

Um modelo heurístico de inovação tecnológica em condições de instabilidade financeira ¹:

Newton Paulo Bueno ²

Resumo: o texto procura mostrar que apenas modelos não-lineares são capazes de apreender os aspectos mais decisivos do processo de inovação tecnológica em condições de instabilidade financeira. O argumento desenvolve-se nas seguintes etapas: a) apresentam-se as características básicas dos modelos não-lineares sujeitos à dinâmica complexa, vis a vis os modelos macroeconômicos lineares tradicionais. b) delinea-se um modelo heurístico não-linear que procura incorporar as características essenciais dos processos de inovação tecnológica em condições de instabilidade financeira e c) apresenta-se como conclusão fundamental a de que o processo de inovação tecnológica está sempre associado a algum grau de desordem econômica, a qual não interessa erradicar completamente

Summary: the paper shows that only non-linear models can describe the most important aspects of innovation processes under financial instability. The argument is presented as follows: a) the basic aspects of non-linear complex models are presented, showing that traditional macroeconomic models because their linearity do not include some important aspects of the innovation process; b) a heuristic non-linear model for technical innovation under financial instability is designed; and c) the conclusion that a certain level of economic disorder is inevitable in the innovation process is reached and for this, it is suggested, economic policy should not try to prevent it completely.

¹ Título completo: *Elementos para o delineamento de um modelo heurístico de inovação tecnológica em condições de instabilidade financeira: um estudo com a abordagem da teoria da complexidade*

² Universidade Federal de Viçosa. E-mail npbueno@mail.ufv.br. O autor agradece o apoio do CNPq.

1 - Introdução

O objetivo deste texto é mostrar que modelos lineares são incapazes de explicar a evolução dos sistemas econômicos, devido principalmente ao fato de não permitirem a incorporação dos aspectos imprevisíveis normalmente associados ao processo de inovação tecnológica, o qual por sua vez é o principal motor da evolução econômica. Mostrar-se-á que este problema, isto é a hipótese de linearidade, ocorre nos modelos keynesianos fundamentalistas e nos neo-clássicos, mas não nos pós-keynesianos baseados na obra de Minsky. Nestes, diferentemente, a dificuldade é que, embora enfatizem as não linearidades existentes nas relações financeiras, não consideram os possíveis impactos das “bolhas” financeiras sobre os processos de inovação tecnológica e de ampliação da capacidade produtiva ao longo do tempo

Para tentar suprir essa deficiência, este trabalho propõe um modelo heurístico híbrido com características tanto dos modelos pós-keynesianos como dos neo-schumpeterianos. O modelo está baseado na teoria da complexidade, por supor que os processos examinados obedecem dinâmica não-linear, focalizando o processo de inovação tecnológica em conjunto com as proposições de Minsky sobre a instabilidade financeira das economias capitalistas atuais. A principal conclusão do trabalho, de provável interesse para a formulação de políticas governamentais, é que um certo grau de desordem parece estar inevitavelmente associado ao processo de evolução econômica; tentar suprimi-la completamente pode reduzir o grau de adaptabilidade da economia em resposta a transformações no meio ambiente e assim inibir sua capacidade de evoluir. Muito mais promissor para um governo nacional, portanto, parece ser entender qual a fonte dessa instabilidade e como ela pode ser usada em benefício do país. Este trabalho explora a primeira questão, mas deixa em aberto a segunda.

O texto se compõe de mais três partes: a seção seguinte apresenta os rudimentos da teoria da complexidade indispensáveis para seguir o argumento; a seção três apresenta o modelo heurístico de inovação tecnológica mencionado acima e a 4 conclui o trabalho.

2 - Rudimentos de dinâmica complexa

A dinâmica complexa é um padrão evolutivo apresentado por sistemas não lineares³. Sua principal característica é o de não preservar uma relação estável entre *inputs* e *outputs* ao longo de seu retrato de fase como os sistemas lineares, de modo que pequenas modificações nas variáveis independentes produzem às vezes pequenas alterações nas independentes e em outras, enormes variações. Essa não-linearidade entre *inputs* e *outputs* ocorre devido a existência de ciclos de realimentação (*feedbacks loops*) positiva, que tendem a ampliar desvios em torno da trajetória do sistema com o passar do tempo⁴, quando não corrigidos por ciclos de realimentação negativa, que são aqueles que tendem a conservar o sistema próximo a uma certa trajetória. Quando os autores neo-clássicos afirmam, por exemplo, que a economia de *laissez-faire* é auto-regulável, no sentido de que o pleno emprego é um equilíbrio estável, estão implicitamente dizendo que a determinação do nível de emprego está sujeita a ciclos de realimentação negativa. O aumento do desemprego, nesse caso, reduziria o salário real o que tornaria lucrativo, em razão da produtividade marginal do trabalho superar o salário real, aumentar novamente o emprego; ocorreria realimentação positiva se, por exemplo, a redução do salário real reduzisse o nível de procura efetiva o suficiente para reduzir ainda mais o emprego posteriormente⁵. Ocorre realimentação positiva também, apenas para dar outro exemplo, no modelo de Harrod em que a redução do investimento ao diminuir o volume de demanda efetiva reduz o nível de ocupação da capacidade, sinalizando para os empresários que o estoque de capital existente é excessivo, o que tende a inibir os investimentos futuros. No primeiro dos exemplos acima, é possível conceber uma posição final de repouso para o sistema, enquanto nos dois outros, se nenhuma outra força atuar, acabarão por prevalecer trajetórias explosivas.

Essas trajetórias podem evidentemente ser lineares, mas normalmente, ao mesmo tempo que ciclos de realimentação positiva, atuam também ciclos de

³ Não é possível aqui apresentar um resumo auto-contido da teoria por motivos óbvios. A referência consagrada para uma primeira leitura sobre o assunto é Gleick (1987), mas acaba de ser publicado um livro excelente para o leitor não especializado que é ainda mais acessível apesar de sua riqueza de conteúdo: Capra (1997). Para cientistas sociais em geral, ver Gregersen e Sailer (1993). Para economistas a referência tradicional continua sendo Baumol e Benhabib (1989); Radzicki (1990) finalmente sublinha o potencial aberto pela teoria da complexidade para a análise da dinâmica institucional.

⁴ Para uma apresentação mais detalhada do funcionamento dos ciclos de realimentação positiva, ver Brian Arthur (1987)

⁵ A definição rigorosa de equilíbrio instável subentende não apenas a flutuação em torno de uma posição de equilíbrio, mas a flutuação produzida por ciclos de realimentação positiva, como mostra por exemplo Krugman (1989).

realimentação negativa. No modelo de ciclo de Kalecki, por exemplo como em qualquer modelo de ciclo aliás, a trajetória ascendente acaba por reverter, nesse caso específico, pela atuação do princípio do ajustamento de estoque de capital, cujo efeito de realimentação negativa acaba por sobrepujar em certo momento a realimentação positiva produzida pelo crescimento do investimento. A própria Teoria Geral de Keynes, embora no capítulo 22 registre as não-linearidades presentes no ciclo econômico, não enfatiza este ponto na maior parte da obra. O raciocínio baseia-se muito mais sobre a crise produzida por alterações exógenas da eficiência marginal do capital, do que em processos que amplificam ou amortecem desvios do equilíbrio. Isto se deve a estar ele mais interessado em demonstrar a necessidade de intervenção do que em descrever mecanismos de auto-regulação da economia capitalistas. No sentido adotado aqui entretanto (e por estranho que isso possa soar tendo em mente o vigor com que Keynes caracteriza a instabilidade do investimento no capitalismo), a Teoria Geral parece supor em sua maior parte que a economia capitalista encontra-se dominada por atratores estáveis, no caso determinados pelos pontos de demanda efetiva. Não se pode saber evidentemente qual será o ponto de demanda efetiva que prevalecerá, devido à volatilidade do estado de expectativas nos quais ele se baseia; mas como é dado exogenamente, uma vez tendo sido determinado determina também o nível de emprego (via multiplicador) de forma estável, isto é o equilíbrio do emprego desloca-se para cima ou para baixo, dependendo apenas da magnitude da mudança nas expectativas de longo prazo e não de eventuais alterações na dinâmica do sistema como um todo.

Tudo isso seria desnecessário reproduzir aqui se não fosse por um simples motivo: o comportamento cíclico periódico produzido pela atuação conjunta de ciclos de realimentação positiva e negativa⁶ e os atratores estáveis não são as únicas possibilidades em sistemas não lineares; vários outros atratores podem existir. Em um interessante estudo sobre organizações, Stacey (1995: 240-241) lista os seguintes padrões, ou atratores, apresentados normalmente pelos processos não lineares:

- “ *Stable equilibrium attractors in which behavior is repeated over time in a regular and therefore predictable manner with small deviations from this regular pattern being quickly damped away by the operation of negative feed back. When a system operates in this state the future is in the past and the present; there is uniformity and conformity. Managers set up stable equilibrium attractors for their organization when they design formal negative feedback control systems. Such systems comprises centralized hierarchical structures, reporting procedures, policies and*

⁶ Para uma descrição geral sobre a dinâmica de sistemas dominados por este tipo de atrator ver, por exemplo, Rasmussen e Mosekilde (1988:84)

rules, plans and budgets, as well as visions, missions and conformist ideologies. All of these in effect prescribe how people in an organization are to behave. In all human organizations then stable equilibrium attractors exist and they take the shape of the formal system, some kind of hierarchy and bureaucracy accompanied by the group dynamics of dependency and flight and thus conformist cultures.

- *Unstable attractors of various kinds. Here the system is drawn by positive feedback into highly unstable behavior in the sense that it may be an explosive pattern or no discernible pattern at all. In its conventional usage the term chaos might sometimes be applied to this attractor - behavior of utter confusion without pattern. Managers set up unstable attractors in their organization when they decentralize to an excessive extent, render impotent any form of hierarchy which exist, refuse to conform to any rules and procedures, fail to set up any monitoring systems and get caught up in fight cultures in which there is almost no conformity or cooperation. This is quite clearly a potential form of behavior for all organizations - it occurs when people operate entirely within the informal structures they spontaneously develop and ignore or do not have available to them much in the way of containing formal structures.*

- *Strange attractors. As nonlinear feedback systems pass from the stable to unstable attractors they pass through a phase transition in which they display behavior that is paradoxical in that it is both stable and unstable at the same time; this is called fractal, strange, bounded instability or chaos (chaos here does not mean utter confusion, but rather highly complex behavior which does have some structure). When a system is drawn into, or even close to some strange attractor it becomes capable of infinitely variable behavior. This is because small changes in behavior may be amplified into qualitatively different patterns. The result is that long term future behavior becomes totally unpredictable in specific terms but always occurs within recognizable, irregular patterns as the system is driven by both negative and positive feedback. Chaotic or fractal behavior falls into general categories which can be defined by certain irregular features, but within those categories behavior is infinitely variable - stormy weather and human anger are examples of such behavior. The point of enormous importance is that when systems follow strange attractors the links between cause and effect, between action and long term outcome, disappear in the complexity of interactions within the system. Managers establish strange attractors in their organizations when they sometimes operate within the formal structures that establish stable equilibrium and sometimes within the informal structures which lead to total instability when they are uncurbed. What is happening here is that one system (formal bureaucracy/conformist culture) sets the*

boundaries, or to put it in another way, the holding environment, while its shadow system, a spontaneously informal grouping of people pursuing political ends, seeks to undermine and so change the formal. It is this tension which generates chaos (unpredictable variety with recognizable general features) and that tension takes the form of difference, nonconformity, subversion and conflict.”

Esses atratores, como mencionado, têm sido encontrado nos mais variados tipos de sistemas não lineares⁷ e embora os do primeiro tipo acima, isto é aqueles de ponto fixo (como os pontos de demanda efetiva) ou de comportamento periódico sejam os que correspondam ao estágio mais longo do retrato de fase da maioria dos sistemas, os atratores do último tipo mencionado por Stacey são os mais comuns em sistemas evolutivos. Isto é, os sistemas mais capazes de adaptar-se a mudanças em seu meio ambiente são os cuja dinâmica é dominada por atratores situado na fase intermediária entre a estabilidade e a instabilidade; não é difícil compreender intuitivamente porque isso acontece.

Os ciclos de realimentação negativa são produzidos pelos elementos conservadores do sistema, isto é aqueles cujo comportamento coincide com o comportamento geral do sistema; já os ciclos de realimentação positiva são provocados por aqueles cujo comportamento empurra o comportamento geral do sistema em direção à outra dinâmica. Assim quando predominam os elementos conservadores o comportamento dinâmico preexistente tende a persistir; já quando os transformadores são mais importantes, nenhum comportamento definido tende a se impor em razão da própria diversidade de interesses; nesse caso o comportamento do sistema é caótico em sentido amplo. Apenas quando há um equilíbrio entre esses agentes, o sistema consegue apresentar uma dinâmica que é ao mesmo tempo consistente, devido à presença dos elementos conservadores, e capaz de adaptar-se a alterações no meio ambiente, porque apresenta também suficiente diversidade interna para tanto⁸. Quando se encontra nesse estágio, diz-se que o sistema está no limite do caos, em um atrator estranho, ou em uma situação de instabilidade limitada.

⁷ Ver por exemplo Gleick (1990) e Kauffman (1992).

⁸ Em um interessante estudo sobre a dinâmica da indústria pesqueira no Canadá, citado em Allen (1988), determinou-se que os maiores índices de eficiência nessa indústria são obtidos quando há uma proporção adequada entre pescadores cartesianos, ou conservadores, e estocásticos, ou elementos transformadores como chamados aqui. Nesse caso a indústria é suficientemente flexível para descobrir novos cardumes, devido a existência de agentes estocásticos, mas também é eficiente em explorá-los, graças a existência de agentes cartesianos.

A analogia com o comportamento das organizações novamente pode ser útil para esclarecer essas últimas questões. Segundo Stacey⁹:

“This way of looking at organizations [i.e. sob a ótica dos sistemas complexos] sees the dynamics in terms of a tension which is set up between a powerful pull to bureaucracy and conformity (the ossification attractor), on the one hand, and an equally powerful pull toward decentralization and individualism (the disintegration attractor), on the other. Creative, changeable systems are seen as those sustained at the edge of stability, in the phase transition where they are attracted by chaotic, fractal attractors. This is an essentially paradoxical state.

To summarize, if an organization operates close to stability then its future is intended by its top management, but any attempt to change that intended pattern of behavior is overcome by the negative feedback controls pulling the system back to equilibrium. Such an organization is highly likely to fail as soon as a competitor changes the rules of the game. If an organization is sustained at the edge, in the phase transition between stability and instability, it has the potential to be creative and to change. The future of such systems cannot be determined by some prior shared intention because the links between action and long-term outcome disappear. Instead of realizing prior intention, the long term outcomes of a creative changeable system emerge.”

O ponto-chave para o argumento a ser desenvolvido na seção 3 encontra-se nos dois últimos períodos da citação acima, a saber na imprevisibilidade radical apresentada pelos sistemas capazes de evoluir. No início desta seção sugeriu-se que os economistas, mesmo Keynes, normalmente tratam os sistemas econômicos como se sua dinâmica fosse controlada por atratores estáveis; nessas condições a principal e talvez a única fonte de incerteza radical são as alterações nas variáveis exógenas do modelo. A ênfase analítica, principalmente na Teoria Geral, em outras palavras é colocada nos impulsos originários, isto é nas variáveis exógenas como na eficiência marginal do capital determinada pelo estado de expectativas de longo prazo¹⁰, supondo-se implicitamente que a forma como os impulsos originários se propagam pelo sistema está sujeita a um grau de previsibilidade muito maior.

⁹ Op. cit. p. 241

¹⁰ Esta questão é constatada por vários autores. Segundo Cardim de Carvalho (1988), por exemplo: “... A idéia de que ciclos são a forma geral de propagação de mudanças exógenas não desapareceu da Teoria Geral, onde, porém, as ênfases são radicalmente

Se no entanto os sistemas econômicos são entendidos como sistemas evolutivos, a teoria da complexidade nos ensina que sua dinâmica não pode ser dominada por atratores estáveis. Ao contrário, sem diversidade e portanto sem instabilidade (limitada) as economias seriam incapazes de introduzir inovações tecnológicas e organizacionais, como sempre aliás destacou Schumpeter. A conclusão é que, como obviamente as economias evoluem, suas dinâmicas, principalmente nos momentos em que as transformações tecnológicas são mais intensas, encontram-se dominadas por atratores instáveis. Nesse caso, como já se sugeriu e se demonstrará em mais detalhe à frente, as ondas de propagação são uma fonte de incerteza sobre os processos econômicos provavelmente até mais importante do que as alterações nos impulsos originários, na medida em que grandes impactos sobre a economia podem ser produzidos por mudanças muito pequenas nos impulsos originários, isto é nas condições gerais do meio ambiente em que a economia evolui. O que se sugere aqui, em outras palavras, é que o estudo da dinâmica dos sistemas econômicos sob a ótica da teoria da complexidade revela que os processos econômicos estão sujeitos a um grau de incerteza ainda maior do que normalmente acredita o mais fundamentalista dos keynesianos, na medida em que não apenas os choques exógenos, mas também a forma como estes se propagam, são imprevisíveis no mais estrito sentido da teoria de Keynes. Não é absolutamente necessário nesse caso que ocorram grandes alterações nas variáveis exógenas para que o comportamento do sistema não possa ser previsto mesmo no curto prazo; pode bastar para isso que, por exemplo, uma pequena parcela dos agentes econômicos relevantes mudem marginalmente suas expectativas sobre o futuro, desde que essa mudança ocorra em determinados momentos da dinâmica do sistema.¹¹

alteradas. Apoiado em uma noção de expectativas e incerteza muito mais desenvolvida e sofisticada do que em suas obras anteriores, Keynes separa com clareza a geração de impulsos dos mecanismos pelos quais estes impulsos se espraiam pela economia. O mecanismo de propagação é deslocado a um segundo plano por duas razões básicas: a) a ênfase passa a ser dada à vulnerabilidade da economia a choques exógenos, entre os quais figura especialmente a mudança nos estados de expectativas de longo prazo; e b) para além dos desajustes presentes no processo de adaptação cíclica, Keynes conclui que mesmo estados terminais de equilíbrio podem ser caracterizados pela existência de desemprego e capacidade ociosa. É a descoberta do ‘equilíbrio com desemprego’ que define a novidade de Keynes, e não a noção, velha conhecida, de que há desemprego quando há recessão.”

¹¹ O novo estado do sistema segundo Prigogine e Stengers (1984:176) resultará de um processo de auto-organização porque não deriva do planejamento de nenhum agente específico “...but, on the contrary, because the amplification of a microscopic fluctuation occurring at the ‘right moment’ resulted in favoring one reaction path over a number of other equally possible paths. Under certain circumstances, therefore, the role played by

Isso não significa entretanto que esta forma de ver as coisas apresente um elevado grau de indeterminação teórica, como às vezes parece implicar a teoria keynesiana fundamentalista¹². Ao contrário, como se mostrará na seção seguinte, o estudo dos processos econômicos sob a ótica da complexidade permite contemplar diversas questões teóricas até agora difíceis de serem tratadas de uma nova perspectiva mais rica e certamente mais realista, na medida em que considera os sistemas econômicos não apenas em termos de suas relações estáticas, por exemplo como um sistema desenvolvido de trocas, mas como organismos capazes de evoluir; nesse caso tais sistemas devem apresentar obrigatoriamente dinâmica não linear o que reforça a tese, defendida neste trabalho, de que a teoria da complexidade pode fornecer “insights” importantes sobre processos sócio-econômicos¹³.

individual behavior can be decisive. More generally, the ‘overall’ behavior cannot in general be taken as dominating in any way the elementary process constituting it. Self-organization processes in far-from-equilibrium conditions corresponds to a delicate interplay between chance and necessity, between fluctuations and deterministic laws. We expect that near a bifurcation “[isto é próximo aos pontos em que o sistema muda de dinâmica] “fluctuations or random elements would play an important role, while between bifurcations the deterministic aspects would become dominant.”

¹²Comentando a visão de Minsky sobre a questão da endogeneidade da moeda, Mollo (1997:407), por exemplo, afirma que: “A primeira insuficiência [da análise de Minsky] relaciona-se com os problemas teóricos colocados pela noção de incerteza keynesiana. As dificuldades para a conversibilidade entre moedas (assim como os consequentes problemas de instabilidade e crise financeira) são vistos pelos pós-keynesianos como fruto da incerteza que banha a economia. Embora a incerteza possa explicar parte do comportamento dos agentes nestas situações de dificuldades, a explicação baseada na incerteza é inadequada, porque conduz a problemas de indeterminação teórica.”

“A incerteza, como sabemos, decorre do futuro desconhecido e/ou da descentralização das decisões em economias capitalistas. Quanto ao futuro desconhecido, o teórico econômico não pode apoiar sua teoria apenas nisso, porque nesse caso só há duas alternativas: ou o economista vira profeta, ou sua teoria fica comprometida pela impossibilidade de avançar hipóteses sobre a evolução futura da economia.”

¹³Algumas das evidências mais convincentes sobre a possibilidade de processos sócio-econômicos apresentarem dinâmica complexa encontram-se em: Mardelbrot (1963), Anderson e Sturis (1988) e Priesmeyer (1995). Deste autor ver especialmente : Bueno (1997 a), 1997 b) e 1996).

3 Incerteza e evolução: delineamento de um modelo evolutivo complexo pós-keynesiano/ neo-schumpeteriano

Uma hipótese fundamental do sistema keynesiano é a de que a moeda importa, no sentido de que variações da oferta monetária produzem profundos impactos sobre as variáveis reais da economia e não apenas nos preços. A teoria pós-keynesiana aprofunda essa discussão mostrando que, além disso, nas economias modernas a oferta de moeda é endógena na medida em que sua disponibilidade não é dada arbitrariamente pela autoridade monetária, mas regulada pelo funcionamento do sistema econômico em conjunto. Essa endogeneidade decorre da própria evolução do sistema financeiro, que introduz progressivamente inovações financeiras através de um processo de realimentação positiva com o restante dos agentes econômicos. Segundo Minsky (1982:66), autor das principais obras de referência no tema:

“Innovations in financial practices are a feature of our economy, especially when things go well. New institutions, such as Real Estate Investment Trusts (REITs), and new instruments, such as negotiable Certificates of Deposits, are developed and old instruments, such as commercial paper, increase in volume and find new uses. But each new instrument and expanded use of old instruments increases the amount of financing that is available and which can be used for financing activity and taking positions in inherited assets. Increased availability of finance bids up the prices of assets relative to the prices of current output, and this leads to increases in investment. The quantity of relevant moneys in a economy in which money conforms to Keynes’s definition, is endogenously determined.”

Em fases de expansão cíclica, o processo de realimentação positiva acima induz um aumento da proporção dos investimentos especulativos, isto é daqueles cujos fluxos de caixa esperados não são suficientes para saldar os financiamentos correspondentes, relativamente aos financiamentos de *hedge*, ou seja aqueles cujo fluxo de caixa esperado é suficiente para saldar os compromissos assumidos não exigindo financiamento adicional posterior, na medida em que o volume destes encontra-se limitado pelo funcionamento dos mercados de fatores e de produtos, enquanto os primeiros dependem apenas da ampliação da disponibilidade de crédito.

O aumento da proporção dos investimentos especulativos sobre os investimentos garantidos aumenta a vulnerabilidade da economia a crises porque,

nessas condições, uma inflexão no ritmo de expansão monetária por parte do sistema financeiro, por exemplo respondendo à uma mudança da política monetária governamental, tende a produzir um movimento cumulativo descendente. Isto acontece porque as unidades mais engajadas em investimentos especulativos dependem do prosseguimento da política anterior para saldar seus compromissos. Quando o sistema financeiro reduz o ritmo de expansão monetária e essas unidades mostram-se incapazes de fechar suas posições, ocorre uma reavaliação geral dos níveis aceitáveis de endividamento e da estrutura temporal dos passivos das unidades de financiamento (o aumento da proporção dos investimentos especulativos aumenta o prazo médio de retorno dos ativos empresariais e reduz o dos passivos), reiniciando o ciclo de realimentação positiva, agora no sentido descendente.

A hipótese de Minsky sobre a instabilidade financeira das economias modernas, em termos muito resumidos, postula portanto que, em razão da própria evolução do sistema financeiro, os agentes relevantes são induzidos à uma posição de fragilidade financeira, assumindo uma estrutura de débito mais curta temporalmente que a estrutura de ativos. Uma pequena alteração do ritmo de produção endógena de moeda, nessas condições, é capaz de inverter o ciclo de realimentação positiva que anteriormente contribuía para a expansão econômica. A hipótese de instabilidade financeira portanto contém:

“... a theory of how a capitalist economy endogenously generates a financial structure which is susceptible to financial crises, and how the normal functioning of financial markets in the resulting boom economy will trigger a financial crisis.”¹⁴

O problema da hipótese de instabilidade financeira, apesar de seu inegável alcance analítico, é que ela não nos diz quase nada sobre o que acontece com o lado da oferta da economia ao longo das expansões e crises. Tudo se passa como se todos os movimentos fundamentais da economia fossem dados pelas variáveis monetárias no sentido de que elas são consideradas como pontos de partida e de chegada dos ciclos de realimentação positiva, isto é tudo se passa como se não apenas a moeda importasse, mas como se ela fosse a única coisa que importasse.¹⁵

¹⁴ Minsky, op. cit. pp. 67-68

¹⁵ Em texto mais recente (Minsky, 1986, p. 219) essa conclusão é exposta explicitamente: *“Our economy is unstable because of capitalist finance. If a particular mix of hedge and speculative finance of positions and of internal and external financing of investment rules for a while, then there are, internal to the economy, incentives to change the mix. Any transitory tranquility is transformed into an expansion in which the speculative financing of positions and the external financing of investment increase. An investment*

A teoria de Minsky em suma explica a ocorrência de bolhas especulativas¹⁶ geradas essencialmente por uma liberalidade excessiva (produzida por fatores sistêmicos) quanto a oferta de moeda. Essas bolhas constituem-se na maior parte das vezes em fenômenos basicamente financeiros que tendem a esgotar-se por si próprios, embora o próprio fato de uma economia estar sujeita a ocorrência freqüente dessas bolhas possa torná-la bastante instável¹⁷. Para colocar de outro modo, o importante não é o fato de ocorrerem bolhas especulativas; elas sempre existiram. O problema é que o sistema capitalista torna-se cada vez mais susceptível a apresentar essas bolhas, e portanto mais instável, com a evolução das instituições financeiras.

As variações de preços relativos nos ativos e nos bens finais produzidas pelas modificações na oferta de moeda ao longo das expansões e recessões de cada bolha, entretanto, podem induzir realocações dos fatores produtivos entre os agentes econômicos que introduzem mais não-linearidade no processo. É mais do que razoável supor que, em certos casos, a flexibilidade alocativa gerada pela

boom that strips units of liquidity and increases the debt-equity ratios for financial institutions follows. Margins of safety are eroded even as success leads to a belief that the prior - and even the present - margins are too large.

A break in the boom occurs whenever short- and long-term interest rates rise enough so that attenuations and reversals in present-value relations take place. Often this occurs after the increase in demand financed by speculative has raised interest rates, wages of labor, and prices of material so that profit margins and thus the ability to validate the past are eroded.

Whether the break in the boom leads to a financial crisis, debt deflation, and deep depression or to a nontraumatic recession depends upon the overall liquidity of the economy, the relative size of the government sector, and the lender-of-last-resort action by the federal reserve. Thus the outcome of a contraction is determined by structural characteristics and by policy."

¹⁶ Cohen (1997:4-5) define bolhas especulativas da seguinte forma: "A speculative excess called a 'mania' implies an underlying insanity or irrationality is gripping investors, while the term 'bubble' forewarns of the inevitable bursting. It describes the entire event: the rush to an unsustainable peak, followed by the equally dramatic collapse. A bubble implies the price of an asset, or an entire market, is no longer in balance consistent with the underlying fundamental values".

¹⁷ Sobre o efeito final das bolhas especulativas, diz Cohen, op. cit. p.14: "... [in an] intriguing way most examples retrace around 80 to 99% of their previous rise, with a minimum 75% retracement as the norm. This persistent effect has given rise to the 'bubble' term... Although there is an old market adage that the boom precedes the crash, it might not seem clear as to why the mass hysteria of a boom should often end in a 70-99 per cent retracement to create the bubble profile."

flexibilidade monetária possa favorecer o processo de inovação tecnológica, no sentido de colocar à disposição de empresários inovadores recursos para financiar investimentos cujos fluxos de caixa esperados sejam, *ex ante*, considerados insuficientes para saldar compromisso futuros, isto é sejam considerados como investimentos especulativos. Evidentemente se esses investimentos, inicialmente considerados injustificados em face da tecnologia existente, revelarem-se depois bem sucedidos, no sentido de elevarem a margem de lucro dos empresários inovadores via reduções de custos de produção, os investimentos, que antes eram considerados especulativos, agora serão capazes de gerar caixa mais do que suficiente para saldar as dívidas contraídas. Ao contrário, um volume significativo dos recursos usados para financiar investimentos que anteriormente eram considerados seguros, não retorna aos emprestadores, devido ao processo de destruição criadora¹⁸.

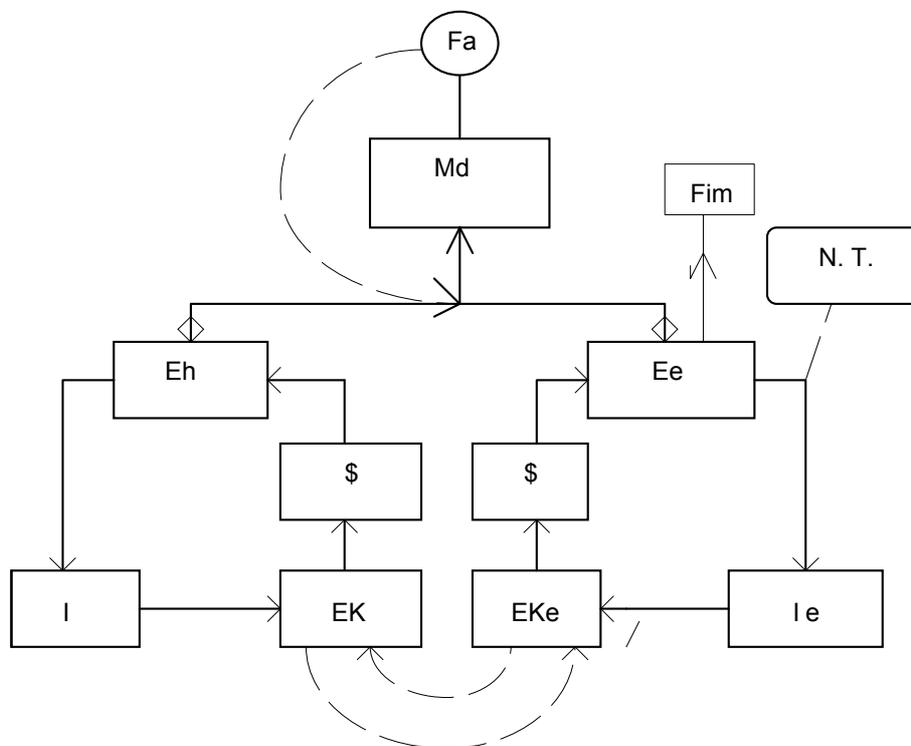
A definição de financiamento especulativo e de *hedge*, em outras palavras, não pode ser feita sem referência ao assim chamado lado real da economia. A flexibilidade tecnológica, isto é a ampliação do menu tecnológico disponível em cada momento para os empresários, gerada pelo desenvolvimento do sistema financeiro, pode ser mais do que suficiente para compensar o efeito nocivo da fragilidade financeira e assim constituir-se em uma poderosa força propulsora do crescimento econômico, *a la Schumpeter*, ao invés de um fator de crise sistêmica.

O problema todo é como identificar as fases da dinâmica dos sistemas econômicos em que a flexibilidade monetária atua principalmente como um fator de crise - que chamamos de fase pós-keynesiana pura - ou como um fator propulsor da inovação econômica- denominada fase pós-keynesiana /neo-schumpeteriana. Na primeira, o grau de flexibilidade monetária é alto demais para gerar qualquer padrão consistente de introdução de inovações e na segunda, ele é alto o suficiente para gerar flexibilidade tecnológica, mas inferior aos localizados na fase pós-keynesiana pura. Para Keynes a resposta era simples: o estado deveria intervir para evitar que o desenvolvimento autônomo do sistema financeiro conduzisse a economia para, o que se chamou aqui, a fase pós-keynesiana pura. Segundo Vercelli (1991:217):

¹⁸ Vercelli (1991:216) coloca a questão nos seguintes termos: “*A particularly important aspect of allocative flexibility refers to the reallocation of resources through credit in favour of innovating entrepreneurs . This property of money, which can be called ‘technological flexibility’, has been particularly stressed by Schumpeter. Through innovation, technological flexibility extends the set of economically viable technologies (though the repertoire of actually viable technologies may even shrink as many existing technologies become obsolete with the introduction of new ones).*”

“Keynes believes the the market by itself is unable to ‘filter out’ the physiological consequences of sophisticated financial relations from the pathological consequences. This is the main reason why he maintains that the state must intervene to sustain productive investment jeopardized by an excessive liquidity preference of agents stabilizing their long- run expectations.”

A teoria da complexidade cujos rudimentos foram apresentados na seção dois deste trabalho não invalida a tese de que o estado deva intervir para filtrar as consequências fisiológicas das patológicas do desenvolvimento das instituições financeiras. Mas certamente problematiza a eficiência dessa intervenção. Em sistemas sujeitos a ciclos de realimentação positiva e negativa, e que portanto apresentam relações não lineares, a previsibilidade das consequências das políticas econômicas só é possível num espaço limitado de seu retrato de fase. O diagrama de blocos abaixo esquematiza as idéias apresentadas nessa seção.



No topo do diagrama encontra-se a relação entre a demanda total por financiamentos (Md), dada pela soma das demandas por financiamentos de *hedge* (Eh) e especulativos (Ee), e a oferta total de crédito, determinada endogenamente. Essa relação é modulada pelo fator de alimentação (Fa). Dependendo da magnitude deste fator (ou da forma da função que o representa) a oferta de crédito responde de forma amortecida ou amplificadora às variações na demanda por crédito. O segundo caso corresponde à dinâmica pós-keynesiana pura.

O aumento da oferta de crédito dirige-se para o sistema em parte para atender demanda de empréstimos garantidos (de *hedge*), que se destinarão a realizar investimentos nas tecnologias já conhecidas, os quais por isso geram fluxos de caixa esperados previsíveis (\$). Esses recursos como os empréstimos são do tipo *hedge* são sempre suficientes para saldar os compromissos financeiros assumidos. O ponto importante a destacar aqui é que a demanda por empréstimos seguros depende das oportunidades oferecidas pela tecnologia existente.

A parcela restante da oferta de crédito adicional destina-se à demanda por empréstimos especulativos, que se transformarão ¹⁹ em investimentos em tecnologias novas, para as quais é impossível calcular um fluxo esperado de caixa, em razão da incerteza associada a tecnologias não testadas. Se as novas tecnologias tentadas fracassam o estoque de capital constituído a partir desses investimentos (EKe) não gera fluxo de caixa suficiente para saldar os empréstimos contraídos, o que aumenta a demanda por mais financiamento especulativo. O ciclo de alimentação positiva completa-se com o aumento amplificado da oferta monetária. Como a demanda por financiamento do tipo hedge aumenta mais lentamente devido a depender das oportunidades oferecidas pela tecnologia existente, a maior parte do aumento de crédito dirige-se para os investimentos especulativos, isto é para o lado direito do diagrama, reiniciando o ciclo. O processo prossegue até que se atinja algum teto para a expansão monetária, por exemplo dado por restrições internacionais a desvalorizações da moeda doméstica. A partir deste ponto a oferta de moeda deixa de crescer (ou passa a crescer mais lentamente dependendo da forma da função Fa), tornando impagáveis os empréstimos especulativos já contraídos e que dependiam de crédito adicional para serem saldados. As unidades mais endividadas quebram (Fim) o que reduz a demanda total por empréstimos especulativos. O mecanismo de alimentação passa agora a atuar no sentido contrário, amplificando os efeitos da redução da demanda por empréstimos, reduzindo progressivamente a oferta de crédito o que coloca mais e mais empresas em dificuldades. O ciclo de alimentação positiva, em outras palavras agora se dá na direção descendente, até que o peso das unidades endividadas especulativamente se torne pouco relevante em termos das unidades endividadas em termos seguros, o que cria as condições para a retomada do processo no sentido ascendente.

A amplificação das variações na demanda por crédito por parte do sistema financeiro produz então, neste modelo pós-keynesiano puro, um processo instável alimentado por ciclos de *feedback* positivo, que se orienta primeiro na direção ascendente para depois reverter explosivamente na direção oposta. É fácil constatar (e pensa-se não ser necessário elaborar muito este ponto por razões de espaço), por outro lado, que se o sistema financeiro responde de forma amortecida à demanda por financiamento, o espaço para o endividamento especulativo é muito menor, na medida em que as unidades especulativas defrontam-se mais cedo com as restrições de crédito, devendo obrigatoriamente reorientar seus investimentos para projetos mais seguros isto é baseados em tecnologias conhecidas ou, em casos extremos,

¹⁹ Na verdade apenas em parte, sendo concebível que a outra parcela destina-se exclusivamente a aplicações financeiras. A suposição aqui para simplificar o argumento, entretanto, é que todos os investimentos especulativos são realizados em novas tecnologias.

encerrar atividades, no caso de o peso do débito já ser muito elevado. A dinâmica da economia neste caso será conduzida por ciclos de alimentação negativa, sendo concebível que a evolução das variáveis macroeconômicas: Investimento, Renda Nacional, etc. siga uma trajetória definida primordialmente pelo ritmo de progresso técnico exógeno que aumenta monotonamente as oportunidades tecnológicas, como no modelo neoclássico básico de crescimento econômico, as quais determinam em última instância o ritmo de crescimento tanto da demanda como da oferta de crédito.

A característica mais marcante dos dois modelos heurísticos resumidos acima é que eles supõem que os investimentos especulativos sempre fracassam, como se mencionou de passagem acima. Isso decorre do fato de que o modelo pós-keynesiano puro (como apresentado aqui) não dá qualquer ênfase a questão das inovações tecnológicas, enquanto que o modelo neoclássico supõe (implicitamente) que as inovações têm um caráter incremental, isto é que representam modificações não radicais na tecnologia existente propiciadas pelo progresso técnico exógeno. Ao se introduzir a possibilidade da emergência de tecnologias radicalmente novas em *clusters* em intervalos discretos de tempo, constata-se que ambos os modelos deixam de capturar um aspecto essencial da realidade das economias capitalistas, o qual entretanto não pode ser adequadamente compreendido em modelos exclusivamente estáveis, como o neoclássico, ou exclusivamente instáveis, como o pós-keynesiano puro. Para isso é necessário construir um modelo que reúna simultaneamente as características de instabilidade e estabilidade próprias dos processos econômicos; as linhas básicas desse modelo, que obviamente requer inúmeros aperfeiçoamentos são as seguintes.

A emergência de *clusters* de novas tecnologias (N.T) está representada do lado direito do diagrama; a linha tracejada significa que elas só atuam sobre o circuito geral em momentos determinados do tempo. Pode-se supor que a emergência de novas tecnologias ocorra aleatoriamente seguindo alguma distribuição de probabilidade como em vários dos modelos neo-schumpeterianos²⁰. Para que elas possam difundir-se pelo sistema econômico é necessário que uma parte dos empresários envolva-se em investimentos especulativos, i.e. em investimentos que de acordo com o estado atual do conhecimento e da opinião convencional dos empresários não geram fluxos de caixa suficientes para saldar os empréstimos contraídos. Caso um volume suficiente desses investimentos seja feito no momento certo, isto é no momento em que os *clusters* de inovações radicais aparecem, o estoque de capital (considerados *time lags* apropriados) construído com esses investimentos especulativos agora será capaz de gerar um fluxo de caixa muito superior ao estoque de capital baseado na tecnologia antiga. Isto possibilita aos

²⁰ Ver, por exemplo, Nelson e Winter (1982) e Chiaromonte e Dosi (1993)

empresários inovadores conquistar mercados dos empresários tradicionais e, através de um processo de destruição criadora, eventualmente expulsá-los do mercado. As duas linhas tracejadas na parte inferior do diagrama representam essa substituição do equipamento baseado na tecnologia antiga pelos equipamentos (ou produtos novos), que acabará por produzir a falência de parte dos empresários tradicionais (Fim) que não conseguem imitar a nova tecnologia. A emergência das novas tecnologias, em outras palavras, transformou os antigos investimentos seguros em especulativos e vice-versa.

A questão é que tipo de sistema é mais capaz de adaptar-se às novas tecnologias? Um sistema econômico que se comporta segundo o padrão neoclássico, como definido acima, é incapaz de fazê-lo pelo simples fato de que a atividade especulativa consiste numa flutuação amortecida por ciclos de realimentação negativa em torno de um equilíbrio econômico definido pela tecnologia antiga, não atingindo nunca um volume grande e persistente o suficiente para viabilizar economicamente a difusão das novas tecnologias. Já no modelo pós-keynesiano puro a possibilidade de isso ocorrer existe mas é mínima. O mais provável é que os movimentos explosivos ascendentes e descendentes, produzidos pelos ciclos de realimentação positiva atuantes no sistema, inviabilizem completamente a adoção de novas tecnologias porque o investimento se diversifica tanto que nenhum tipo de equipamento ou produto realmente chega a se cristalizar. Quando a oferta de crédito finalmente infla apanha a maioria dos empresários tentando ajustar suas linhas de montagem às várias opções tecnológicas em processos de tentativa e erro, com linhas extensas demais de produtos finais. Para todos os efeitos, portanto, o mais provável é que a introdução da variável tecnologia no modelo não altere as conclusões de Minsky sobre a dinâmica das economias capitalistas modernas, se o sistema financeiro amplifica a demanda por crédito do setor produtivo, isto é se o sistema como um todo é comandado por ciclos de realimentação positiva.

Conclui-se então que para ser capaz de filtrar os aspectos fisiológicos dos patológicos do desenvolvimento das instituições financeiras, o sistema econômico deve apresentar tanto características de estabilidade, de modo a se evitar a possibilidade de diversidade exagerada, como de instabilidade, para tornar possível a adoção de novas tecnologias. Isto é o sistema deve estar localizado naquela fase de instabilidade limitada denominada de atrator estranho ou limite do caos, onde sua evolução é localmente imprevisível, mas processa-se dentro de certos padrões passíveis de serem apreendidos pela análise teórica.

4 - Conclusão

Contrariamente à uma tendência moderna de considerar a capacidade das instituições financeiras de introduzir inovações em ritmo cada vez mais rápido como fonte exclusiva de dificuldades para as economias capitalistas, principalmente no campo do pensamento econômico mais heterodoxo, este trabalho sugere que a instabilidade assim introduzida no sistema pode ter efeitos benéficos, desde que mantida dentro de certos limites.

Sugeriu-se no texto, especificamente, que um sistema econômico para aproveitar os benefícios gerados pelo desenvolvimento das instituições financeiras, evitando a instabilidade sistêmica que esse desenvolvimento pode gerar, deve localizar-se num estado intermediário entre a estabilidade e a desordem econômica. Nesse estado, denominado nos termos da teoria da complexidade de atrator estranho, a evolução do sistema é localmente imprevisível mas processa-se de acordo com certos padrões passíveis de serem compreendidos teoricamente. Silverberg e Lehnert (1992), com base em raciocínio semelhante ao desenvolvido aqui, denominaram esse processo de caos evolucionário.

Não há espaço para desenvolver neste trabalho as inúmeras implicações dessa conclusão. Menciona-se apenas uma delas para exemplificar como se podem extrair conclusões teóricas e de política econômica para um sistema que se comporta de forma imprevisível.

Um sistema econômico capaz de aproveitar as vantagens geradas pelo desenvolvimento das instituições financeiras, na medida em que é comandado por ciclos de realimentação positiva e negativa, está sujeito à instabilidade limitada no sentido de que não se pode impedir a ocorrência freqüente de bolhas financeiras às vezes de intensidade significativa, mas que produzem efeitos não duradouros sobre o restante do sistema²¹. Essa constatação permite extrair pelo menos uma conclusão

²¹ Essa situação ocorreu nos dois principais países líderes da segunda revolução industrial no final do século passado.: EUA e Alemanha. Na Inglaterra, ao contrário, em que a introdução das novas tecnologias foi muito menos acentuada, o sistema financeiro comportou-se de modo muito mais estável, o que dá algum suporte empírico à proposição defendida neste trabalho de que um certo grau de desordem financeira está associado inevitavelmente ao desenvolvimento industrial rápido. Comentando especificamente o caso americano, Galbraith (1983:122-123) lembra que os arranjos bancários e monetários do século passado foram extremamente favoráveis à emergência de bolhas especulativas, mas além disso também "...havia um poderoso incentivo para atrair pessoas aos bancos. Ninguém pode afirmar o que era mais importante. Na Grã-Bretanha e na França, também houve pânicos ou crises no século passado, como ocorrera antes. Foram muito mais suaves do que nos Estados Unidos, e isto tem sido comumente atribuído à maior maturidade e ao conservadorismo dos seus instrumentos bancários e monetários. Esta explicação pode muito bem ser válida. Mas algo deve ser atribuído à ausência de incentivos

precisa de política econômica. Se a autoridade econômica (por exemplo instituições internacionais como o FMI, quando se considera a economia mundial como um todo, ou os governos nacionais) julgar essas flutuações indesejáveis e empregar medidas para impedi-las, podem acontecer duas coisas (se as políticas adotadas forem potentes o suficiente para estancar as flutuações). O sistema pode caminhar para a instabilidade completa ou para o equilíbrio econômico estável. Nos dois casos ele perderá sua capacidade adaptativa, isto é perderá a capacidade de introduzir inovações tecnológicas vitais para promover o desenvolvimento econômico; a flutuação aperiódica, a imprevisibilidade em outras palavras, é assim um aspecto indissociável da evolução econômica. Isto não significa é claro que nunca deva haver intervenção coordenada sobre a economia mundial ou sobre um sistema econômico específico; é possível conceber (muitas) situações onde essa intervenção seja ao contrário indispensável para evitar a desordem econômica completa ou mesmo a estagnação associada à estabilidade econômica prolongada. O que este exemplo de fato sugere é que a teoria da complexidade abre espaço para começar a tratar teoricamente processos imersos em incerteza radical, talvez de uma forma mais promissora do que o fazem atualmente as diversas correntes fora do *main-stream*.

Uma palavra final, espera-se não estritamente necessária, mas conveniente para deixar totalmente claro o argumento desenvolvido. Não se pretendeu aqui evidentemente fazer uma apologia da instabilidade financeira, nem afirmar que ela não possa eventualmente produzir efeitos extremamente deletérios sobre a economia mundial, quando levada além de certo limite. O ponto que se desejou enfatizar foi o de que, talvez como os excessos de comportamento de um adolescente podem indicar um processo de amadurecimento criativo, a instabilidade financeira pode (sob certas circunstâncias é verdade) ser considerada como um sintoma de adaptação dos sistemas econômicos às alterações no meio-ambiente internacional, provocadas pelas inovações tecnológicas e institucionais desse final de século. Com boa vontade, pode-se contar de modo razoavelmente convincente uma história semelhante sobre os fatos que se sucederam no final do século passado

semelhantes à expansão e à euforia [como as existentes nos EUA com a adoção em massa das novas tecnologias e da integração do mercado interno - NPB]. E essa idéia ganha força quando se recorda que tanto na Grã-Bretanha quanto na França os maiores episódios de euforia especulativa e colapso basearam-se no otimismo engendrado pelas ilimitadas oportunidades que se supunha existirem na América.” Para uma descrição rápida do dinamismo do mercado financeiro alemão, comparado ao da Grã-Bretanha, ver também Landes (1994:358-363).

LITERATURA CITADA

- ALLEN, P. Evolution, innovation and economics. In: DOSI, G. et al. *Technical change and economic theory*. London: Pinter Publisher, 1988.
- ANDERSON, D.F & STURIS, J. Chaotic structures in generic management models. *System Dynamics Review*, 4, 1988.
- BAUMOL, W. AND BENHABIB, J. Chaos: significance, mechanism, and economic applications. *Journal of Economic Perspectives*, vol. 3 (1), winter 1989.
- BRIAN ARTHUR, W. Self-reinforcing mechanisms in economics. In: Anderson, P. & K. Arrow *The Economy as an Evolving Complex System*. Reading, Mass: Addison-Wesley, 1987.
- BUENO, N.P. Can complexity theory help to explain why Britain lost world industrial leadership to Germany in the end of the nineteenth century? Rio de Janeiro: Seminário Internacional sobre instituições e desenvolvimento econômico – *Anais ...*, nov. 1997 a)
- _____ O surgimento de instituições como uma propriedade emergente de sistemas hiperinstáveis. Caxambu: XXI Encontro da ANPOCS. *Anais ...*, out. 1997 b).
- _____ Complexidade e evolução: uma nota sobre a estrutura dos modelos neoschumpeterianos. *Revista Brasileira de Economia*, vol. 50 (4), dez. 1996.
- CAPRA, F. *A teia da vida*. São Paulo: Cultrix, 1997.
- CARDIM DE CARVALHO, F. Keynes, a instabilidade do capitalismo e a teoria do ciclo econômico. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 18 (3), dez. 1988.
- CHIAROMONTE, F. & DOSI, G. The microfoundations of competitiveness and their macroeconomic implications. In: FORAY, D & FREEMAN, C. *Technology and the wealth of nations*. London: OECD, 1993.
- COHEN, B. *The edge of chaos - financial booms, bubbles, crashes and chaos*. Chichester: John Wiley & sons, 1997.
- GALBRAITH, J.K. *Moeda; de onde veio, para onde foi*. São Paulo: Pioneira, 1983.
- GLEICK, J. *Caos - a criação de uma nova ciência*. Rio de Janeiro: Campus, 1990.
- GREGERSEN, H. & SAILER, L. *Chaos theory and its implications for social science research* Human Relations, 46 (7), 1993.
- KAUFFMAN, S. *Origins of order: self-organization and selection in evolution*. Oxford: Oxford University Press, 1992.
- KRUGMAN, P. *Exchange-rate instability*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 1989.
- LANDES, D.S. *Prometeu desacorrentado*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994.

- MANDELBROT, B. The variation of certain speculative prices. *Journal of Business*, 36, 1963.
- MINSKY, H. *Stabilizing na unstable economy*. New Haven and London: Yale University Press, 1986.
- _____ *Can "it" happen again?* New York: M.E. Sharpe, 1982.
- MOLLO, M.L.R. " A endogeneidade pós-keynesiana da moeda: traços ortodoxos e heterodoxos. *Estudos Econômicos*, 27 (3), set/dez. 1997.
- NELSON, R. & WINTER, S. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1982.
- PRIGOGINE, I. & STENGERS, I. *Order out of chaos - man's new dialogue with nature*. New York, Toronto: Bantam Books, 1984.
- PRIESMEYER, H.R. Logistic regression: a method for describing, interpreting, and forecasting social phenomenon with nonlinear equations. In: Albert, A. *Chaos and Society*. Amsterdam, Oxford: IOS Press, 1995 .
- RADZICKI, M. Institutional dynamics, deterministic chaos and self-organizing systems. *Journal of Economic Issues*, XXIV (1), march 1990.
- RASMUSSEN, R. & MOSEKILDE, E. Bifurcations and chaos in a generic management model *European Journal of Operational Research*, 35, 1988.
- SILVERBERG, G. & LEHNERT, D. Long waves in a simple schumpeterian model of embodied technical change. *Structural Change and Economic Dynamics*, 1992.
- STACEY, R. The role of chaos and self-organization in the development of creative organizations. In: Albert, A. *Chaos and society*. Amsterdam, Oxford: IOS Press, 1995.
- VERCELLI, A. *Methodological foundations of macroeconomics: Keynes and Lucas*. Cambridge, New York: Cambridge University Press, 1991.