmo antes de uma teoria formal estar plenamente desenvolvida para servir como uma máquina analítica. No processo de formalização, por exemplo, pode-se descobrir que vários argumentos causais se verificam formalmente apenas se assumirmos certas suposições auxiliares. Por outro lado, uma vez o modelo formal esteja pronto para a simulação lógica ou numérica por computador, pode-se descobrir que as conclusões hipotetizadas se mantêm somente para certos conjuntos de valores de parâmetros ou que o modelo gera certos tipos de resultados sobre os quais a teoria apreciativa era completamente muda. Em ambos os casos, é necessário revisar, qualificar ou estender a teoria apreciativa, ou pelo menos aprender a interpretá-la de uma forma diferente em termos de como ela pode ser apropriadamente formalizada.

Se uma das características da teoria apreciativa é contar estórias que estejam próximas ao objeto empírico, uma das características da teorização formal é a organização de uma estrutura abstrata para capacitá-la a explorar, descobrir e verificar conexões lógicas. Uma adequada teorização formal usualmente conterà menor número de lacunas estritamente lógicas e será mais consistente com os dados empíricos. Suas inferências lógicas também tenderão a ter uma alcance mais amplo do que aquelas da teorização apreciativa. Destarte, a tentativa de incorporar as compreensões da teoria apreciativa em forma estilizada pode identificar lacunas lógicas ou insuficiências teóricas nas estórias verbais, e sugerir novas variáveis, novos mecanismos e conexões a explorar. Logo, a teoria formal pode não só

seguir a teoria apreciativa, seja confirmando, corrigindo ou ajustando-a: pode também conduzi-la para novas arenas ou em novas direções (Nelson, 1994b: 292-3). Já quando a teorização formal não presta atenção em - ou tem pouco contacto com - os resultados da teorização apreciativa, o esforço teórico formal torna-se auto-referenciado e perde muito de seu contacto com os fenômenos reais que se propõe a compreender, desconsiderando ou distorcendo as mudanças históricas qualitativas associadas.

Finalmente, uma teoria apreciativa baseada em argumentos não demonstrativos ou argumentos causais complexos, por sua vez, é compatível com uma teoria formal baseada em modelos analíticos ou para simulação por computador de desequilíbrio contínuo, capazes de gerar resultados plurideterminados ou indeterminados.

Trata-se então de discutir a natureza e as implicações teórico-metodológicas da concepção de ciência econômica de Nelson & Winter, comparando-a com a de Lucas.

Visto que atribuem um papel fundamental para os resultados da teorização apreciativa no esforço de teorização econômica, para Nelson & Winter a economia é inexoravelmente uma ciência não exata, em oposição a Lucas, que considera a economia uma ciência exata. Tanto a microeconomia quanto a macroeconomia são tomadas como disciplinas não demonstrativas. Assim, um dos aspectos do paradigma científico de Nelson & Winter consiste no postulado implícito de que os argumentos teóricos que conduzem a resultados múltiplos ou indeterminados, não são de antemão rejeitados como não-científicos: *"(...)It is clear that one of the appeals of evolutionary theorizing about economic change is that that mode of theorizing does seem better to correspond to the actual complexity of the processes, as these are described by the scholars who have studied them in detail. There is no question that, in taking aboard this complexity, one often*

ends up with a theory in which precise predictions are impossible or highly dependent on particular contingencies, as is the case if the theory implies multiple or rapidly shifting equilibria, or if under the theory the system is likely to be far away from any equilibrium, except under special circumstances. Thus an evolutionary theory not only may be more complex than an equilibrium theory. It may be less decisive in its predictions and explanations. To such a complaint, the advocate of an evolutionary theory might reply that the apparent power of the simpler theory in fact is an illusion...Such a framework would help us see and understand better the complexity of the economic reality... But it will not make the complexity go away.” (Nelson, 1995: 85-86).

A aceitação *a priori* de argumentos não demonstrativos como científicos, por sua vez, amplia significativamente a faixa de opções teóricas e metodológicas. Com isso, retira a necessidade de abstrair ou distorcer aspectos essenciais do objeto de análise tanto quanto o seja necessário para tornar os argumentos demonstrativos aplicáveis, como acaba fazendo Lucas.

Em outros termos, a concepção de Nelson & Winter de ciência econômica consideravelmente amplia o conjunto de hipóteses reconhecíveis como de tratamento científico. Mais ainda, do ponto de vista formal, pode-se aceitar não somente modelos analíticos de equilíbrio, como também melhores observações verbais sobre o mundo e, ao mesmo tempo, modelos analíticos e de simulação numérica de economias e mundos artificiais que operem em desequilíbrio contínuo, capazes de gerar resultados multideterminados ou indeterminados. Por último, em contraste com a visão de Lucas a respeito do papel da teorização formal, Nelson & Winter consideram que a teorização formal não tem por propósito verificar se uma teoria implica proposições diretamente refutáveis, mas sim confirmar os argumentos causais complexos, retificar as lacunas teóricas e lógicas ou

reorientar o próprio esforço da teorização apreciativa (Nelson & Winter, 1982: cap. 2).

A aceitação da simulação por computador, como umas das técnicas fundamentais para desenvolver uma teoria formal evolucionária, amplia significativamente as possibilidades de uma abordagem matemática de fenômenos não recorrentes que apresentem as propriedades qualitativas de desequilíbrio contínuo, instabilidade dinâmica e estrutural e a irreversibilidade do tempo (cf. cap. 2: seção 1.4). Segue-se que a capacidade de imitação de modelos evolucionistas não é limitada a fenômenos recorrentes com elevado grau de regularidade, como é o caso de modelos analíticos de equilíbrio. Ao contrário, aqueles tipos de modelos têm uma capacidade de adaptação muito grande e proporcionam uma imitação adequada no caso de surpresas estruturais endógenas ou exógenas. Por isso, o objeto de análise tanto pode ser os processos estocásticos não estacionários e não ergódigos como seu equivalente, a saber, sistemas dinâmicos não lineares que apresentem dinâmica complexa.

Em suma, Nelson & Winter atribuem um papel fundamental à teorização apreciativa e à teorização formal que tratam de argumentos causais complexos envolvendo incerteza, diversidade e surpresas estruturais. Com isso, não descartam *a priori* como não-científicos, os argumentos teóricos não demonstrativos e, os modelos analíticos ou de simulação numérica que operem em desequilíbrio contínuo, capazes de gerar resultados plurideterminados ou indeterminados. Logo, fenômenos não estritamente recorrentes também são objeto de tratamento científico dentro de uma perspectiva evolucionista.

3.4. Modelos Evolucionistas de Crescimento Endógeno: Uma Abordagem Teórica Geral.

Basicamente a elaboração de modelos evolucionistas de crescimento e de comércio tem seguido três linhas de investigação distintas (Dosi, 1991b). A descrição de tais modelos, a seguir, se restringe a uma apresentação de um resumo sucinto, cujas formalizações explícitas serão deixadas para o capítulo 4.

Uma primeira via de investigação evolucionista estabelece os microfundamentos explícitos da dinâmica observada de variáveis agregadas, no processo de aprendizado e na concorrência de mercado entre agentes heterogêneos atuando em ambientes marcados pela incerteza e complexidade. O suposto de interpretação geral é o de que as regularidades agregadas constituem propriedades, geradas e sustentadas pela complexa estrutura de retroalimentações positivas (e negativas) ligadas ao aprendizado e à concorrência.

Em essência, os modelos desta classe representam as mudanças na competitividade de cada unidade microeconômica (seja uma empresa ou país) como resultado de sua capacidade de inovação e/ou imitação, bem como do comportamento individual. De modo associado a isso, a concorrência entre unidades microeconômicas, caracterizadas por diferentes níveis de competitividade, resulta em variações de suas quotas relativas de mercado e, além disso, em uma dinâmica agregada. Os modelos deste tipo têm sido aplicados principalmente a esquemas de economia fechada.

O objetivo geral é descobrir os padrões de mudança técnica e sua relação com o desenvolvimento econômico de longo prazo que se desdobra nas seguintes questões:

(i) investigar a hipótese de que as características básicas de séries de tempo agregadas empíricas podem, de fato, ser reconstruídas teoricamente e interpretadas como o resultado de um processo de auto-organização dirigido por processos de aprendizado endógeno e por seleção de mercado (Nelson & Winter, 1982; Winter, 1984; Silverberg, Dosi e Orsenigo, 1988; e Chiaromonte & Dosi, 1992);

(ii) analisar a possível existência de relações entre flutuações macroeconômicas com os padrões de mudança técnica, assim como a hipótese altamente contestada de ondas longas (Silverberg & Lehnert, 1994; Schuette, 1994). Estes autores mostram que a condição suficiente (ainda que não necessária) para a ocorrência de flutuações persistentes em series de tempo agregadas é a emergência estocástica de inovações, incorporadas em bens de capital com difusão em uma taxa proporcional a sua lucratividade, ou ainda, a mudança nas políticas de substituição de safras de capital;

(iii) mostrar que, mesmo numa perspectiva de longo prazo, o *steady state* em uma economia de mercado caracterizada por processos de difusão continua é irrelevante, de modo que, ao contrário de valores de *steady state*, a análise deve ser focalizada sobre valores médios ao longo do tempo. O processo de difusão, deixado por si próprio, levaria ao final a um *steady state*. Mas este processo de seleção equilibrante é perturbado de modo intermitente pela introdução de novas tecnologias que persistentemente levam a economia para longe do respectivo “velho” *steady state* (Englmann, 1994); e

(iv) a questão da emergência adaptativa de rotinas inovativas e seu efeito coletivo sobre a dinâmica de crescimento (Silverberg & Verspagen, 1994a e 1994b).

A característica peculiar da primeira geração de modelos evolucionistas é a de que proporcionam um tratamento formal nada reducionista para os determinantes e os aspectos essenciais da dinâmica econômica. Contudo, ao mesmo tempo, não são manejáveis para exercícios

de predição analítica, inclusive porque seus resultados dependem fortemente das condições iniciais supostas. O *trade-off* entre o não-reduccionismo e a possibilidade de manipulação é, no caso, enfrentado mediante o recurso a exercícios de simulação, com base em dados empíricos como ponto de partida, na calibragem de parâmetros e como ponto final na avaliação do desempenho do modelo (Higachi, Canuto, e Porcile, 1996: 26). Segue-se que modelos da primeira geração permitem mostrar que, sob condições razoáveis, os microfundamentos evolucionistas são compatíveis com os fatos estilizados (micro e macro).

Uma segunda via de investigação é coerente com os fundamentos microeconômicos antes mencionados, mas não elabora um modelo explícito do processo competitivo. Em termos gerais, seus modelos partem do ponto onde finalizam os anteriores, isto é, de diferentes dinâmicas possíveis na inovação e imitação de distintos países, investigando suas relações com os esquemas de comércio e crescimento. Trata-se de uma estratégia analítica explorada em Dosi, Pavitt e Soete (1990), Cimoli & Soete (1992), Maggi (1993), Verspagen (1993), Canuto (1995a), Cimoli (1994) e desenvolvida com um enfoque mais direto nas relações Norte-Sul em Cimoli, Dosi e Soete (1986), Cimoli (1988), Cimoli & Canuto (1997) e Canuto (1998).

A questão básica tratada é a origem e a persistência de padrões de desenvolvimento desiguais na economia. Os resultados da modelagem sugerem que a condição necessária (ainda que não suficiente) para a convergência internacional de salários e rendas é a convergência dos níveis tecnológicos e das capacidades de inovação mundial (Fagerberg; Verspagen & Tunzelman, 1994).

Um dos traços básicos desta segunda família de modelos evolucionistas é o de que servem como ábaco (calculadora teórica) que permite calcular os efeitos de mudanças na configuração de parâmetros e

nas variáveis sobre os padrões de desenvolvimento e de comércio. Outro aspecto básico é a vantagem que apresentam de ser mais manipuláveis para fins analíticos do que os modelos do primeiro grupo e, destarte, de permitirem, dentro de supostos simplificadores, a extração de implicações preditivas sem, entretanto, abstrair aspectos essenciais do crescimento, como acabam fazendo as novas teorias neoclássicas do crescimento econômico (Higachi, Canuto e Porcile, 1996: 26).

A terceira e última linha de investigação evolucionista, que emergiu no início dos anos 90, resulta do esforço de integração das duas linhas de investigação anteriores: Dosi & Fabiani (1994); Dosi, Fabiani Aversí & Meacci (1994) e Silverberg & Verspagen (1995). A preocupação básica é desenvolver um modelo geral que permita analisar os determinantes dos diversos padrões de desenvolvimento observados em nível mundial, isto é, de convergência (“*catching up*”) e divergência (“*falling behind*” e “*forging ahead*”) nos níveis e taxas de crescimento da produtividade do trabalho e da renda *per capita* de distintos países.

Do ponto de vista normativo, modelos dessa família podem ser usados analiticamente para explorar os efeitos de diferenças de parâmetros, valores iniciais de variáveis ou regras de comportamento entre países e, destarte, constituem uma alternativa aos modelos neoclássicos de crescimento endógeno para subsidiar a formulação e avaliação de políticas de desenvolvimento econômico (Canuto, 1995b: 12)

O número e a precisão de suas predições empíricas sugerem que os modelos evolucionistas proporcionam uma abordagem mais geral do que a das novas teorias do crescimento neoclássicas. Além da microestrutura que emerge ser consistente com as microregularidades (distribuição assimétrica de tamanho de firmas, diversidade persistente nas capacidades tecnológicas e nos desempenhos, endogeneidade das estruturas de mercado, etc), os

modelos ainda geram maior número de macroregularidades, quando comparado, às novas teorias do crescimento endógeno: por exemplo, *falling behind*, *forging ahead* e instabilidade e bifurcação das trajetórias de crescimento ao longo do tempo.

3.5. Conclusões.

No presente capítulo procurou-se mostrar como a abordagem metodológica evolucionista está mais apta do que a abordagem novo-clássica para tratar do processo de desenvolvimento econômico. Os argumentos básicos para isso foram:

(i) os microfundamentos da coordenação e da mudança econômica que consistem na hipótese de adoção de rotinas relativamente simples, invariáveis e específicas a contextos, bem como na hipótese de interações de não-equilíbrio entre agentes heterogêneos, capturam todas as dimensões do exercício da racionalidade (criativa e adaptativa), diante de condições de incerteza ambiental, tornando possível uma análise da mudança estrutural endógena e descontínua;

(ii) uma concepção de ciência econômica que atribua papel predominante para argumentos não demonstrativos e, por extensão, para teorias formais baseadas em modelos analíticos e de simulação numérica de mundos e economias reais operando em desequilíbrio contínuo - capazes de gerar resultados plurideterminados ou indeterminados - torna objeto de tratamento científico os fenômenos não estritamente recorrentes; e

(iii) de (i) e (ii) segue-se que a abordagem evolucionista pode ser tomada como referência para o estudo do processo econômico marcado pela inovação e pelas mudanças estruturais irreversíveis, endógenas e descontínuas. Seria capaz de proporcionar uma abordagem mais geral do que a novo-clássica para o fenômeno do crescimento econômico.

CAPÍTULO 4 - UM MODELO EVOLUCIONISTA DE CRESCIMENTO ENDÓGENO: O CASO DA AMÉRICA LATINA.

Seguindo a sequência de Malinvaud (seção 2.1), cumpre-nos agora desenvolver, no presente capítulo, um teste de falsificação empírica, fundado na comparação das descobertas teóricas com os dados empíricos. Os estudos empíricos existentes, seja no âmbito das novas teorias do crescimento, como das teorias evolucionistas, em sua maior parte focalizam os países da OECD, ou ainda, os países em geral. No presente capítulo, tomaremos como objeto de estudo as características essenciais e os determinantes do crescimento econômico de países da América Latina, desde o início do século XX. Tal período de tempo relativamente extenso é fundamental porque permite capturar a dinâmica caótica (as variações não periódicas dos produtos *per capita* reais) de crescimento de longo prazo dos países selecionados.

O presente capítulo será desenvolvido em seis seções. Os conceitos básicos e os procedimentos operacionais da técnica a ser utilizada na geração de fatos estilizados reais e simulados - a análise espectral - serão descritos de forma sucinta, na seção 4.1. Sua aplicação, por sua vez, na geração de alguns dos fatos estilizados básicos (ou traços característicos comuns) que caracterizam o fenômeno do crescimento econômico nas principais economias da América Latina será realizada na seção 4.2.

Para mostrar que as novas teorias neoclássicas do crescimento econômico geram previsões empíricas contra-factuais, aplica-se a análise espectral sobre o produto *per capita* real simulado a partir de um processo gerador de dados, passeio aleatório com uma tendência positiva (seção 4.3). Em contraste, para mostrar que as teorias evolucionistas são capazes de gerar (e explicar) os fatos estilizados básicos do crescimento econômico de longo prazo dos principais países da América Latina, na seção 4.4

descreve-se um modelo evolucionista de crescimento endógeno. Mais ainda, explora-se suas previsões empíricas através da simulação numérica na seção 4.5. A última seção (4.6) resume os argumentos básicos do presente capítulo.

4.1. A Análise Espectral.

Um dos problemas centrais do estudo de séries temporais é identificar o processo gerador de dados (PGD) subjacente. Para localizar-se a presença de processos estocásticos e de caos determinístico, existem várias técnicas disponíveis, proporcionadas pela teoria de sistemas dinâmicos. As mais conhecidas e potentes são a dimensão correlação de Grassberger-Procaccia, os expoentes característicos de Lyapunov e a estatística BDS desenvolvida por Brock, Dechert & Scheinkmann, com base na primeira técnica (ver a respeito Fiedler-Ferrara & do Prado, 1994: Parte II; Médio, 1992: cap. 14; Silverberg & Verspagen, 1994: 92-96).

No entanto, no atual estágio de desenvolvimento da teoria de sistemas dinâmicos, tais técnicas só podem ser aplicadas para séries temporais univariadas e, com efeito, muito longas (com milhares ou até milhões de observações) (cf. Barnett&Choi, 1990: cap. 8). Mesmo em séries financeiras, onde a quantidade e/ou a qualidade de dados é maior do que em séries macroeconômicas reais, tais técnicas são aplicadas com muitas restrições. Essa é uma das principais razões da análise espectral ser utilizada de modo crescente na distinção entre processos estocásticos e caos determinístico em séries macroeconômicas reais.

4.1.1. Conceitos Básicos.

A análise espectral, ou a abordagem no domínio de frequência³⁸, é uma técnica que decompõe uma série temporal complexa em oscilações de distintas frequências e estima a contribuição de cada uma delas para o seu movimento global (Silverberg & Verspagen, 1995: 212). Essa técnica pode revelar os diversos modos de comportamentos possíveis das séries temporais: estritamente periódico, quase-periódico, estocástico e caos determinístico.

Trata-se de uma aplicação do teorema de Fourier³⁹, o qual, em sua formulação geral, estabelece que qualquer função periódica de período p ou aperiódica⁴⁰, $f(t)$, pode ser escrita na forma de uma série trigonométrica convergente (Médio, 1992: cap. 5; Fiedler-Ferrara & do Carmo, 1994: pp. 284-286):

$$f(t) = A_0/2 + \sum_{k=1}^{+\infty} (A_k \cos 2\pi kt/p + B_k \sin 2\pi kt/p), \quad (1)$$

ou em uma forma mais elegante e operacional⁴¹,

$$f(\omega) = \int e^{-2\pi i \omega t} f(t) dt, \quad (2)$$

sendo que $i = (-1)^{1/2}$ e $-\infty < t < +\infty$.

³⁸ A frequência é o número (ou fração) de ciclos por unidade de tempo, geralmente denotada pelas letras gregas f , ω e ν . Visto que cada observação representa uma unidade de tempo, a frequência é calculada enquanto ciclos por observação e as frequências sucessivas como k/N ($k=0$ a $N/2$), sendo N o número de observações nas séries. O inverso da frequência é o período que consiste na quantidade de tempo necessário para se completar um ciclo completo, podendo então ser interpretado como a quantidade de observações que é requerida para completar um ciclo na respectiva frequência.

³⁹ Uma discussão dos fundamentos matemáticos desse teorema e de seus desdobramentos pode ser encontrada em Piskounov, 1982: cap. 17.

⁴⁰ Para a identificação de processos aperiódicos, foi desenvolvida uma extensão do teorema de Fourier. A idéia é abordar funções não periódicas como funções de período infinito, tomando o limite $p \rightarrow \infty$ (maiores detalhes ver Médio, 1992: pp. 102-104).

⁴¹ A transformada de Fourier em termos de números complexos é aplicada em situações em que o número de observações é muito elevado. Isso porque se o tamanho da série temporal não é igual a uma potência de dois, o algoritmo FFT (Fast Fourier Transform) padrão, que realiza os cálculos em termos de funções seno e cosseno, terá de realizar cálculos adicionais, tornando o tempo de computação muito elevado, para séries temporais longas.

Os coeficientes das funções cosseno e seno (equação 1), assim como seu equivalente, a função complexa (equação 2), $f(\omega)$, representam a contribuição do k -ésimo componente de frequência para o movimento global das séries temporais. A análise espectral então pode ser interpretada como um problema de regressão linear múltipla, no qual a variável dependente seria a série temporal sob estudo, enquanto os regressores, seriam as funções cosseno e seno de diferentes frequências. A análise espectral estima a correlação de funções seno e cosseno de diferentes frequências com os dados observados. Assim, se uma correlação muito alta é identificada, há forte evidência empírica de periodicidade da respectiva frequência (ou período) nos dados; caso contrário, as séries podem ser ruído branco⁴² ou ainda apresentarem características de caos determinístico⁴³.

4.1.2. Procedimentos operacionais: a distinção entre processos estocásticos e caos determinístico.

As séries econômicas reais e simuladas com tendência, em geral, apresentam alta correlação serial entre distintas observações ao longo do tempo. A correlação serial elevada, por sua vez, pode distorcer os resultados da análise espectral, já que, em sua presença, uma série temporal periódica pode apresentar um espectro de potências similar a uma série temporal com um modo de comportamento não periódico.

Para tornar possível uma identificação de distintos modos de comportamento (periódico e não periódico), torna-se necessário controlar a correlação serial presente nos dados econômicos reais e simulados. Duas abordagens básicas para este problema são possíveis (Médio, 1992: 273):

⁴² Neste caso, o espectros de potência serão contínuos e independentes dos distintos componentes de frequências.

⁴³ Neste caso também os espectros de potência serão contínuos, porém os componentes de frequências menores dominam sobre os componentes de frequências maiores na explicação do movimento global de uma série temporal.

(i) a abordagem tradicional, Box-Jenkins, para o problema da correlação serial elevada é diferenciar as séries econômicas, em logs, uma ou mais vezes, até torná-las estacionárias. O problema com este procedimento é o de que, ao mesmo tempo que torna as séries estatisticamente estacionárias, pode amplificar o ruído aleatório existente nos dados econômicos e assim alterar a estrutura do processo gerador de dados econômicos subjacente; e

(ii) outro procedimento é remover a tendência das séries econômicas (regressão contra o tempo), através de uma regressão em logs das séries econômicas. A grande vantagem com relação ao procedimento anterior é que possibilita controlar a correlação serial sem alterar a estrutura do processo subjacente ao dados econômicos. Entretanto, sua grande limitação é que depende da suposição de que os dados econômicos são gerados por um processo estocástico com tendência determinística, isto é, que não acumulam erros do passado.

Em função das limitações ou mesmo das deficiências dos procedimentos anteriores, formulamos um procedimento alternativo que permite distinguir ou identificar as séries econômicas reais e/ou simuladas geradas por um processo estocástico do tipo passeio aleatório com uma tendência positiva ou por um sistema dinâmico não linear evolucionário. O procedimento alternativo para controlar a correlação serial nos dados de produtos *per capita* reais e simulados, sem alterar a estrutura do processo gerador, consiste em diferenciar os níveis de tais séries temporais, sem qualquer tipo de transformação nos dados originais.

No que tange ao processo gerador de dados do tipo passeio aleatório com uma tendência positiva, $y_t = y_0 + \alpha t + \sum \varepsilon_j$ (cf. cap. 2), segue-se:

$$\Delta Y_t = \exp(y_0 + \alpha t + \sum \varepsilon_j) - \exp(y_0 + \alpha(t-1) + \sum \varepsilon_j), \quad (3)$$

onde, $j = 1:t$ e $j' = 1:t-1$.

Desenvolvendo tal expressão temos :

$$\Delta Y_t = Y_0 \cdot e^{\alpha t} (e^{\sum \varepsilon_j} - k \cdot e^{\sum \varepsilon_{j'}}), \text{ sendo que } Y_0 = e^{y_0} \text{ e } k = e^{-\alpha},$$

$$\Delta Y_t = Y_0 \cdot e^{\alpha t} (e^{\sum \varepsilon_{j'} + \varepsilon_t} - k \cdot e^{\sum \varepsilon_{j'}}), \text{ e}$$

$$\Delta Y_t = Y_0 \cdot e^{\alpha t + \sum \varepsilon_{j'}} (e^{\varepsilon_t} - k). \quad (4)$$

Na equação (4), o aspecto fundamental é o de que o comportamento assintótico revela que a variável aleatória ε_t define o sinal de ΔY_t . Como tais erros são ruído branco, então ΔY_t gera uma série temporal com tendência, porém sem a correlação serial.

Para séries simuladas relativamente curtas, a preparação de dados para efeito de análise espectral envolve ainda dois passos adicionais. Para reduzir a correlação serial espúria, torna-se necessária adicionalmente a remoção da tendência linear das séries em diferenças finitas. Por outro lado, a média equivale a um ciclo de frequência zero por unidade de tempo (ou seja, é uma constante) e, por isso, torna o valor muito elevado para o primeiro coeficiente do cosseno (para frequência zero). Sendo assim, também se faz necessário remover a média das séries temporais de produtos *per capita* simuladas, transformadas em diferenças finitas.

O princípio subjacente ao procedimento adotado é o de que, caso o processo gerador de dados econômicos seja:

(i) um sistema dinâmico com um padrão de comportamento estritamente periódico, o espectro de potências apresentará picos na(s) frequência(s) e periodicidade(s) correspondente(s), ou nos harmônicos da frequência de base;

(ii) uma distribuição normal (séries ruído branco), então a densidade espectral indicará que existem componentes não nulos para todas as

frequências. Do ponto de vista teórico, o espectro de potências deve ser independente das diferentes frequências, isto é, a amplitude do espectro deve ser constante; e

(iii) um sistema dinâmico não linear de dimensão alta (com comportamento não periódico ou caótico), determinístico e dissipativo, dentro de certa faixa⁴⁴, o espectro de potências tende a ser uma função inversa (linear ou não linear) das distintas frequências. Nesse caso, as frequências menores tendem a dominar sobre as frequências maiores na explicação do movimento global.

4.2. O Processo de Crescimento Econômico das Principais Economias da América Latina: Os Fatos Estilizados de Longo Prazo.

Na América Latina, no período 1900-1989, é possível observar uma diversidade de padrões de desenvolvimento econômico. No entanto, apesar dos principais países da América Latina diferirem no que tange ao desempenho econômico de longo prazo (*catching up, falling behind, catching up/falling behind*), apresentam uma característica comum, a saber: em todas as principais economias da América Latina, sem exceção, houve um crescimento positivo de seus produtos *per capita* reais, isto é: a taxa de crescimento média do período em referência foi positiva (cf. Figuras 4.1 e 4.2).

Até que ponto tal fato estilizado sustenta uma interpretação do processo de crescimento econômico como um processo evolucionário, em detrimento de uma interpretação fundada no paradigma novo-clássico? No sentido de examinar tal questão, os dados nas figuras 4.1 e 4.2⁴⁵ serão

⁴⁴ O padrão de comportamento caótico somente em uma faixa limitada antes de converter-se novamente em ruído branco é típico de um fenômeno recentemente denominado de *self-organised criticality* (Bak, Tang and Wiesenfeld, 1988; Bak and Chen, 1991; apud in Silverberg&Lehnert, 1994: 95). Segundo Silverberg&Verspagen (1994: 95-96): "(...) *A sandpile with sand constantly falling on to the centre and falling off the edges of a finite table provides the best intuitive illustration of this phenomenon. The pile will eventually organize itself into a heap with a characteristic slope, and additions of sand will trigger avalanches of all sizes (in fact, distributed according to a power law)(...)*".

⁴⁵ Tais figuras foram geradas a partir de dados para 6 países da América Latina extraídos de Hofman (1993). Já os programas utilizados nas simulações foram o Matlab e o Estatística.

utilizados para uma análise espectral, de modo a verificar se qualquer regularidade emerge no espectro de potências das séries temporais.

FIGURA 4.1 - PIB PER CAPITA REAL DE ECONOMIAS DA AL. 1900-1989.

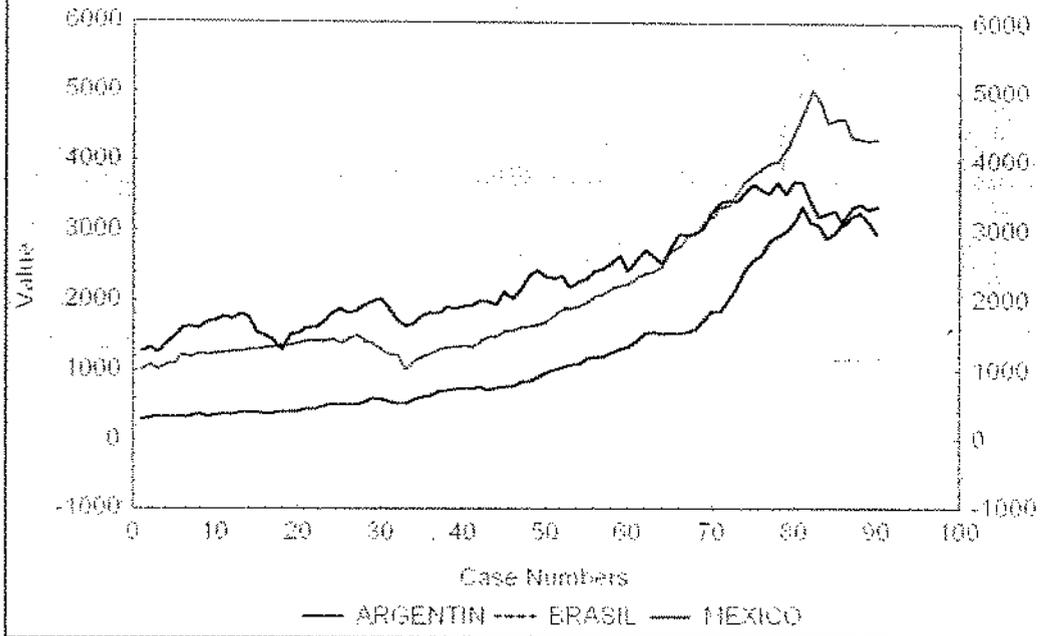
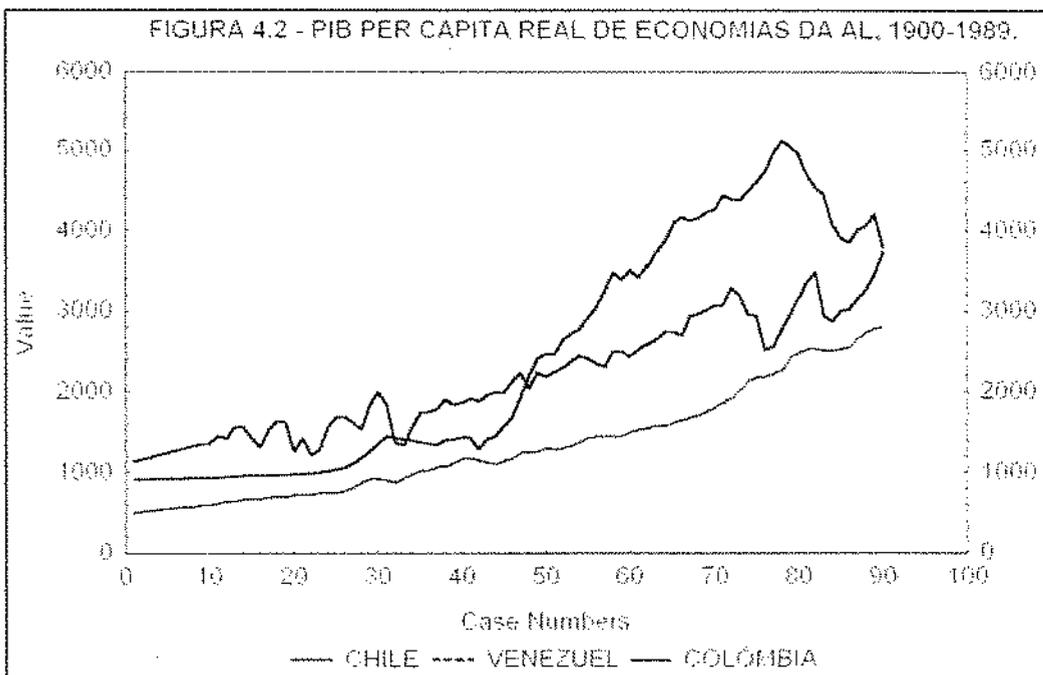


FIGURA 4.2 - PIB PER CAPITA REAL DE ECONOMIAS DA AL. 1900-1989.



As Figuras 4.3 a 4.8 mostram as densidades espectrais contra as frequências. As figuras revelam uma regularidade empírica relativamente robusta nas seis principais economias da América Latina: Argentina, Brasil, México, Chile, Venezuela e Colômbia. Dentro de certa faixa das frequências, os espectros de potências têm declividade negativa e são aproximadamente funções lineares ou exponenciais.

Os espectros de potências com essas características têm sido observados em muitos sistemas físicos com modo de comportamento aperiódico ou caótico, nos quais, além de um espectro de potências contínuo, existem os chamados *flicker noises* ou *excess noises*. Tal tipo de espectro tem sido definido como $1/f^\alpha$ (α é a declividade e f é a frequência), dado que os componentes de frequências menores tendem a dominar sobre os componentes de frequências maiores, aproximadamente segundo uma função exponencial ou linear (Médio, 1992: 108; Silverberg & Verspagen, 1995: 213).

FIGURA 4.3 - ESPECTRO DE POTÊNCIAS DA VARIACAO ABSOLUTA NO PIB PER CAPITA REAL DA ARGENTINA, 1900-1989.

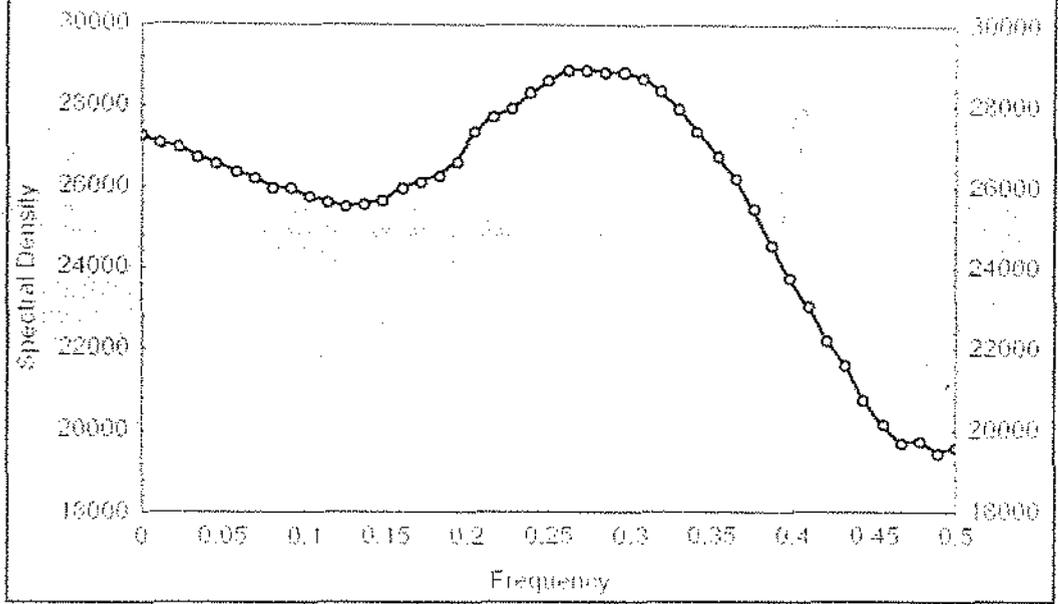


FIGURA 4.4 - ESPECTRO DE POTÊNCIAS DA VARIACAO ABSOLUTA NO PIB PER CAPITA REAL DO BRASIL, 1900-1989.

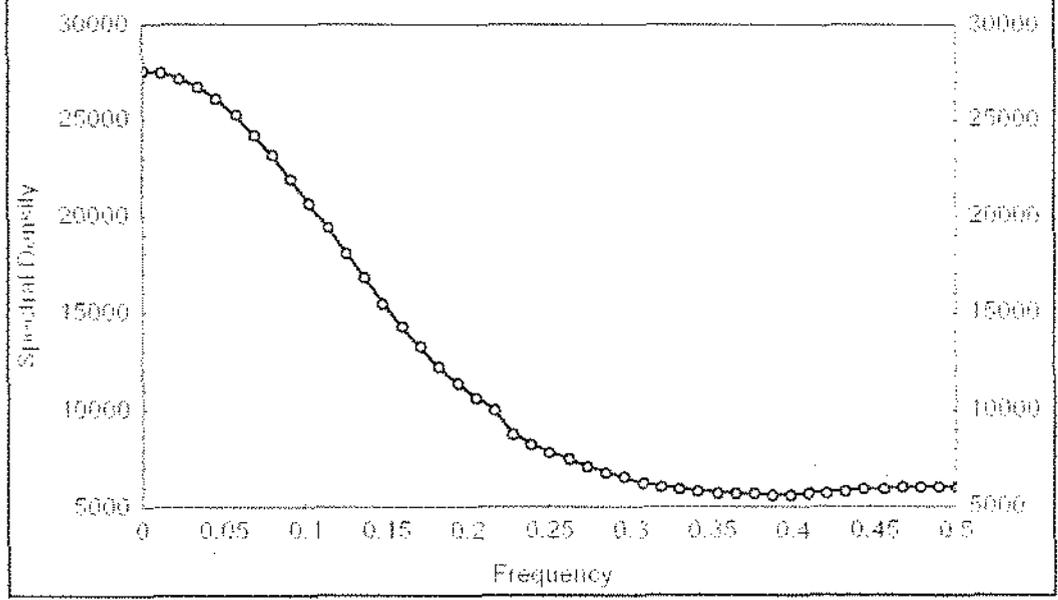


FIGURA 4.5 - ESPECTRO DE POTÊNCIAS DA VARIACAO ABSOLUTA NO PIB PER CAPITA REAL DO MÉXICO. 1900-1989.

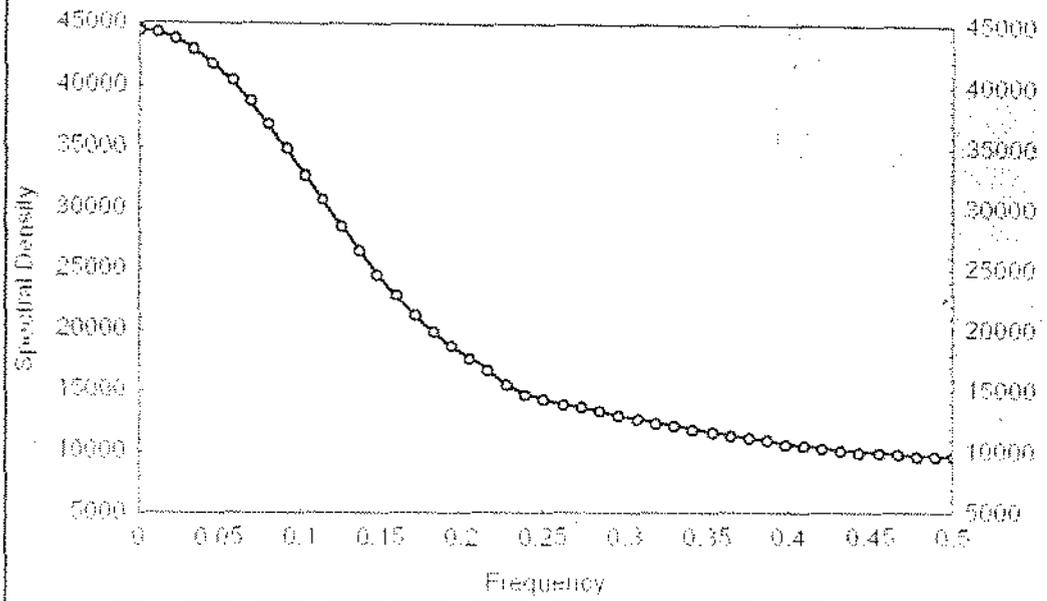


FIGURA 4.6 - ESPECTRO DE POTÊNCIAS DA VARIACAO ABSOLUTA NO PIB PER CAPITA REAL DO CHILE. 1900-1989.

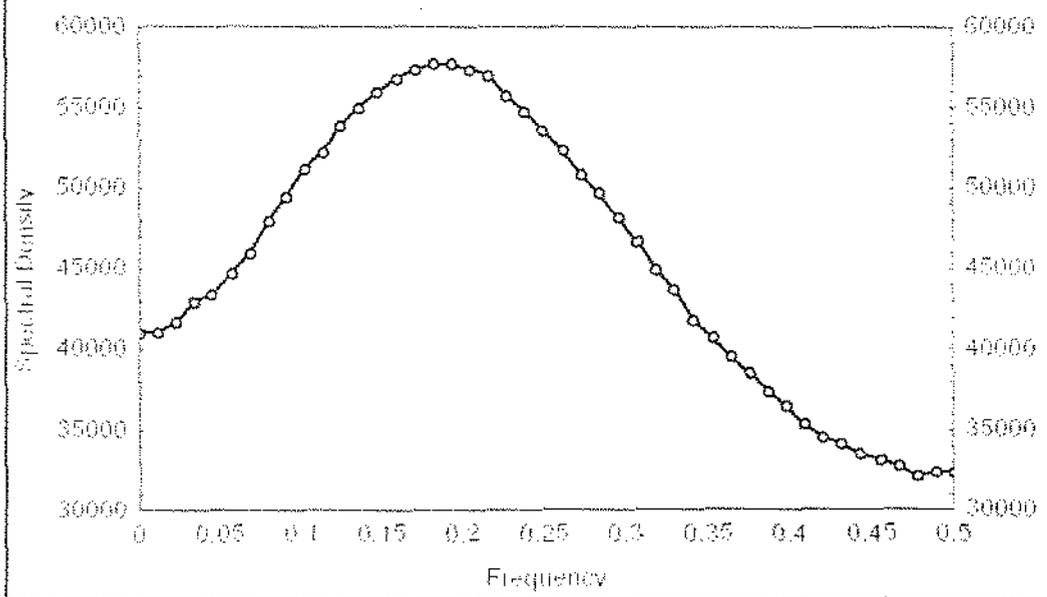


FIGURA 4.7 - ESPECTRO DE POTÊNCIAS DA VARIACÃO ABSOLUTA NO PIB PER CAPITA REAL DA VENEZUELA. 1900-1989.

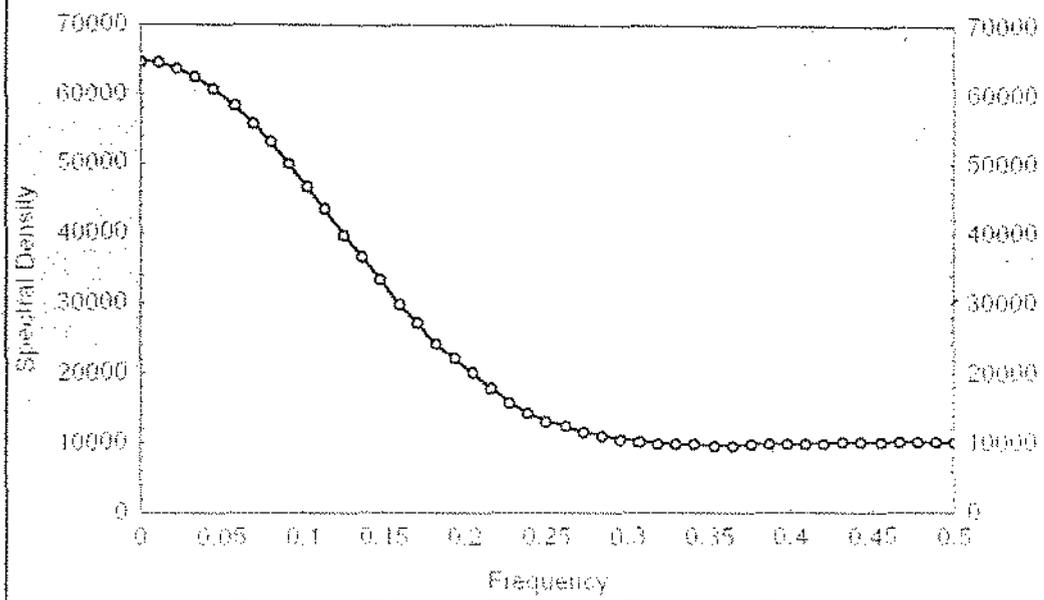
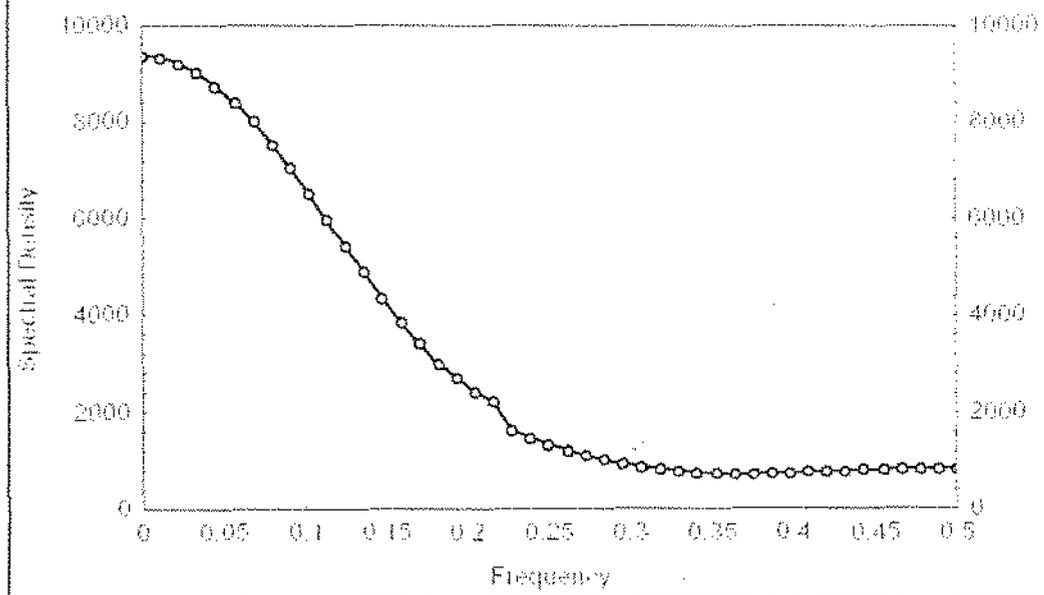


FIGURA 4.8 - ESPECTRO DE POTÊNCIAS DA VARIACÃO ABSOLUTA NO PIB PER CAPITA REAL DA COLÔMBIA. 1900-1989.



Outro fato estilizado, revelado pela análise espectral da evolução dos produtos *per capita* reais das referidas economias, no período 1900-1989, é o de que as séries temporais dos produtos *per capita* reais apresentam uma característica de caos determinístico, a saber: o predomínio de frequências menores sobre as maiores, na explicação do movimento global das séries temporais. Isto implica ser o processo de crescimento econômico de longo prazo um fenômeno que não é nem estritamente periódico e nem um passeio aleatório com uma tendência positiva, mas sim um fenômeno não periódico ou aperiódico, vale dizer: as “*news*” continuarão indefinidamente a ser uma fonte adicional de informação sobre o sistema.

Mesmo na ausência de dependência sensitiva às variações de parâmetros dos sistemas econômicos reais, com efeito os fenômenos desta natureza podem ser passíveis de previsões a curto prazo; no entanto, jamais de previsões a médio e longo prazo (cf. Médio, 1992: 6). Pode-se então concluir que a capacidade de uma teoria do crescimento endógeno, para a descrição, explicação e previsão de aspectos essenciais do crescimento econômico, será maior se tal processo for abordado como um fenômeno que emerge de um sistema dinâmico não linear, de dimensão relativamente alta (ver a respeito cap. 1), determinística e dissipativa.

4.3 As novas Teorias do Crescimento Neoclássicas: Falhas de Predição Empírica.

4.3.1. Metodologia para simulação.

Na comparação dos resultados teóricos das novas teorias neoclássicas do crescimento endógeno com os dados empíricos, realizamos um teste da principal predição empírica do modelo de Aghion&Howitt (1993) do ramo auto-denominado neoschumpeteriano. A razão para tal é que este modelo

representa o caso geral, no sentido de não requerer a incorporação *ad hoc* de um erro do tipo ruído branco para efeito de teste empírico (cf. cap. 2).

O procedimento adotado no teste empírico consiste em:

- (i) simular as séries reais do produto interno bruto *per capita* reais de economias da América Latina, no período 1900-1989, a partir de um processo passeio aleatório com uma tendência positiva cujos parâmetros, α (taxa de crescimento média) e σ (desvio padrão unitário da taxa de crescimento média), bem como a condição inicial y_0 , foram calibrados com dados reais e arbitrários⁴⁶;
- (ii) investigar os resultados das simulações através da análise espectral; e
- (iii) comparar os fatos estilizados gerados através da simulação com os fatos estilizados empíricos.

Os valores de parâmetros utilizados na simulação foram os seguintes:

(a) Parâmetros ajustados a partir de dados reais.

- (1) Argentina: $y_0=7.1546$, $\alpha=0.0094$ e $\sigma=0.0509$ (Figura 4.9);
- (2) Brasil: $y_0=5.6836$, $\alpha=0.0273$ e $\sigma=0.0455$ (Figura 4.10);
- (3) México: $y_0=6.9334$, $\alpha=0.0162$ e $\sigma=0.041$ (Figura 4.11);
- (4) Chile: $y_0=7.0414$, $\alpha=0.0133$ e $\sigma=0.0773$ (Figura 4.12);
- (5) Venezuela: $y_0=6.8211$, $\alpha=0.0159$ e $\sigma=0.041$ (Figura 4.13); e
- (6) Colômbia: $y_0=6.2344$, $\alpha=0.0192$ e $\sigma=0.0191$ (Figura 4.14);

(b) Parâmetros arbitrários.

⁴⁶ Os dados reais consistem na média e no desvio padrão das taxas de crescimento do produto interno bruto *per capita* real das economias selecionadas, no período 1900-1989; enquanto que, por outro lado, os dados arbitrários consistem na média dessas variáveis, assim como o resultado da multiplicação de tal média por três. Nas Figuras 9-15, as séries temporais são constituídas de 90 observações, enquanto, por sua vez, nas Figuras 16 e 17, por 250 e 448 observações, respectivamente. A utilização de dados arbitrários serve para ressaltar que as novas teorias neoclássicas do crescimento econômico, por construção, não são capazes de gerar um espectro de potências $1/f^\alpha$ noise.

(7) Um país qualquer: $y_0=6.6448$, $\alpha=0.0238$ e $\sigma=0.0458$ (Figura 4.15);

(8) Um país qualquer: $y_0=6.6448$, $\alpha=0.0714$ e $\sigma=0.1374$ (Figura 4.16);

(9) Os valores de parâmetros são os mesmos que o do sétimo experimento de simulação, porém estendendo-se a série temporal para quatrocentas e quarenta e oito observações (Figura 4.17).

(10) Idem ao caso (9), com a única diferença consistindo no tamanho da série temporal, que neste caso é de vinte observações (Figura 4.18).

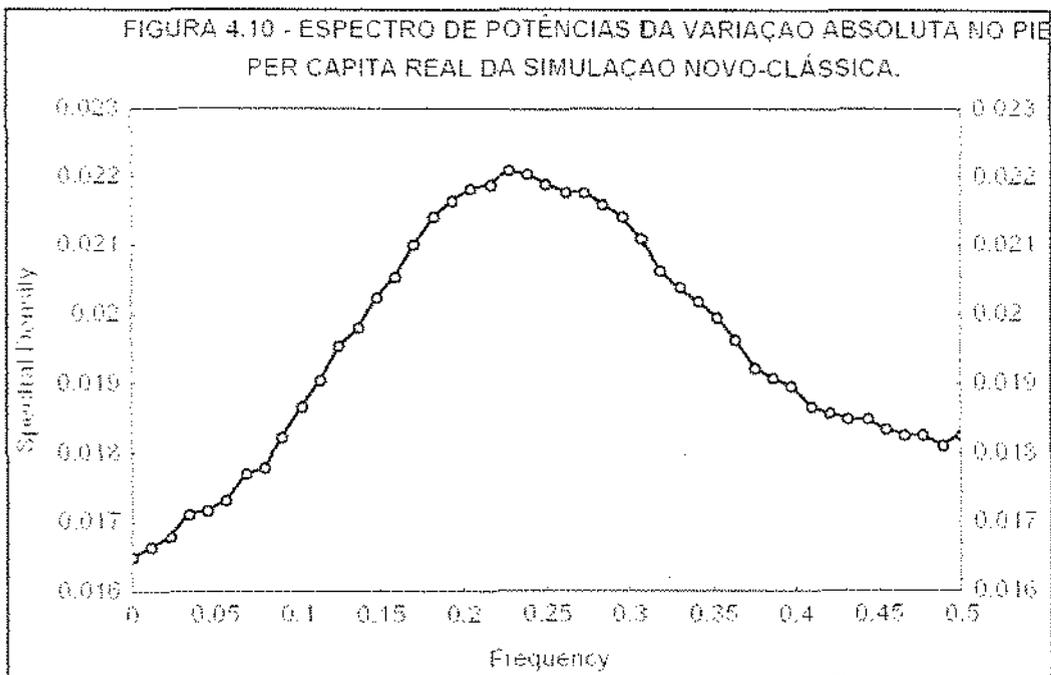
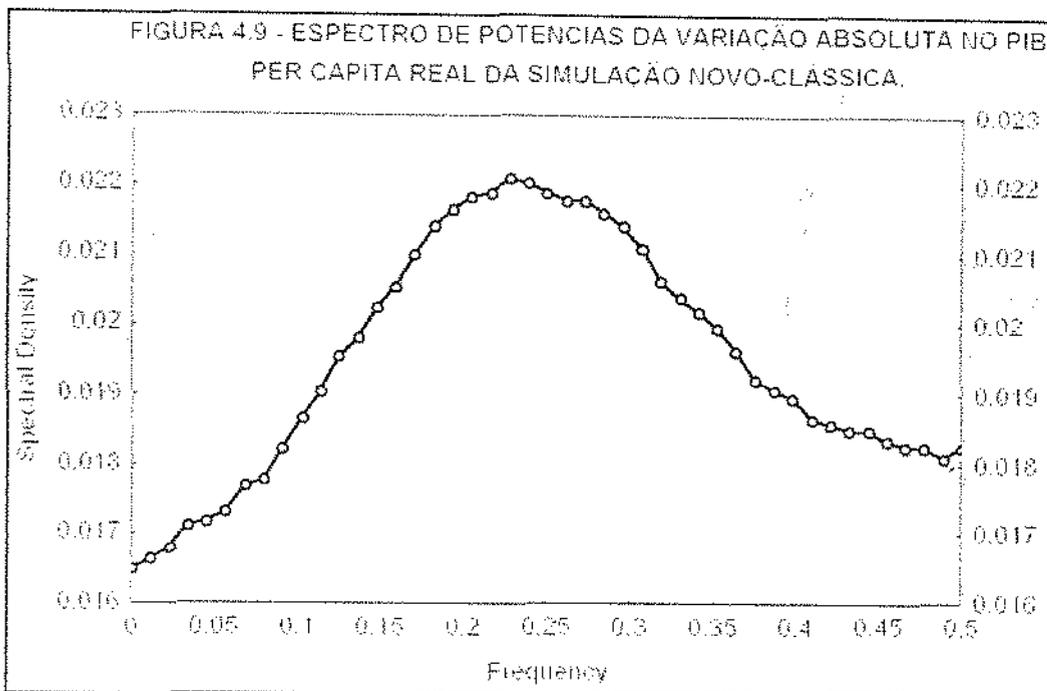
4.3.2. Resultados da Simulação.

Conforme já posto na seção precedente (4.2), as Figuras 4.9 a 4.18 são as densidades espectrais contra as frequências. Um subconjunto delas, as figuras 4.9 a 4.15 e 4.18, revela uma regularidade empírica relativamente robusta nas seis simulações das principais economias da América Latina: Argentina, Brasil, México, Chile, Venezuela e Colômbia. As densidades espectrais contra as frequências descreve um espectro de potências contínuo que indica a existência de componentes não-zero para todas as frequências. Mais ainda, revela que os componentes das frequências maiores tendem a dominar sobre as de frequências menores, o que seria incompatível com os resultados da seção 4.2.

Em um nível teórico, a amplitude do espectro deveria ser uma constante, ou seja, independente da frequência, em séries temporais de um processo com ruído branco (como é o caso presente) (cf. Médio, 1992:107). Os modelos de simulação tendem a apresentar um comportamento, durante o período de aquecimento ou transiente, diferente do comportamento apresentado durante um período estacionário, quando o estado do sistema se comporta de forma independente das condições de inicialização do modelo (Perin, 1995:21). O que explica e justifica a existência do predomínio de componentes de frequências maiores sobre os

de frequências menores, com efeito, é o tamanho das séries temporais simuladas serem muito curtas. Isso não ocorre com séries relativamente longas, conforme como pode ser visto nas Figuras 4.16-4.17.

Assim, o subconjunto remanescente formado pelas Figuras 4.16 a 4.17, por sua vez, também demonstra uma regularidade empírica relativamente robusta similar ao subconjunto anterior. No entanto, os espectros de potências das Figuras 4.16 a 4.17, além de serem contínuos, são independentes das frequências.



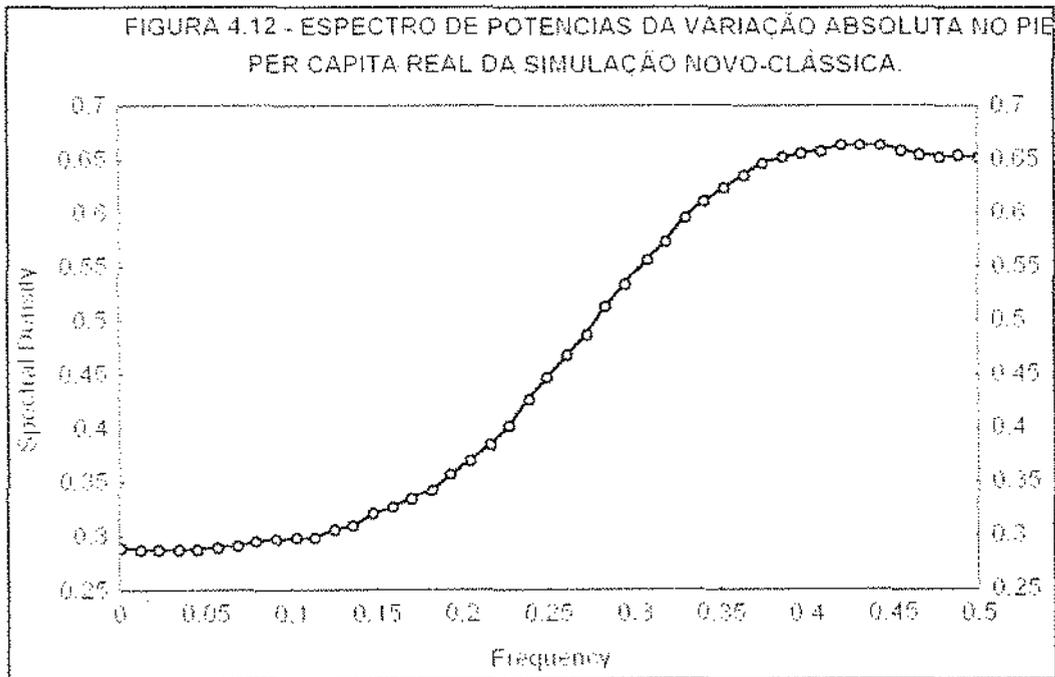
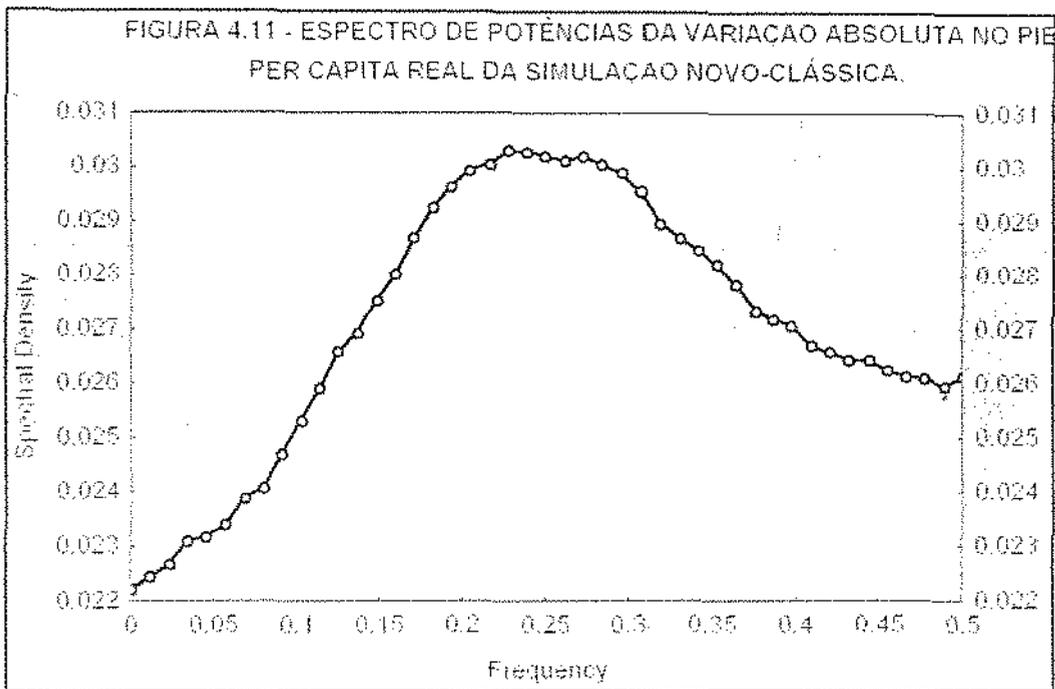


FIGURA 4.13 - ESPECTRO DE POTÊNCIAS DA VARIACÃO ABSOLUTA NO PIB PER CAPITA REAL DA SIMULAÇÃO NOVO-CLÁSSICA.

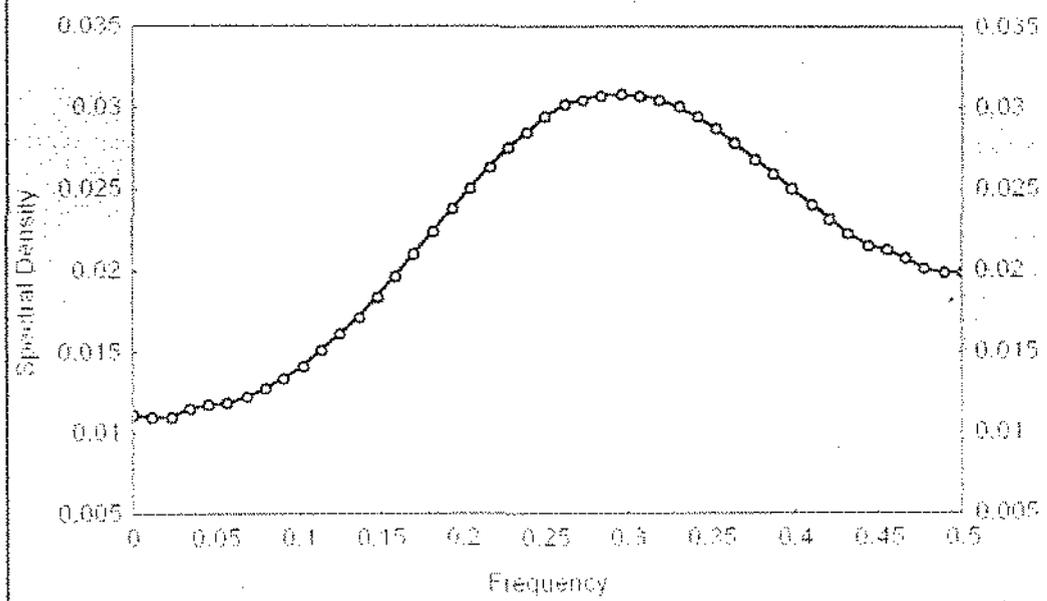


FIGURA 4.14 - ESPECTRO DE POTÊNCIAS DA VARIACÃO ABSOLUTA NO PIB PER CAPITA REAL DA SIMULAÇÃO NOVO-CLÁSSICA.

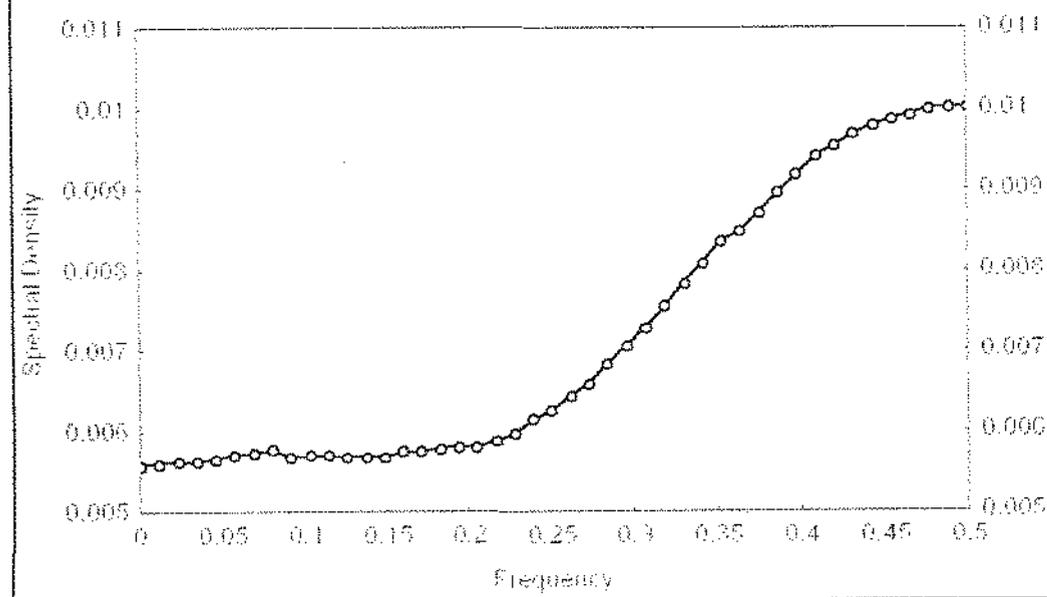


FIGURA 4.15 - ESPECTRO DE POTENCIAS DA VARIACÃO ABSOLUTA NO PIB PER CAPITA REAL DA SIMULAÇÃO NOVO-CLASSICA.

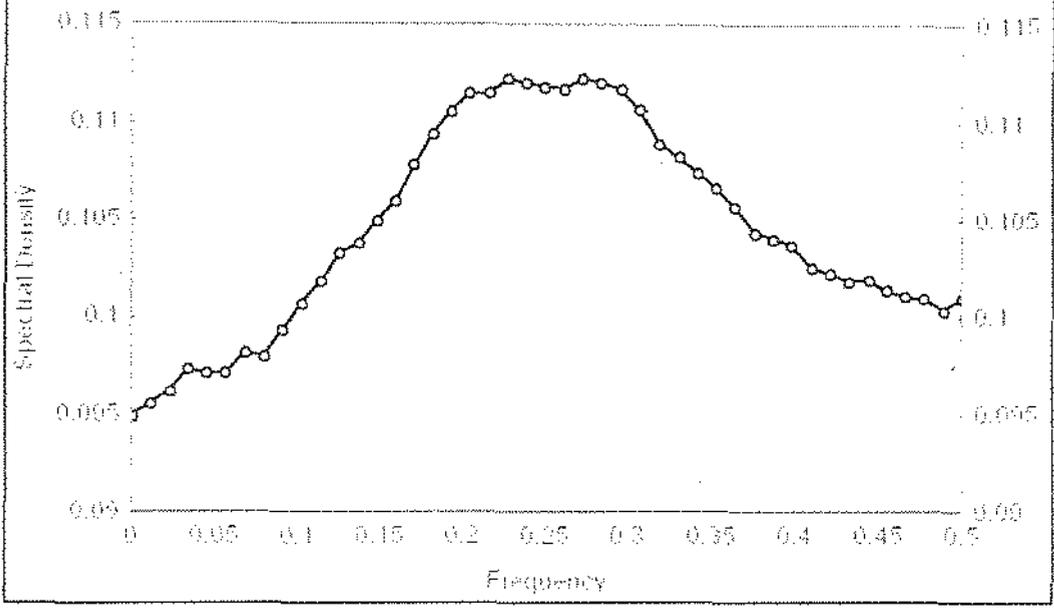
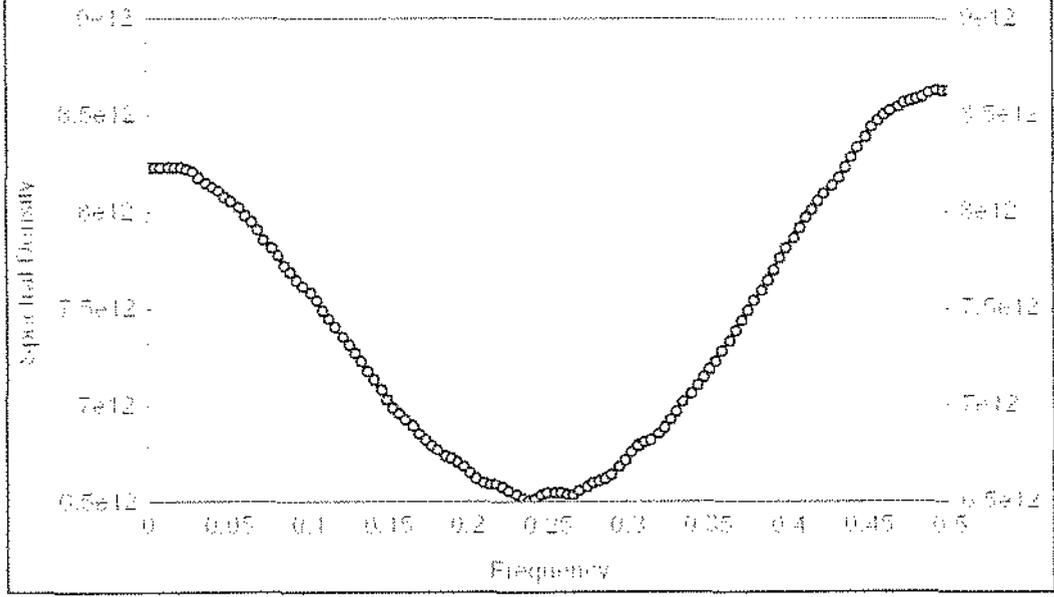
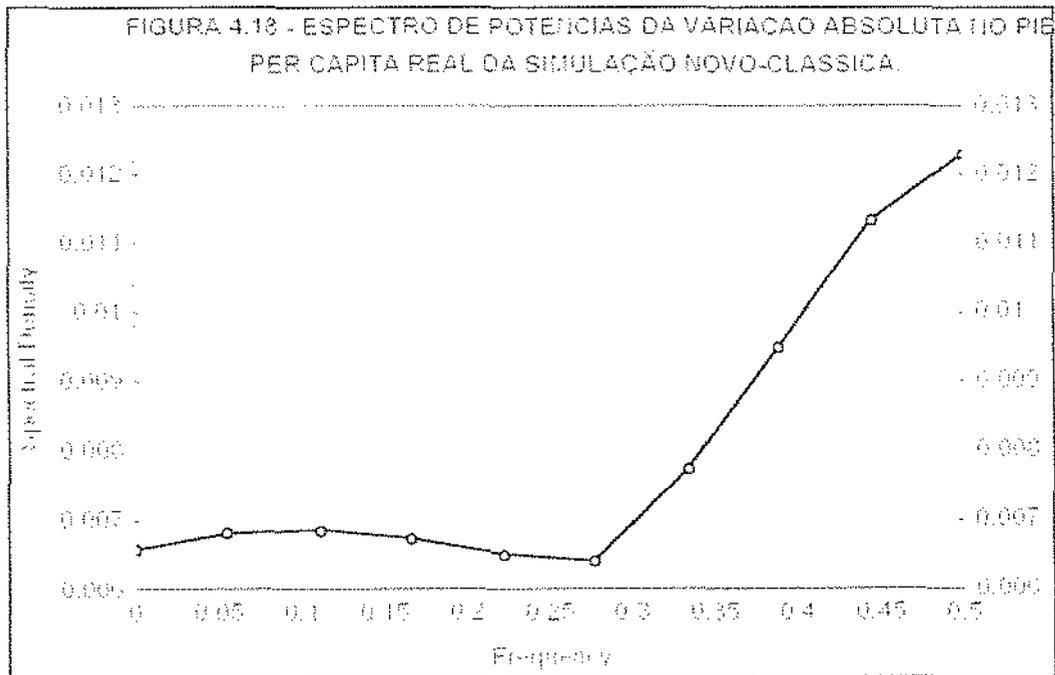
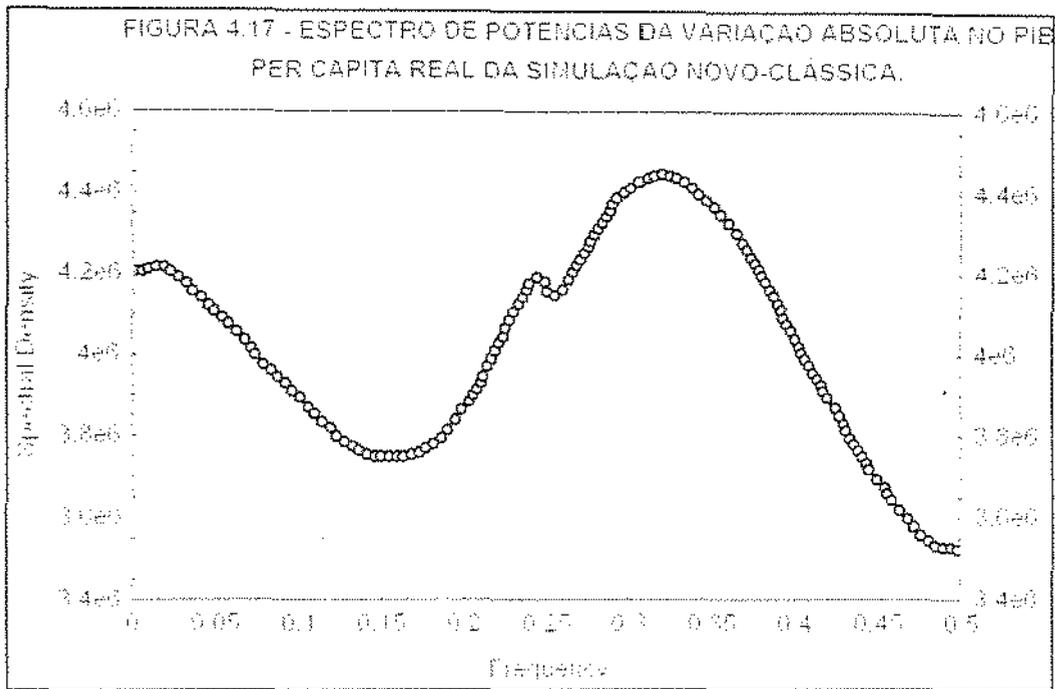


FIGURA 4.16 - ESPECTRO DE POTENCIAS DA VARIACÃO ABSOLUTA NO PIB PER CAPITA REAL DA SIMULAÇÃO NOVO-CLASSICA.





Teoricamente, conforme já dito, os espectros de potências dessa natureza são típicos de processos verdadeiramente aleatórios que apresentam um modo de comportamento periódico ou regular (de segunda ordem)⁴⁷. Neste caso, as oscilações de todas as frequências explicam conjuntamente o movimento global da série temporal. Com isso, a análise espectral de dados simulados, a partir de um processo passeio aleatório com uma tendência positiva, revela que as séries temporais dos produtos *per capita* simulados não reproduzem as características de caos determinístico encontradas em séries temporais reais, a saber: o predomínio de frequências menores sobre as maiores, na explicação do movimento global das séries temporais.

A principal conclusão nessa seção, portanto, é a de que em todas as simulações realizadas o resultado foi o mesmo, ou seja: as novas teorias neoclássicas do crescimento econômico geram fatos estilizados que são incompatíveis com os fatos estilizados que caracterizam o processo de crescimento econômico de longo prazo de países selecionados da América Latina. Uma vez que a dinâmica de sistemas dinâmicos não lineares de dimensão alta, em geral, não pode ser aproximada por versões linearizadas (cf. Médio, 1992: 15-17), uma das implicações básicas dessa falha de predição empírica ou do erro de especificação do processo gerador de dados subjacente, é a de que o poder explicativo das novas teorias neoclássicas do crescimento econômico é muito limitado.

⁴⁷ Sobre o conceito de regularidade de primeira e de segunda ordem, ver cap. 1 anterior.

4.4. O Modelo Evolucionista de Crescimento Endógeno Para Simulação de Economias da América Latina.

Na medida que representa uma das fronteiras na teoria evolucionista do crescimento endógeno, na comparação dos resultados teóricos evolucionistas com os dados empíricos, realiza-se uma adaptação do modelo de Dosi&Fabiani (1994), com pequenas modificações inspiradas na versão de Silverberg&Verspagen (1995).

A economia mundial é constituída de dois países, o Norte⁴⁸ e o Sul, um setor econômico, uma firma líder no país do Norte e n firmas no país do Sul. Cada firma i do país do Sul realiza duas atividades: busca (via inovação ou imitação de outras firmas) e produção de um único bem homogêneo. O trabalho é homogêneo e é o único insumo utilizado nas atividades de busca e produção. Os coeficientes de produção são específicos às firmas, $1/\pi_{ij}(t)$, sendo que $\pi_{ij}(t)$ é a produtividade do trabalho.

O Processo de Busca

A probabilidade de inovação no Norte é descrita pela equação:

$$\Pr\{I_{l,n}(t) = 1\} = 1 - \exp\{-[\alpha_n IN_{l,n}(t) + \rho_{\min,n}]\}, \quad (1)$$

onde $I_{l,n}(t)$ é uma variável binária que assume o valor um se o evento sucesso na busca inovativa ocorre em t , e o valor zero caso contrário. Por sua vez, $IN_{l,n}(t)$ é o investimento em busca inovativa realizada pela firma líder no país do Norte, o qual depende do nível de sua produtividade no período anterior.

⁴⁸ A economia do Norte é modelada aqui como um economia fechada que só possui uma dinâmica tecnológica.

A suposição é a de que o progresso técnico no país do Norte segue um processo estocástico não estacionário e endógeno, no sentido de que a probabilidade de inovação aumenta com o crescimento endógeno da produtividade do trabalho. A justificativa para tal suposição consiste no fato estilizado de que as oportunidades tecnológicas sempre existem e o que é efetivamente explorado é muito menor do que o conjunto de possibilidades potenciais. De modo distinto da representação de mudança técnica em modelos de crescimento endógeno neoclássicos, não é a “natureza” quem restringe as descobertas inovativas dos agentes individuais, mas sim as próprias capacidades tecnológicas individuais (Chiaromonte&Dosi, 1992).

Ao abstrair o efeito *catching up* no país do Norte, outra suposição básica é a de que existe uma duplicação de esforços na busca inovativa, a qual é compatível com a hipótese evolucionária de que o processo de aprendizado é, além de altamente inovativo, também altamente imperfeito:

$$IN_{l,n}(t) = \gamma \cdot \pi_{l,n}(t-1). \quad (2)$$

O parâmetro α_n em (1) captura o grau de oportunidade tecnológica. O parâmetro γ reflete a propensão a inovar da firma líder no Norte, enquanto o parâmetro $\rho_{\min,n}$ é a probabilidade de inovação autônoma de firmas no país do Norte, representando o aprendizado informal que não envolve custos para sua aquisição.

O evento sucesso na imitação por parte de firmas situadas no país do Sul também é um processo estocástico não estacionário e endógeno:

$$\Pr\{M_{i,s}(t) = 1\} = 1 - \exp\{-[\alpha_s IM_{i,s}(t)' + \rho_{\min,s}]\}, \quad (3)$$

$$\text{onde, } IM_{i,s}(t)' = IM_{i,s}(t) \{1 + \kappa \log [\pi_{l,n}(t)/\pi_{i,s}(t)]\} \quad \text{e} \quad (4)$$

$$IM_{i,s}(t) = \sum_{\tau=0}^2 Im_{i,s}(t-\tau). \quad (5)$$

No presente modelo, supõe-se que o conhecimento tecnológico não é um bem público puro e nem perfeitamente apropriável. Uma vez uma inovação tenha sido introduzida em algum lugar da economia mundial, deveria ser de modo crescente mais fácil para outras firmas imitá-la ou duplicá-la. Nós capturamos isto na introdução de um efeito de *catching-up* na equação (4). Essa interação tecnológica de firmas do Sul com as do país do Norte constitui uma das principais características específicas do país do Sul.

Assim, diferentemente da função probabilidade de inovação, a função probabilidade de imitação incorpora o efeito *catching up*, proveniente do hiato tecnológico existente entre as firmas situadas no país do Sul em relação à líder tecnológica situada no país do Norte. O potencial de imitação nesse sentido é aumentado pela difusão internacional de conhecimentos tecnológicos.

No entanto, em função dos inexoráveis componentes locais, tácitos e específicos, que tornam a transferência integral de tecnologia (mesmo que intencional) impossível, para poder aproveitar os *spillovers* tecnológicos as firmas devem possuir uma capacidade endógena de aprendizado (Canuto, 1995a). Isto está capturado pelo esforço de imitação ($IM_{i,s}(t)$), assim como pela magnitude do parâmetro κ . O parâmetro $\rho_{\min,s}$ representa a probabilidade autônoma de imitação das firmas no país do Sul, resultante do aprendizado informal. Os esforços de P&D, no presente modelo, deveriam ser compreendidos no sentido mais geral, como atividades de treinamento e licenciamento, engenharia reversa, ou mesmo espionagem industrial, as

quais envolvem custos significativos e persistentes (cf. Silverberg&Verspagen, 1995: 218).

Se ocorre o sucesso na busca inovativa ou imitativa, a firma líder do Norte ou uma firma i do Sul obtêm um aumento percentual na produtividade do trabalho:

$$E [\pi_{i,j} (t+1)] = \pi_{i,j} (t) (1+\lambda/100), \quad (6)$$

onde $j=n,s$ e o parâmetro λ constitui também uma proxy para o grau de oportunidade tecnológica a ser explorado, como os parâmetros α_s e α_n .

Por sua vez, a condição inicial que, junto com a equação (6), descreve a trajetória temporal das produtividades de firmas situadas no Sul, é $\pi_{i,s} (t=0) = \beta \cdot \pi_{i,n} (t=0)$. O parâmetro $0 < \beta < 1$ expressa o tamanho do hiato tecnológico inicial entre as firmas do Sul em relação às firmas do Norte.

Na medida que as firmas do Sul realizam apenas a busca imitativa, bem como devido à presença inexorável de componentes locais, tácitos e específicos, em geral, a técnica efetivamente imitada é uma fração da produtividade da firma líder no Norte. No limite a produtividade delas pode tornar-se igual à produtividade da firma líder no Norte com uma defasagem temporal de um período de tempo. Segue-se que, no máximo, $\pi_{i,s} (t) = \varphi \pi_{i,n}^I (t-1)$, com $0 < \varphi \leq 1$.

Com efeito, a técnica aplicada na produção é igual a :

$$\pi_{i,n} (t+1) = \max\{\pi_{i,n} (t), \pi_{i,n}^I (t)\}, \quad (7)$$

$$\pi_{i,s} (t+1) = \max\{\pi_{i,s} (t), \pi_{i,n}^M (t)\}.$$

Neste ponto, o presente modelo já possui um dos aspectos fundamentais de modelos Norte-Sul, a saber: o hiato tecnológico e seu efeito sobre o crescimento econômico de países sub-desenvolvidos. Vejamos então a seguir como a mudança técnica interage com a dinâmica micro e macroeconômica no país do Sul.

Regras de Decisão Econômica

Uma vez que há razões empíricas e teóricas para esperar que, dentro de certos limites, os comportamentos sejam inerciais em ambientes não estacionários e não ergódicos; no presente modelo o comportamento é modelado como totalmente rotinizado, isto é, baseado em regras que, além de simples e convencionais, são relativamente fixas e independentes de eventos.

O investimento em busca imitativa é determinado como uma fração de faturamentos individuais de períodos anteriores:

$$P\&D_{i,s}(t) = \mu Y_{i,s}(t-1), \text{ sendo } 0 < \mu < 1. \quad (8)$$

A quantidade de trabalhadores realizando a busca imitativa, em nível da firma, no país do Sul é definida por:

$$In_{i,s}(t) = P\&D_{i,s}(t)/w_s(t), \quad (9)$$

onde $w_s(t)$ é o nível do salário monetário que vigora no Sul, em um período de tempo t .

Na formação do preço, as firmas seguem a regra do *mark-up*:

$$P_{i,s}(t) = (w_s(t)/\pi_{i,s}(t)) (1+\delta),$$

onde o parâmetro δ é a margem bruta de lucro que torna possível à firma do Sul recuperar os custos indiretos e ainda garantir uma taxa mínima de lucro.

Finalmente, a decisão sobre o volume de produção pela firma i no Sul é tomada com base nas encomendas recebidas no início de cada período de produção (via um mecanismo representado na equação 15). A hipótese simplificadora é a de que os trabalhadores consomem no período $(t+1)$ todos os salários que recebem em t . Ademais, as firmas investem parcela de seus lucros em busca imitativa via o mecanismo da equação (8), depositando o seu fluxo de caixa líquido em uma conta sem remuneração em um setor financeiro que não está aqui modelado; ou eles podem utilizar recursos sem pagamento de juros de modo ilimitado.

Dinâmica de Mercado

A evolução das produtividades individuais, em conjunto com a regra de *mark-up* para a fixação de preços, definem a competitividade individual da firma do Sul:

$$E_{i,s}(t) = 1/P_{i,s}(t). \quad (11)$$

A competitividade individual, por sua vez, em conjunto com o *market share* individual, determinam a competitividade média no Norte e no Sul:

$$\bar{E}_{i,s}(t) = \sum_i f_{i,s}(t) E_{i,s}(t). \quad (12)$$

A dinâmica de *market share* é dada pela seguinte regra de transição:

$$\Delta f_{i,s}(t,t+1) = \chi [E_{i,s}(t)/\bar{E}_{i,s}(t) - 1] f_{i,s}(t). \quad (13)$$

Na equação (12), $E_{i,s}(t)$ representa a competitividade individual de uma firma no Sul e $\bar{E}_{i,s}(t)$ a competitividade média de firmas do Sul ou do Norte, com uma defasagem temporal de um período. Ainda na mesma equação, o parâmetro χ captura a seletividade do mercado, a qual define a velocidade com que os inovadores e os imitadores bem sucedidos são premiados, em detrimento de inovadores e imitadores mal sucedidos.

As firmas podem ser eliminadas do processo competitivo se seu *market share* cair abaixo de um nível mínimo:

$$f_{i,s}(t) < f_{\min}.$$

A saída de uma firma é substituída pela entrada de uma outra firma com um *market share* de entrada igual a $2f_{\min}$ e, ao mesmo tempo, com uma produtividade igual à média na época de saída, mais um ruído branco. Para manter a somatória dos *market shares* constante (igual a um), o *market share* remanescente é proporcionalmente removido de outras firmas. Na economia artificial modelada aqui, a entrada de uma nova firma é uma função da saída de outra firma. Como a entrada pode ser independente de saída e, ao mesmo tempo, a população total de firmas pode variar, é evidente que esta hipótese simplificadora não é realista. Entretanto, não é o objetivo do presente modelo descrever o fenômeno de entrada e saída. A principal função do mecanismo de entrada e saída é manter a variedade potencial na população de firmas enquanto, ao mesmo tempo, torna possível sua eliminação.

A trajetória temporal do *market share* em $t+1$, com efeito, será igual

a:

$$\hat{f}_{i,s}(t+1) = \hat{f}_{i,s}(t) + \Delta \hat{f}_{i,s}(t,t+1). \quad (14)$$

A demanda é distribuída entre as firmas de acordo com sua competitividade relativa, a qual é traduzida no nível de seus *market shares*. Ademais, como as decisões de produção seguem as encomendas, o faturamento (produto ou renda) de cada firma i é igual a:

$$Y_{i,s}(t) = \hat{f}_{i,s}(t) D_s(t-1). \quad (15)$$

A quantidade de trabalhadores empregados pela firma i é, por definição, seu produto real dividido por sua produtividade do trabalho:

$$N_{i,s}^P(t) = Y_{i,s}(t) / P_{i,s}(t) \cdot 1/\pi_{i,s}(t). \quad (16)$$

Dinâmica Macroeconômica

Como as variáveis macroeconômicas resultam da somatória de seus valores microeconômicos correspondentes segue-se que:

- o volume de emprego na economia do Sul é igual à soma de trabalhadores empregados nas atividades de busca e de produção:

$$N_s(t) = \Sigma (I_{i,s}(t) + N_{i,s}^P(t)). \quad (17)$$

- a renda nacional, em preços constantes, é igual à soma do produto real de todas as firmas do Sul:

$$Y_s^R(t) = \Sigma (Y_{i,s}(t) / P_{i,s}(t)). \quad (18)$$

• a evolução do salário monetário é determinada pelo crescimento da produtividade média (ponderada pelo produto real de cada firma) do trabalho no país do Sul:

$$\Delta w_s(t,t+1) = \phi \Delta \bar{\pi}_s(t-1,t), \quad (19)$$

onde o parâmetro ϕ captura fatores institucionais como o nível de organização dos trabalhadores, assim como o modelo de desenvolvimento adotado pelo país, se excludente ou não. Sua variação é limitada no intervalo $[0,1]$.

• por último, a demanda efetiva no país do Sul resulta da agregação *ex post* de todos os salários pagos a trabalhadores empregados nas atividades de busca e de produção:

$$D_s(t) = w_s N_s(t), \quad (20)$$

onde $N_s(t)$ é o volume de emprego no país do Sul, conforme a equação (17).

Evidentemente, o presente modelo se diferencia dos modelos de crescimento endógeno neoclássicos, ao abandonar os microfundamentos novo-clássicos em favor de microfundamentos evolucionistas. Todavia, ao adotar várias hipóteses simplificadoras relativamente drásticas, torna-se incapaz de abordar o processo de crescimento econômico de países específicos. Por exemplo, negligencia o papel de capacidades sociais no *catching up*, ou ainda, supõe que a difusão tecnológica é a única forma de interação entre países, desconsiderando-se as interações econômicas, financeiras e comportamentais, tais como os padrões setoriais de especialização, o investimento direto estrangeiro, o comércio internacional, a mobilidade do capital, do trabalho e a instabilidade da taxa de câmbio.

Entretanto, o modelo deveria ser compreendido enquanto um experimento com um conjunto mínimo de suposições necessárias para poder

explorar o poder interpretativo da abordagem evolucionária formal no tópico do crescimento econômico, ou seja, para verificar se ele é capaz de gerar processos dinâmicos complexos, tais como séries temporais com características de caos determinístico ou espectro de potências $1/f$ noise (cf. Silverberg & Verspagen, 1995).

4.5. Simulação Evolucionista do Crescimento de Longo Prazo de Economias da América Latina.

4.5.1. Condições iniciais e parâmetros utilizados na simulação.

A atribuição de valores às condições iniciais e aos parâmetros teve como principal referência considerações teóricas *a priori*, considerações históricas, assim como configurações de parâmetros de trabalhos anteriores.

No que se refere às condições iniciais temos os seguintes valores:

- (i) $IM_{i,s}(1)' = 1$;
- (ii) $\pi_{i,s}(1) = 1,04$;
- (iii) $w_s(1) = 1,04$;
- (iv) $D(1) = 6$;
- (v) $f_{i,s}(1) = 1/3$;
- (vi) $P_{i,s}(1) = 1$.

Os parâmetros, por sua vez, assumem os valores:

- (i) $\kappa = 0$;
- (ii) $\alpha_s = 0,05$;
- (iii) $\rho_{\min,s} = 0$;
- (iv) $\mu = 0,1$;
- (v) $\lambda = 4\%$;

- (vi) $\chi = 1$;
- (vii) $f_{\min} = 0,02$;
- (viii) $\phi = 1$;
- (ix) $\delta = 0,04$;
- (x) $N = 20$ períodos de tempo;
- (xi) $i = 3$.

4.5.2. Resultados da Simulação.

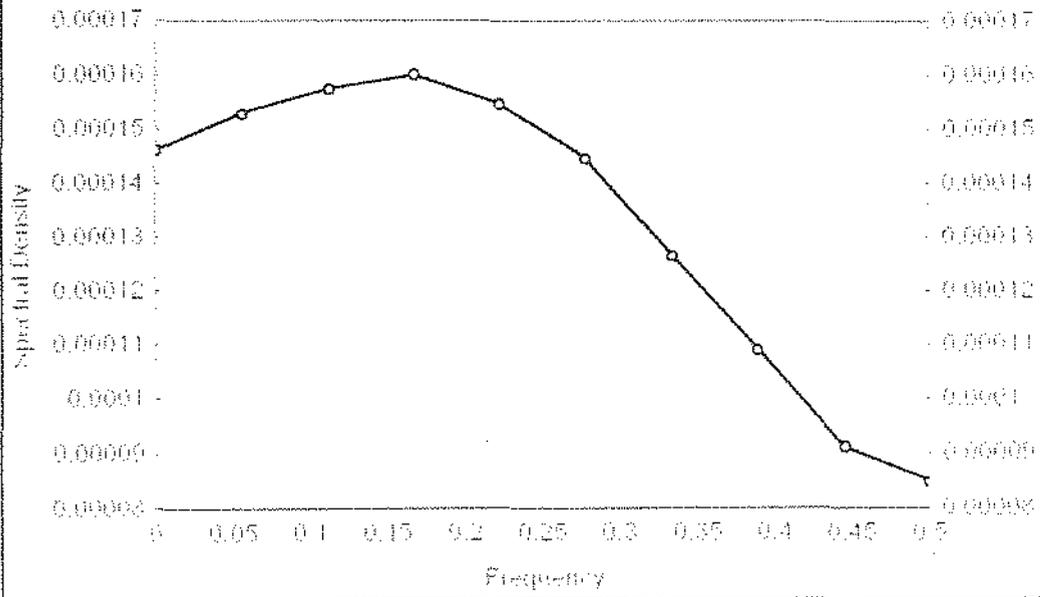
Em contraste aos resultados da simulação das novas teorias neoclássicas do crescimento neoclássicas, verifica-se na Figura (4.19) que a densidade espectral, dentro de certa faixa, é uma função linear negativa com respeito às frequências. Isso significa que, nas séries temporais evolucionárias, existe o predomínio de componentes de frequências menores sobre as maiores na explicação do movimento global, o que é uma característica de caos determinístico, conforme já visto.

Assim, a análise espectral de dados simulados do produto interno bruto *per capita* real, a partir de um modelo evolucionista, revela que os modelos evolucionistas de crescimento endógeno, ao contrário das novas teorias neoclássicas, são capazes de reproduzir o principal fato estilizado empírico que caracteriza o processo de crescimento econômico de países da América Latina.

Mais ainda, na medida que as teorias evolucionistas de crescimento endógeno abordam o processo de crescimento econômico enquanto um fenômeno que emerge de um sistema dinâmico não linear, de dimensão relativamente alta (ver a respeito cap. 1), determinística e dissipativa, sua capacidade para a descrição, explicação e previsão de aspectos essenciais

do crescimento econômico será maior do que a das novas teorias neoclássicas do crescimento endógeno.

FIGURA 19 - ESPECTRO DE PÔTECIAS DA VARIACAO ABSOLUTA NO PIB PER CAPITA REAL DA SIMULACAO EVOLUCIONISTA.



4.6. Conclusões.

A análise espectral da evolução dos produtos *per capita* reais das principais economias da América Latina, no período 1900-1989, revelou que as séries temporais apresentam uma característica de caos determinístico. Mostrou com isso que o crescimento econômico de longo prazo é um processo que não é nem estritamente periódico, nem um passeio aleatório com uma tendência positiva, mas sim um fenômeno aperiódico, vale dizer: as “*news*” continuarão indefinidamente a ser uma fonte adicional de informação sobre o sistema. Isso implica dizer que o crescimento econômico emerge de um sistema dinâmico não linear, de dimensão relativamente alta, determinística e dissipativa, no qual a complexidade, as posições de desequilíbrio, a irreversibilidade do tempo e a instabilidade dinâmica e estrutural, são as características fundamentais (cf. cap. 1 da presente tese).

Por seu turno, a análise espectral de dados simulados a partir de um processo estocástico do tipo passeio aleatório com uma tendência positiva revelou que as novas teorias neoclássicas do crescimento econômico, representadas pelo ramo auto-denominado neoschumpeteriano, geram séries temporais do tipo ruído branco, as quais são incompatíveis com as séries temporais reais que apresentam uma característica de caos determinístico. Essa falha de predição empírica sugere que os modelos de crescimento endógeno neoclássicos, ao reduzirem eventos complexos a simples regularidades, a dinâmica à posições de equilíbrio, a instabilidade à estabilidade e um tempo irreversível a um tempo reversível, tornam-se capazes de gerar, na melhor das hipóteses, um número muito restrito de fatos estilizados de longo prazo do processo de desenvolvimento econômico.

Já no que se refere aos modelos evolucionistas, a análise espectral revela que os mesmos geram séries temporais do produto interno bruto *per*

capita com características de caos determinístico e são, portanto, capazes de reproduzir um dos principais fatos estilizados de longo prazo que caracteriza o processo de crescimento econômico de países da América Latina.

Os resultados empíricos podem ser interpretados ainda de outra forma. Dado que o modelo evolucionista de crescimento endógeno é capaz de gerar fatos estilizados do crescimento econômico de países da América Latina que representam falhas preditivas das novas teorias do crescimento neoclássicas, os modelos evolucionistas *encompass* as novas teorias do crescimento neoclássicas. O princípio do *encompassing* estabelece que um modelo incorpora outro se pode explicar as falhas preditivas deste último, visto que desta forma o modelo geral conteria mais informações do que o modelo particular (cf. Mizon&Richard, 1986).

CONCLUSÕES

Uma das conclusões básicas do presente trabalho foi a de que a abordagem metodológica novo-clássica pode ser tomada como referência somente para o estudo de fenômenos periódicos (e previsíveis) associados ao caso particular do fluxo circular (*stationary state, steady state growth e unsteady state growth*), marcado pela rotina econômica. Não seria, porém, para o caso geral do desenvolvimento econômico, caracterizado pela mudança estrutural endógena e descontínua (cf. capítulo 1). Vale lembrar que o fluxo circular é um caso particular, muito improvável de se encontrar no mundo real, já que as inovações são frequentes e poderosas.

O primeiro argumento em favor dessa conclusão foi o de que a hipótese de interações de equilíbrio entre agentes heterogêneos, ao tornar o comportamento agregado qualitativamente não distinto do comportamento microeconômico (de maximização de lucro e utilidade), limita o poder de descrição, explicação e previsão da teoria macroeconômica de Lucas, ao contexto da dinâmica de sistemas econômicos muito simples (lineares ou não lineares de dimensão muito baixa) que possuem modos de comportamento periódico, a saber: a dinâmica constante dada pelo atrator ponto fixo, a dinâmica não constante mais simples dada pelo atrator ciclo limite, ou ainda a dinâmica de padrão errático resultante de um processo estocástico estacionário.

Outro argumento foi de que a teoria de Lucas não capta uma forma de racionalidade específica: a racionalidade criativa, a qual significa a capacidade que o agente possui de transformar a estrutura do ambiente e do sistema econômico. Isso porque a hipótese de interações de equilíbrio entre agentes representativos implica tomar o equilíbrio do processo cognitivo-decisional como permanente, o que, por sua vez, torna completamente irrelevante a história de fatos e de idéias.

Outra constatação foi a de que as novas teorias neoclássicas do crescimento econômico representam um desdobramento, ora incremental ora “radical”, do paradigma novo-clássico em direção ao âmbito da teoria do crescimento. Portanto, compartilham as mesmas limitações, ou seja: são aplicáveis apenas para o caso particular do fluxo circular (cf. capítulo 2). Três características gerais e comuns de modelos neoclássicos de crescimento endógeno torna possível chegar a essa conclusão:

(i) os microfundamentos da coordenação e da mudança econômica fundados na hipótese de maximização de lucros e de utilidades por parte de agentes representativos com preferências e tecnologias estacionárias, assim como na hipótese de interações de equilíbrio de *perfect foresight* ou de expectativas racionais;

(ii) a concepção subjacente de economia como uma ciência exata, baseada estritamente em argumentos demonstrativos. Somente as hipóteses teóricas que tornem possível formular modelos econômicos formais analisados por técnicas de otimização dinâmica (cálculo de variações e a teoria do controle ótimo), que conduzam de modo não ambíguo a resultados particulares ou a proposições refutáveis, são aceitas como científicas. A principal evidência disso é que as hipóteses de retornos crescentes externos e/ou de concorrência monopolística tornam possível deduzir, a taxa de crescimento agregada, com precisão a partir de parâmetros que descrevem as preferências e as tecnologias individuais; e

(iii) representações para o crescimento econômico consistindo em: crescimento nulo (o *stationary state*); crescimento constante sem mudanças estruturais (o *steady state*) e crescimento cíclico com mudanças estruturais, porém exógenas e contínuas (o *unsteady growth*). De modo associado a isso, o capital humano e o investimento físico são considerados as fontes fundamentais do crescimento econômico, em detrimento da mudança técnica, organizacional e institucional.

O caráter incremental e “radical” de tais modelos se revela nos seguintes fatos atinentes a suas duas gerações. A primeira geração, ao adotar a hipótese de retornos crescentes externos ou constantes compatíveis com a hipótese de equilíbrio competitivo, representa apenas uma extensão coerente da abordagem novo-clássica para o âmbito da teoria do crescimento econômico. A segunda geração, por sua vez, na medida que adota não só a hipótese de retornos crescentes, mas também e sobretudo a hipótese de concorrência monopolística em alguns setores da economia, representa um avanço da macroeconomia novo-clássica, em termos de técnicas de modelagem. Compartilha, de qualquer forma, alguns postulados básicos desta macroeconomia.

A terceira conclusão fundamental é a de que a abordagem metodológica evolucionista, pode ser tomada como referência para o estudo de fenômenos complexos (ou caóticos) associados ao caso geral do desenvolvimento econômico (cf. capítulo 3). Argumentamos serem os microfundamentos da coordenação e da mudança econômica que consistem na hipótese de adoção de rotinas relativamente simples, invariáveis e específicas a contextos, bem como na hipótese de interações de não-equilíbrio entre agentes heterogêneos, capazes de capturar todas as dimensões do exercício da racionalidade (criativa e adaptativa), diante de condições de incerteza ambiental, tornando possível uma análise rigorosa da mudança estrutural endógena e descontínua.

A quarta e última conclusão do presente trabalho é a de que, ao contrário das novas teorias do crescimento neoclássicas, os modelos evolucionistas de crescimento endógeno conseguem reproduzir a dinâmica complexa (ou caótica) das séries temporais reais de longo prazo. Torna-se possível inferir que são capazes de gerar (em certo sentido explicar) maior número (e/ou com maior precisão) os principais fatos estilizados (micro e macro) do processo de desenvolvimento econômico (cf. capítulo 4).

A análise espectral de dados simulados a partir de um processo passeio aleatório com uma tendência positiva, revela que as novas teorias neoclássicas do crescimento econômico geram séries temporais ruído branco, as quais são incompatíveis com as séries temporais reais que apresentam uma característica de caos determinístico. No que tange aos modelos evolucionistas, por outro lado, a análise espectral revela que os mesmos geram séries temporais do produto interno bruto *per capita* com características de caos determinístico. Tais resultados sugerem que a teorização formal evolucionista não abstrai ou distorce aspectos essenciais do crescimento econômico de longo prazo, como acabam fazendo as novas teorias do crescimento neoclássicas.

Em suma, no presente trabalho buscamos mostrar que os modelos evolucionistas de crescimento endógeno são aplicáveis para a descrição, explicação e previsão de fenômenos complexos (ou caóticos) associados ao caso geral do desenvolvimento econômico e, ao mesmo tempo, que são capazes de gerar maior número (ou com maior precisão) de fatos estilizados (micro e macro) associados ao desenvolvimento econômico, tornando-se capazes de proporcionar uma abordagem teórica geral. Procuramos mostrar também que as novas teorias do crescimento neoclássicas são aplicáveis somente para o estudo de fenômenos recorrentes associados ao caso particular do fluxo circular, bem como que geram menor número (ou com menor precisão) de fatos estilizados, tornando-se capazes de proporcionar apenas uma abordagem teórica particular.

Romer, em seus comentários sobre o modelo de Dosi&Fabiani (1994), afirma que, como a economia não é uma ciência experimental, espera uma proficuidade na experimentação de abordagens distintas na busca da compreensão dos fenômenos associados ao crescimento e desenvolvimento econômico, incluindo tanto as estratégias de mudança incremental quanto as radicais em relação aos microfundamentos neoclássicos tradicionais.

Esperamos que a presente tese tenha cumprido o papel de despertar atenção para uma das possibilidades já existentes de resposta ao que recomenda aquele autor.

BIBLIOGRAFIA

- ADELMANS & ADELMANS (1959). "The dynamic properties of the Klein-Goldberger model," *Econometrica*, 27, No. 4, (pp. 596-625).
- AGHION, P. & HOWITT, P. (1993). "A model of growth through creative destruction", in Foray, D. & Freeman, C. (orgs.), *Technology and the wealth of nations: the dynamics of constructed advantage*, Pinter: Londres.
- AMABLE, B. (1994). "Endogenous growth theory, convergence and divergence", in Silverberg, G. & Soete, L. (orgs.), *The Economics of Growth and Technical Change: Technologies, Nations, Agents*, Edward Elgar Publishing Limited.
- ARCANGELI, F. & CANUTO, O. (1996). "Foundations of new growth models: technology and the Schumpeterian heritage", *Anais do XXIV Encontro Nacional de Economia da Anpec*, Águas de Lindóia, dezembro, Vol. 3, (p. 515-35)
- ARROW, K. (1962a). "Economic welfare and the allocation of resources for invention", in National Bureau of Economic Research, *The rate and direction of inventive activity*, Princeton: Princeton Univ. Press
- ARROW, K. (1962b). "The economic implications of learning-by-doing", *Review Econ. Studies*, 29 (June 1962): 155-73.
- BARNETT, W. A. & CHOI (199), S. S. (1990). "A comparison between the conventional econometric approach to structural inference and the nonparametric chaotic attractor approach", in Barnett, W. A., Geweke, J. & Shell, K. (orgs.), *Economic complexity: chaos, sunspots, bubbles, and nonlinearity*, Cambridge University Press.
- BARRO, R. J. & SALA I MARTIN, X. (1995). *Economic growth*, McGraw-Hill, Inc.
- BLANCHARD, O. J. & FISHER, S. (1989). *Lectures on macroeconomics*, The MIT Press.
- CANUTO, O. (1992). *Mudança técnica e concorrência: um arcabouço evolucionista*, Textos para Discussão no. 6, IE/UNICAMP.
- CANUTO, O. (1995a). "Competition and endogenous technological change: an evolutionary model", *Revista Brasileira de Economia*, vol.49 (1): 21-33, Janeiro-Março.

- CANUTO, O. (1995b). *Um modelo de crescimento endógeno com microfundamentos evolucionistas*, Textos para discussão no. 45, IE/UNICAMP.
- CANUTO, O. (1997). "Mobilidade de capital e equilíbrio de portfólio", *Economia e Sociedade*, dezembro.
- CANUTO, O. (1998). "Padrões de especialização, hiatos tecnológicos e crescimento com restrição de divisas", *Revista de Economia Política*, (porvindouro).
- CHIANG, A. C. (1992). *Elements of dynamic optimizations*, McGraw-Hill, Inc.
- CHIAROMONTE, F. & DOSI, G. (1992). "The microfoundation of competitiveness and their macroeconomic implications", in Freeman, C. & Foray, D. (orgs.), *Technology and the wealth of nations*, Pinter: Londres.
- CHICK, V. (1992). *On money, method and Keynes: selected issues*, Londres: Macmillan.
- CHRISTIANO, L. J. & EICHENBAUM, M. "Current real-business-cycle theories and aggregate labor-market fluctuations. *American Economic Review*. 82 (june 1992): 430-50.
- CIMOLI, M. (1988). "Technological gaps and institutional asymmetries in a North-South model with a continuum of goods", *Metroeconomica*, 39, p.245-74.
- CIMOLI, M. (1994). "Lock-in and specialization (dis) advantages in structuralist growth model", in Fagerberg, J.; Verspagen, B. & Tunzelmann, N.V. (orgs.). *The dynamics of technology, trade and growth*, Edward Elgar Publishing Limited.
- CIMOLI, M. & CANUTO, O. (1997). "Patterns of specialisation, economic growth and the balance-of-payments constraints", in *Anais do XXV Encontro Nacional de Economia da Anpec*, Recife, dezembro, Vol. 3, (p. 1427-45).
- CIMOLI, M., DOSI, G. & SOETE, L. (1986). *Innovation, diffusion, institutional differences and patterns of trade: a North-South model*, Brighton, SPRU, University of Sussex, paper presented at the conference on Innovation Diffusion, Venice, 17-21 March.

- CIMOLI, M. & SOETE, L. (1992). "A generalized technological gap trade model", *Economie Appliquée*, 45(3), 33-54.
- CORICELLI, F. & DOSI, G. (1988). "Coordination and order in economic change and the interpretative power of economic theory", in Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G. & Soete, L. (orgs.), *Technical change and economic theory*, Pinter: London and Columbia University Press, New York.
- CORICELLI, F., DOSI, G. & ORSENIGO, L. (1991). "Microeconomic dynamics and macro-regularities: an 'evolutionary' approach to technological and institutional change", in OECD, *Technology and productivity: the challenge for economic policy*, Paris, (p. 545-63).
- DOSI, G. (1988). "Sources, procedures and microeconomic effects of innovation", *Journal of Economic Literature*, vol. 26, no. 3, setembro, (p. 1120-71).
- DOSI, G. (1991a). "Some thoughts on the promises, challenges and dangers of an 'evolutionary perspective' in economics", *Journal of Evolutionary Economics*, 1: 5-7.
- DOSI, G. (1991b). "Una reconsideración de las condiciones y los modelos del desarrollo. Una perspectiva 'evolucionista' de la innovación, el comercio y el crecimiento", *Pensamiento Iberoamericano*, no. 20, pp.167-191.
- DOSI, G. & EGIDI, M. (1991). "Substantive and procedural uncertainty: an exploration of economic behaviors in changing environments", *Journal of Evolutionary Economics*, abril.
- DOSI, G. & ORSENIGO (1988). "Coordination and transformation: an overview of structures, behaviours and change in evolutionary environments", in Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G. & Soete, L. (orgs.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter: London and Columbia University Press, New York.
- DOSI, G. & NELSON, R.R. (1994). "An introduction to evolutionary theories in economics", *Journal of Evolutionary Economics*, 4: 153-172.

- DOSI, G. & FABIANI, S. (1994). "Convergence and divergence in the long-term growth of open economies", in Silverberg, G. & Soete, L. (orgs.), *The economics of growth and technical change: technologies, nations, agents*", Elgar Publishing Limited.
- DOSI, G.; FABIANI, S.; AVERSI, R.; MEACCI, M. (1994). "The dynamic of international differentiation: a multi-country evolutionary model, in *Industrial and Corporate Change*, Oxford University Press.
- DOSI, G.; FREEMAN, C. & FABIANI, S. (1994). "The process of economic development: introducing some stylized facts and theories on technologies, firms and institutions", in *Industrial and Corporate Change*, Oxford University Press.
- DOSI, G., PAVITT, K. AND SOETE, L. (1990). *The economics of technical change and international trade*, Brighton: Harvester Wheatsheaf.
- ENGLMANN, F. C. (1994). "A Schumpeterian model of endogenous innovation and growth", *Journal of Evolutionary Economics*, 4: 227-241.
- FAGERBERG, J.; VERSPAGEN, B. & TUNZELMAN, N. V. (1994). "The economics of convergence and divergence: an overview", in Fagerberg, J., Verspagen, B. & Tunzelmann, N. V. (orgs.). *The Dynamics of Technology, Trade and Growth*, Edward Elgar Publishing Limited.
- FERREIRA, P. C. & ELLERY Jr., R. (1996). "Crescimento econômico, retornos crescentes e concorrência monopolista", *Revista de Economia Política*, vol. 16, n. 2, abr./jun, p. 86-104.
- FIEDLER-FERRARA, N. & PRADO, C. P. C. (1994). *Caos: uma introdução*, Editora Edgard Blücher Ltda.
- GOODWIN, R. M. (1967). "A growth cycle", in Feinstein, C.H. (org.), *Socialism, Capitalism and Economic Growth*, Mcmillan, London.
- GROSSMAN, G. M. & HELPMAN, E. (1994). "Endogenous innovation in the theory of growth", *Journal of Economic Perspectives*, v. 8, no. 1 (p. 23-44).

- HAHN, F. (1981). "General equilibrium theory", in Bell, D. & Kristol, I. (orgs.). *The Crisis in Economic Theory*, N. York: Basic Books.
- HEINER, R. (1983). "The origin of predictable behaviour". *American Economic Review*, vol. 73, no. 4.
- HEINER, R. (1988). "Imperfect decisions and routinized production: implications for evolutionary modeling and inertial technical change", in Dosi, G. et alii (orgs.), *Technical change and economic theory*, Pinter: Londres.
- HENDRY, D. F. (1995). *Dynamic Econometrics*, Oxford University Press, Oxford.
- HIGACHI, H.Y.; CANUTO, O & PORCILE, G. (1996). *Modelos evolucionistas de crescimento endógeno*. Texto para Discussão. IE/UNICAMP, Campinas, n. 56, dez. 1996.
- HOFMAN, A. A. (1992). "Capital accumulation in Latin-America: a six country comparison for 1950-1989", *Rev Income Wealth* 38: 365-402.
- INTRILIGATOR, M. D. (1971). *Mathematical Optimization and Economic Theory*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- JONES, CHARLES I. (1995). "Time series tests of endogenous growth models", *Quarterly Journal of Economics*.
- KYDLAND, F. E. & PRESCOTT, E. C. (1982). "Time to build and aggregate fluctuations", *Econometrica*, 50, 1345-70.
- LUCAS Jr., R. E. (1976). "Econometric policy evaluation: a critique", in Brunner, K.; & Meltzer, A. (orgs.), *The Philips Curve and Labor Markets*, Vol. 1 of Carnegie-Rochester Conferences on Public Policy, pp. 19-46. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- LUCAS Jr., R. E. (1981). *Studies in business-cycle theory*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- LUCAS Jr., R. E. (1986). "Adaptive behaviour and economic theory", *The Journal of Business*, 59,4.
- LUCAS Jr., R. E. (1988). "On the mechanics of economic development", *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, (p.3-42).

- MAGGI, G. (1993). "Technology gap and international trade", *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 3 (p. 145-152).
- MALINVAUD, E. (1981). *Théorie macro-économique*, Paris, Dunod.
- MÉDIO, A. (1992). *Chaotic dynamics: theory and application to economics*, Cambridge University Press.
- MIZON, G.E. & RICHARD, J. F. (1986). "The encompassing principle and its application to testing non-nested hypotheses", *Econometrica*, Vol.54, no. 3 (May), pp. 657-678.
- NELSON, R. (1994). "The co-evolution of technology, industrial structure, and supporting institutions", in *Industrial and Corporate Change*, Oxford University Press.
- NELSON, R. (1994). "What has been the matter with Neoclassical Growth Theory", in Silverberg, G. & Soete, L. (orgs.), *The Economics of Growth and Technical Change: Technologies, Nations, Agents*, Edward Elgar Publishing Limited.
- NELSON, R. (1995). "Recent evolutionary theorizing about economic change", *Journal of Economic Literature*, vol. XXXIII, march, pp. 48-90.
- NELSON, R.R. (1996). *The sources of economic growth*, Harvard University Press.
- NELSON, R.&WINTER, S. (1974). "Neoclassical versus evolutionary theories of economic growth: critique and perspective". *Economic Journal*, pp 886-905.
- NELSON, R. & WINTER, S. (1982). *An evolutionary theory of economic change*, The Belknap Press of Harvard University Press: Cambridge (Mass.).
- PERIN FILHO, C. (1995). *Introdução à simulação de sistemas*. Campinas, SP: Editora da UNICAMP.
- PISKOUNOV, N. (1982). *Cálculo diferencial e integral*. Lopes da Silva Editora.

- POSSAS, M. (1989). "Em direção a um paradigma microdinâmico: a abordagem neo-schumpeteriana", in Amadeo, E. (org.), *Ensaio sobre economia política moderna: teoria e história do pensamento econômico*, Marco Zero: São Paulo, (p. 157-77).
- REBELO, S. (1991). "Long run policy analysis and long run growth", *Journal of Political Economy*, pp. 500-521
- ROMER, P. (1986). "Increasing returns and long-run growth", *Journal of Political Economy*, v. 94, no. 5 (p. 1002-37).
- ROMER, P. (1990). "Endogenous technological change", *Journal of Political Economy*, vol. 98, no. 5, (p. 71-102).
- ROMER, P. M. (1994). "The Origins of Endogenous Growth", *Journal of Economic Perspectives*, v. 8, no. 1 (p 3-22).
- SCHUMPETER, J.A. (1912). *A teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo: Abril Cultural, 1982.
- SCHUMPETER, J.A. (1939). A instabilidade do capitalismo. *Literatura econômica*, 6 (2) : 153-190, 1984.
- SCHUMPETER, J. A. (1943). *Capitalismo, Socialismo e Democracia*, Zahar Editores.
- SCHUMPETER, J. A. (1954). *History of Economic Analysis*, London, Allen and Unwin.
- SEGERSTROM, P. S., ANANT, T. C. A.; DINOPOULOS, E. (1990). "A schumpeterian model of the product life cycle", *American Economic Review*, 80, 1077-1091.
- SILBERBERG, E. (1990). *The structure of economics: a mathematical analysis*, McGraw-Hill Publishing Company.
- SILVERBERG, G. (1988). "Modelling economic dynamics and technical change", in Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G., Soete, L. (orgs.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter: London and Columbia University Press, New York.

- SILVERBERG, G. ; DOSI, G. & ORSENIGO, L. (1988). "Innovation, diversity and diffusion: a self-organization model", *Economic Journal*, vol. 98, dezembro, (p. 1032-54).
- SILVERBERG, G. & LEHNERT, D. (1994). "Growth fluctuations in an evolutionary model of creative destruction", in Silverberg, G. & Soete, L. (orgs.), *The Economics of Growth and Technical Change: Technologies, Nations, Agents*", Edward Elgar Publishing Limited.
- SILVERBERG, G. & VERSPAGEN, B. (1994a). "Collective learning, innovation and growth in a boundedly rational, evolutionary world", *Journal of Evolutionary Economics*, 4 : 207- 226.
- SILVERBERG, G. & VERSPAGEN, B. (1994b). " Learning, innovation and economic growth: A long-run model of industrial dynamics", in *Industrial and Corporate Change*, Oxford University Press.
- SILVERBERG, G. & VERPAGEN, B. (1995). "An evolutionary model of long term cyclical variations of catching up and falling behind", *Journal of Evolutionary Economics*, 5: 209-227.
- SCHUETTE, H. (1994). "Vintage capital, market structure and productivity in an evolutionary model of industry growth", *Journal of Evolutionary Economics*, 4: 173-184.
- SIMON, H.A. (1982). *Models of Bounded Rationality*, Cambridge, Mass, MIT Press.
- SIMONSEN, M.H. & CYSNE, R. P. (1989). *Macroeconomia*. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1989.
- SPANOS, A. (1986). *Statistical Foundation of Econometric Modelling*, Cambridge University Press, Cambridge.
- VERCELLI, A. (1991). *Methodological foundations of macroeconomics: Keynes and Lucas*, Cambridge University Press: Cambridge.
- VERCELLI, A. (1994). "Por uma macroeconomia não reducionista: uma perspectiva de longo prazo", *Economia e Sociedade*, no. 1, agosto.

VERSPAGEN, B. (1993). *Uneven growth between interdependent economies: evolutionary view on technology gaps, trade and growth*, Aldershot: Avebury.

WINTER, S. G. (1984). "Schumpeterian competition in alternative technological regimes", *Journal of Economic Behavior and Organization*, 5: 287-320.