

A Formalização da Interação Micro-Macrodinâmica: ABM e simulações em ciências sociais

Esther Dweck^(*)

XV Encontro Nacional de Economia Política

Artigo submetido às Sessões Ordinárias

Área: 1. Metodologia e História do Pensamento Econômico

Sub-área: 1.1. Metodologia e Caminhos da Ciência

Resumo

O desafio da interação micro-macro é entender como um sistema composto por agentes cujas decisões são fontes de não-estacionariedade, de instabilidade estrutural do sistema, é constituído por uma estabilidade observacional, com momentos de ruptura e evolução. O ponto central do artigo é que para uma abordagem formal deste desafio, a utilização de modelos de simulação é imprescindível. Indica-se que apesar do recente aumento da utilização deste instrumental para interação micro-macro, ainda há uma resistência, por parte tanto da ortodoxia quanto da heterodoxia, em aceitar as técnicas de simulação como instrumentos adequados a certos tipos de abordagens. Destaca-se que tal resistência está muito associada aos problemas metodológicos ligados à discussão mais ampla da utilização de simulação nas ciências sociais. Assim, alguns pontos importantes deste debate também são abordados, procurando destacar a posição aqui adotada. Dentre estes se podem destacar: a formulação do modelo; a análise qualitativa dos dados gerados; e a validação dos modelos.

Abstract

The Challenge of the micro-macro interaction is to understand how a system composed by agents, whose decisions are sources of non-stationary, of structural instability, is in fact marked by observational stability, with moments of rupture and evolution. The main point of this paper is that in order to have a formal approach to this challenge, it is indispensable to use simulation models. The paper indicates that even though there was, recently, an increase in the use of these tools, there still is a resistance in their use, either by orthodox or heterodox economists, even for specific approaches. It is highlighted is that this resistance is associated with methodological problems related to a broader discussion of the use of simulation in social sciences. Therefore, some important points of this debate are also discussed, trying to indicate the position adopted here. Among those it is possible to call attention to: the formulation of the model; the qualitative analysis of the data generated by the model; and the validation of models.

^(*) Professora Adjunta do IE/UFRJ – contato: esther.dweck@gmail.com.

A Formalização da Interação Micro-Macrodinâmica: ABM e simulações em ciências sociais

Esther Dweck^(*)

I. Introdução

A motivação para o estudo da macrodinâmica originou-se a partir da observação de regularidades empíricas que motivaram perguntas como: “o que determina uma trajetória auto-sustentada de crescimento?” ou “por que a trajetória observada é quase sempre cíclica?”. Nessa busca por interpretações teóricas, o objeto ganhou autonomia, uma vez que a teoria não se restringe a explicar ou descrever os fenômenos¹; toda teoria redefine o objeto de estudo de forma a destacar os elementos considerados mais importantes. Nesse processo de redefinição, a abstração necessária a qualquer teoria impõe certos limites à análise. Um fato curioso na teoria econômica é que o interesse pela análise da dinâmica foi sempre oscilante. Mesmo quando ela esteve em períodos de grande evidência houve uma oscilação entre seus dois focos principais – ciclo e crescimento –, que se acentuou ao longo do século XX.

Nos últimos 40 anos, como observou Simon (1984), diversos modelos agregados macrodinâmicos foram testados e ajustados para dados reais, mas não foi possível delimitar melhor as proposições teóricas. Para Simon, uma teoria não pode ser julgada como correta apenas por replicar os principais fatos estilizados sobre crescimento e ciclo; muitas teorias podem gerar fatos estilizados tão gerais quanto esses, mas as implicações políticas de diferentes teorias são muito distintas (Simon, 1984). Portanto, para ele, seria preciso ir a um nível maior de desagregação para validar teorias, ou seja, novas evidências no nível micro seriam necessárias para definir melhor o comportamento dos agentes e como eles tomam decisões.

A preocupação com a interação entre os níveis micro e macroeconômicos, presente na economia pelo menos desde Adam Smith, foi reinterpretada por Walras e posteriormente formalizada pelos neowalrasianos, os teóricos (matemáticos) do Equilíbrio Geral do século XX. Entretanto, a pergunta que está sendo feita nesse tipo de interação micro-macro é muito

^(*) Professora Adjunta do IE/UFRJ – contato: esther.dweck@gmail.com.

¹ É interessante observar que para muitos autores neoclássicos a definição de teoria é muito próxima à visão de Lucas: “a ‘theory’ is not a collection of assertions about the behavior of the actual economy but rather an explicit set of instructions for building a parallel or analogue system – a mechanical, imitation economy” (Lucas, 1980, p.697). Tal visão reflete a mudança na ciência econômica ressaltada por Arthur (2005, p. 27): “in due course [after mathematicians came into economics] economic theory began to be confused with mathematics in economics. Theories are arguments about how the world works, and they derive from observations and insight. (...) If you want theory, look to (...) economists writing before 1950. These were people who were interested in the actual economy”.

limitada: “como um sistema formado por unidades independentes se reproduz com certa estabilidade”. O principal desafio da interação micro-macro é mais amplo do que esse: é entender como um sistema composto por agentes cujas decisões são fontes de não-estacionariedade, de rupturas no sistema, de instabilidade estrutural, é constituído por uma estabilidade observacional, embora com alguns importantes momentos de ruptura e evolução². Sendo assim, muitos fatores que determinam a dinâmica macroeconômica situam-se ao nível micro, sem os quais a simples observação ao nível macro seria como um efeito sem causa. A incorporação do nível microeconômico visa a ressaltar o papel das decisões individuais e como essas influenciam e são influenciadas pela macroeconomia.

A proposta de introduzir “microfundamentos” à macro ganhou notoriedade a partir da contra-revolução novo-clássica³ na década de 70, mas na realidade ela é muito anterior. Como ressaltaram Pereira e Lima (1996, p. 33): “a primal example of the possibility of building consistent and coherent macro-models with sound alternative microfoundations is provided by Kalecki’s contribution”. Portanto, existem várias formas de “microfundamentar” a macroeconomia, sendo a opção neoclássica apenas uma entre várias outras.

Como ressalta Possas (1999, nota 69, p. 52), “se por ‘microeconômico’ entendermos o âmbito das *decisões dos agentes*, Keynes terá sido uma das referências mais notáveis do século neste campo fora do *mainstream*, ao organizar teoricamente e formular *insights* notáveis sobre formação de expectativas e decisões cruciais sob incerteza”. Portanto, dado o foco nos efeitos macro de sua análise, pode-se considerar Keynes como co-fundador da análise micro-macro heterodoxa⁴ ao lado, entre outros, de Kalecki e Schumpeter.

Para discutir a possibilidade de formalização da interação micro-macro: o primeiro ponto a ser discutido é o porquê de uma análise micro-macro, principalmente, quais os ganhos dessa abordagem. Em seguida será discutido o fato de que a formalização da interação micro-macro, uma vez descartado o subterfúgio do agente representativo, impede a obtenção de resultados analíticos determinados e a formulação de teoremas ‘elegantes’ e impõe a utilização de um

² Como ressaltam Dosi, Orsenigo (1994, p. 101): “if the challenge of microfoundations has to be taken seriously, (...) one must provide a reasonable theoretical story of how micro agents generate non-stationarity with their behaviours, while, *together*, often maintaining a world which is not too ‘disordered’” (Dosi, Orsenigo, 1994, p. 101).

³ Como será visto na próxima seção, há um problema crucial nessa análise. A principal forma pela qual esses autores incluíram os “microfundamentos” em sua análise foi via a hipótese de agente representativo, o que é no mínimo questionável frente ao objetivo principal de aperfeiçoar a análise micro.

⁴ Walras, por outro lado, é o fundador da análise micro-macro moderna no campo ortodoxo. Seu modelo de equilíbrio geral, na versão formalizada Arrow-Debreu, continua a ser a principal referência para a relação entre a estrutura macro e as decisões micro.

instrumental de simulação⁵. As vantagens e desvantagens deste instrumental serão explicitadas em seguida, em particular, será apresentada uma forma de modelagem que vem ganhando espaço dentro da heterodoxia, atualmente conhecida como *agent-based modelling* (ABM), e o debate entre os autores que utilizam o instrumental de simulação. Pontos relevantes nesse debate são: a discussão sobre modelos mais descritivos versus modelos mais simplificados; e a possibilidade de validação empírica, ou não, dos modelos.

II. A Abordagem Micro - Macro

A discussão de micro-fundamentos foi reforçada a partir da “crítica de Lucas” (1977) aos modelos econométricos de larga escala da síntese neoclássica, utilizados para a proposição de política. Para Lucas, a capacidade de previsão desses modelos para a implementação de políticas não seria determinada diretamente pela sua capacidade de descrever os fenômenos observados, uma vez que essa relação direta entre descrição e previsão requer a estabilidade dos parâmetros frente à mudança nas políticas (Lucas, 1977, p.220). Sem essa estabilidade, a análise macro não passaria de mera extrapolação da tendência, que poderia ser falseada sempre que esta última se alterasse. Nitidamente baseado em uma visão de equilíbrio geral, Lucas propôs que seria razoável supor que preferências e tecnologias (“*deep parameters*” ou “*fundamentals*”) não se alterem continuamente devido a políticas anti-cíclicas e que, nesse tipo de situação, a utilização de modelos de equilíbrio com esses fundamentos seria mais adequada (Lucas, 1977, p. 221).

Tal crítica, como observou Vercelli (1991, p. 137), contém certos elementos relevantes. No entanto, a solução proposta pelo próprio Lucas não a resolve. Como se sabe, esta crítica retomou a questão dos microfundamentos, mas também reforçou a crença no método de equilíbrio como o único cientificamente adequado, a partir da introdução das hipóteses de expectativas racionais e de agentes representativos⁶. É interessante que tal crítica, voltada a modelos aplicados, repercutiu sobre os modelos teóricos, alterando de forma significativa o método do *mainstream*. Para Vercelli, é preciso separar a crítica de Lucas de sua proposta: se, por um lado, a crítica de Lucas a esses modelos econométricos contém elementos relevantes, por outro a suposição de que “os fundamentos” – preferências e tecnologias – permanecem

⁵ Chick (2004, p.12) ressalta que a análise de Keynes poderia ser mais aprofundada se no seu tempo tal instrumental estivesse disponível. “In the absence of the technique of simulation, not available to Keynes, he cut through the limitless possibilities by the use of short-period equilibrium”.

⁶ Ambas as hipóteses são importantes, mas menos centrais à proposta de Lucas do que se pensa: são introduzidas para tornar o método de equilíbrio relevante. Expectativas racionais é um princípio técnico que permite conciliar um mecanismo endógeno de formação de expectativas com equilíbrio geral (Vercelli, 1991, cap 8), enquanto o agente representativo permite obter unicidade e estabilidade do equilíbrio (Kirman, 1992).

invariáveis é apenas uma conjectura, como o próprio Lucas ressalta, que provavelmente está incorreta (Vercelli, 1991, p. 138). Da mesma maneira, a crítica não se aplica a qualquer modelo de desequilíbrio; portanto, ela deve ser levada em consideração, sem que isso implique uma superioridade dos modelos de equilíbrio em relação aos de desequilíbrio.

Como observa Kirman (1992), a partir da crítica de Lucas, os economistas do *mainstream* acreditavam ter descoberto o modelo adequado para o comportamento individual – otimização com restrição – e, portanto, seria natural construir modelos macro baseados nesse comportamento individual. Entretanto, dada a obsessão em obter equilíbrio estável e único, condições que justificam a análise de equilíbrio e permitem estática comparativa, essa passagem do nível micro para o macro não é tão simples. “These properties [unicidade e estabilidade], however, depend on characteristics of the aggregate excess demand of the economy. The textbook individual’s excess demand has these properties but the passage from that observation to ensuring that the same properties hold at the aggregate level is more than delicate” (Kirman, 1992, p. 119).

A forma utilizada para garantir tal resultado foi assumir um agente representativo, ou seja, impor que a economia como um todo se comporte como um único indivíduo. Isto porque a agregação deste comportamento individual não garante que comportamento coletivo será igual ao individual; nem foi possível impor certas suposições sobre os indivíduos que garantam que o resultado coletivo será igual ao individual. Portanto, a suposição de agente representativo não é tão inócua, como observa (Kirman, 1992, p. 125): “it is the fiction by which macroeconomists can justify equilibrium analysis and provide pseudo-microfoundations”.

Tanto sobre o modelo de Equilíbrio Geral mais tradicional como sobre sua versão para explicar certos fenômenos macro, proposta pelos Novos Clássicos, pende um problema mais profundo: “can one do good science with assumptions that are clearly at odds with any empirical evidence about micro behaviour”⁷? Aqui há dois pontos interessantes: por um lado, pode-se questionar a extrapolação destes para o nível macro; e, por outro, também se podem questionar os microfundamentos escolhidos.

A teoria da complexidade demonstra que resultados ao nível macro podem ser muito diferentes do que se observa ao nível micro (e.g. as “propriedades emergentes”), além do que o próprio nível micro é em si mesmo complexo, às vezes com características de complexidade que não são inferiores às verificadas ao nível macro (e.g. o caso dos “fractais”). Portanto,

⁷ Com disse Richard Day (2003) em sua palestra na seção plenária do 11º Simpósio Annual da “*Society for Nonlinear Dynamics and Econometrics*”.

sempre que se procura analisar a interação entre dois níveis diferentes de agregação surge o problema de que a relação entre o comportamento individual de cada elemento e certas propriedades do sistema como um todo não são tão diretos quanto uma análise agregada ou de “agente representativo” é capaz de representar.

O argumento da complexidade é suficiente para tornar uma análise micro-macro sem agente representativo imprescindível, mas há um segundo argumento essencial para a análise de teorias microeconômicas alternativas. Já existe uma enorme quantidade de trabalhos contestando o nível micro postulado pelo *mainstream*. Entretanto, essas críticas sempre foram deixadas de lado pelos teóricos do *mainstream* desde que a teoria econômica tornou-se, para estes economistas, uma ciência axiomatizada, em que um raciocínio puramente dedutivo é aplicado a premissas cuja validade não é e, muitas vezes, nem pode ser questionada.

O objetivo de Lucas era reduzir a macro à micro Walrasiana e eliminar a dicotomia entre macro e micro. Entretanto, essa tentativa é insatisfatória pelos motivos explicitados acima: (1) depende da hipótese de agente representativo que elimina o principal objeto que deve ser estudado pela macro: os problemas de agregação e as falhas de coordenação; (2) deixa de lado os principais problemas considerados por Keynes: incerteza, desequilíbrio, instabilidade, mudança estrutural, etc (Vercelli, 1991, cap. 8). O principal problema é a própria teoria micro escolhida, que não permite discutir diversos problemas e questões mais amplas da macroeconomia. A síntese ainda está longe e provavelmente não virá pela redução de uma à outra. Micro-fundamentos devem ser pensados, mas não devem ser restritos à micro Walrasiana.

O desafio da interação micro-macro

O desafio da interação micro-macro destacado acima é o de explicar como um sistema, que pode ser descrito como complexo evolucionário, funciona. Tal sistema é caracterizado principalmente pelo fato de que está em constante mudança perpetrada por mecanismos endógenos ao próprio sistema. Como ressaltaram Day e Eliasson (1986, p. 11): “major structural changes that are conventionally treated as exogenous are an endogenous part of it, even though we find them difficult or impossible to model”.

Esse processo endógeno destacado por Day e Eliasson nada mais é do que o mecanismo endógeno de mudança estrutural presente na ação dos agentes do sistema econômico capitalista. Como é possível observar na citação acima, a crença na impossibilidade de modelar (formalizar) tal processo ainda era forte até meados da década de 1980, apesar de o livro de Nelson e Winter ter sido publicado em 1982. A partir desse trabalho seminal ocorreu o fortalecimento de um instrumental específico (ainda que mais amplo), muito centrado nos

autores evolucionários/neo-schumpeterianos, que permite tal formalização. A grande vantagem desse modelos, como observou Silverberg (1988, p. 23), é que atendem ao seguinte critério: “the validity of a theory does not rest on the conformity of one or two of its predictions to reality, but on all its predictions (...), including the behaviour of microunits”⁸. Em outras palavras, este instrumental responde em parte à crítica de Simon, apresentada na introdução, e ressalta a importância da análise micro-macro para endogeneizar a influência das decisões individuais, de forma a incorporar as idéias schumpeterianas.

Se, por um lado, a influência Walrasiana sobre Schumpeter o deixou preso a uma idéia de equilíbrio (ou mais ampla de estabilidade dinâmica), ainda que este pudesse ser rompido, por outro aparentemente também o influenciou com a idéia central de que “all agents and markets are interrelated and that the macroeconomic outcome of any change in the system (in technology, government policies or preferences) depends both on how individuals behave and how they interact” (Day e Eliasson, 1986, p. 12). Está última é uma idéia fundamental para qualquer análise micro-macro e, ao explorar essa idéia, Schumpeter se afastou do mundo Walrasiano de estabilidade estrutural, pois introduziu um elemento fundamental: a introdução endógena de inovações como resultado da interação (concorrência) entre os agentes.

O instrumental matemático que permite tal abordagem foi recentemente agrupado em torno do nome Agent-Based Modelling (ABM). Dada a importância desse instrumental para a formalização da interação micro-macro, ele será comentado a seguir com um pouco mais de detalhes. Cabe ressaltar que sua apresentação se deve a sua contribuição mais como um instrumental de análise do que como um conjunto de propostas teóricas. Na realidade, há um conjunto de propostas teóricas, até certo ponto incompatíveis, sob o mesmo título. Em um extremo há teóricos do equilíbrio geral contrários à idéia de agente representativo e que aceitam a possibilidade de equilíbrios múltiplos e em outro os autores evolucionários/neo-schumpeterianos.

III. Modelos Baseados no Agente (Agent-Based Modelling)

A integração micro-macroeconômica ainda é muito pouco difundida no campo heterodoxo. Em parte, há uma certa especialização entre os economistas, alguns mais voltados para as questões macroeconômicas e outros às questões micro. Entretanto, dentro do campo evolucionário observou-se uma maior preocupação com a integração micro-macro desde o

⁸ “This cannot be the only criterion of judgment of alternative theories. However, in economics its application would probably weed out a good percentage of incumbent models. For example, if one were required to build models whose assumptions or conclusions were not in open conflict with other major ‘stylized facts’, what would be the fate of so-called ‘real business cycle theories’? (Dosi, Orsenigo, 1994, p. 110, nota 21).

trabalho seminal de Nelson e Winter, principalmente a partir de um descontentamento com a abordagem ortodoxa sobre o assunto. Apesar de suas limitações, tal abordagem evoluiu para a formação de um instrumental muito apropriado para tal integração, definido recentemente como *Agent-Based* (AB).

De forma bem ampla, tal abordagem permite analisar sistemas que são caracterizados por interações “micro-macro”⁹ cujas propriedades agregadas emergem da interação de entidades micro, com ou sem mecanismos de retro-alimentação entre os diferentes níveis de análise. Como ressaltam Pycka e Fagiolo (2005, p. 4), tal abordagem se fortaleceu a partir do descontentamento com a abordagem do *mainstream* sobre a interação micro-macro que, a partir de Lucas, consolidou-se em torno dos modelos macro com micro-fundamentos walrasianos. A abordagem AB¹⁰ parte da rejeição das suposições apriorísticas de equilíbrio contínuo, agente representativo e híper-racionalidade (Fagiolo, et al, 2006, p. 2).

Nesta abordagem, o agente, definido de acordo com o problema abordado, refere-se às partes que constituem o sistema para as quais são definidos os dados iniciais e as regras de comportamento, sendo que um agente pode ser composto por outros, formando estruturas hierárquicas. Como ressaltou Tesfatsion (2005, p. 4), os agentes podem variar desde entidades muito sofisticadas, com capacidade de tomar decisões e aprender, até simples características sem função cognitiva, sendo os principais tipos de agentes encontrados os indivíduos (e.g. consumidores, trabalhadores); grupos sociais (e.g. famílias, firmas, agências de governo); instituições (e.g. mercados, sistemas regulatórios); entidades biológicas (e.g. florestas); entidades físicas (e.g. infra-estrutura, regiões geográficas).

As características principais da abordagem AB são:

- a. **filosofia de “baixo-para-cima” (“bottom-up”)** – as propriedades agregadas são resultados da dinâmica micro entre os agentes que a compõem, idéia que contrasta com a imposição de “cima para baixo” da maioria dos modelos do *mainstream*;
- b. **estrutura básica:** (i) tempo – normalmente discreto; (ii) agentes (ou atores); (iii) estados (ações) micro; (iv) parâmetros micro; (v) parâmetros macro; (vi) estrutura de interação; (vii) regras de decisão micro; (viii) variáveis agregadas;

⁹ Como será visto a seguir, os termos micro e macro aqui assumem um sentido um pouco diferente e menos “teórico” do que está sendo proposto no restante do artigo. Como pode ser visto em alguns *surveys* sobre esse tipo de abordagem (e.g. Dawid, 2005), este não é utilizado apenas para modelos de crescimento microfundamentados, mas para qualquer tipo de modelagem que envolva interação entre instâncias em diferentes níveis de agregação, como por exemplo firmas dentro de uma única indústria.

¹⁰ Há uma lista de abordagens que compartilham as mesmas questões metodológicas, mas que ficaram conhecidas de formas diferentes, tais como: economia evolucionária, ACE (Agent-Based Computational Economics), modelos neo-schumpeterianos e *history-friendly models*.

- c. **foco sobre processo** – o foco não é sobre equilíbrio estático ou qualquer posição de *steady state*, mas sim sobre a trajetória gerada com possíveis propriedades emergentes na dinâmica agregada.
- d. **simulação em computador** – na grande maioria dos modelos AB há uma impossibilidade de obtenção de solução analítica e, portanto, há uma ampla utilização de análises com base em simulação em computador;

Esta estrutura básica permite abordar de **sistemas complexos evolucionários** (ECS) – os agentes interagem em um sistema complexo que evolui ao longo do tempo, em grande parte devido à própria interação dos agentes. Alguns elementos importantes dos sistemas complexos evolucionários incorporados na abordagem AB são:

- i. **heterogeneidade** – possibilidade de incluir agentes heterogêneos, ou de introdução endógena de heterogeneidade, em quase todas as características;
- ii. **interação direta (endógena) dos agentes** - as decisões tomadas por um agente dependam das decisões tomadas pelos outros agentes em períodos anteriores;
- iii. **racionalidade limitada** – impossibilidade de hiper-racionalidade – a principal consequência decorrente tanto da introdução endógena de inovações quanto da interação de agentes com limitação cognitiva, é que este não há regularidades suficientes para que agentes aprendam e corrijam suas probabilidades subjetivas, como suposto na teoria de escolha sob “incerteza” neoclássica;
- iv. **dinâmica verdadeira e completa** – dinâmica é “verdadeira” pois é não-reversível, o sistema evolui de forma *path-dependent*, em parte como consequência das expectativas adaptativas dos agentes (Pyka, Fagiolo, 2005, p.11). A dinâmica é também completa no sentido de que, dadas as condições iniciais, o sistema se desenvolve apenas com base na interação dos agentes, sem intervenção do modelador (Teshfatsion, 2005, p. 6);

III.1 Vantagens

Tal abordagem possui certas vantagens *vis-à-vis* outras mais tradicionais. Em primeiro lugar, há uma grande flexibilidade, não só pelos seus elementos principais, mas também pela facilidade obtida a partir da programação computacional. Pode ser aplicada a sistemas em vários níveis de agregação, desde que sejam mantidos os elementos principais descritos acima. Dentre as aplicações existentes dessa abordagem pode-se mencionar em um extremo a teoria de jogos evolucionários, os modelos de interação e os modelos de formação endógena de redes e, no outro, os modelos de dinâmica industrial e os de crescimento endógeno evolucionários.

Em segundo lugar, o foco sobre o processo, ao invés de equilíbrio ou estática comparativa, permite abordar fenômenos com equilíbrios múltiplos ou sem equilíbrio. O objetivo principal de demonstrar que fenômenos coletivos surgem a partir da interação de agentes autônomos e heterogêneos torna-se mais minucioso, pois permite isolar comportamentos críticos de forma a identificar quais agentes direcionam mais os resultados coletivos do que outros; mais ainda, permite destacar que tipo de comportamento estratégico dos agentes possui um impacto macroeconômico. É claramente um instrumental adaptado para a visão evolucionária, pois permite ainda identificar momentos de mudanças qualitativas e não apenas quantitativas (Pyka, Fagiolo, 2005), bem como tratar co-evolução em vários níveis.

Outra vantagem é que este instrumental pode ser utilizado para cumprir diversos objetivos, tais como: (i) a compreensão de certas regularidades empíricas; (ii) uma melhor compreensão normativa, ao permitir avaliar políticas de forma mais consistente; e (iii) avaliação de proposições teóricas (Tsfatsion, 2005). Sem dúvida há uma maior transparência dos processos de modelagem, o que permite utilizar esses modelos como laboratórios computacionais para explorar implicações de teorias e, no limite, vários arranjos institucionais e possíveis trajetórias de desenvolvimento de forma a auxiliar o processo de decisão de firmas e *policy-makers*¹¹ (Dawid, 2005).

As vantagens ressaltadas acima não são suficientes para uma aceitação por parte da grande maioria dos economistas, sejam heterodoxos ou do *mainstream*, da metodologia AB. Em um trabalho recente sobre o tema (Fagiolo *et al.*, 2006), os autores identificam que tal rejeição está associada a certos problemas, dos quais quatro foram destacados em uma conferência recente.

¹¹ Como será discutido a seguir, ainda há um certo ceticismo em relação à possibilidade de utilizar esses “laboratórios” para formulação de política.

III.2 Desvantagens

Em primeiro lugar, os autores destacam a ausência de um conjunto padrão de modelos teóricos aplicados a um grupo de áreas de pesquisa e de uma comparação entre os diferentes modelos existentes. Outro ponto muito destacado é a falta de robustez dos resultados. Tais modelos são caracterizados não apenas por interações recursivas e não-lineares, que dificultam a análise de resultados, mas também tendem a ser de dimensão muito grande e portanto com muitos graus de liberdade. Esse problema de muitos parâmetros livres (“free parameters”) é visto como um ponto fraco, pois seria possível obter qualquer resultado com modelos de simulação. “Under these conditions, comparisons with stylized facts not only represent a weak test for the validity of individual models; they fail to provide a strong methodological basis for comparing competing models” (Fagiolo, et al., 2006, p. 5). Esse ponto remete a outro: a falta de técnicas padronizadas para a construção e análise desses modelos. Ainda precisam ser respondidas questões sobre: como e quando análises de sensibilidade devem ser feitas; como se deve lidar com a possível não-ergodicidade do processo estocástico envolvido; como interpretar o período de referência dos modelos e a estrutura de defasagem, em termos de tempo cronológico, para permitir comparação com dados reais. Além disso, os autores destacam uma série de problemas na relação desses modelos com os dados empíricos (Fagiolo *et al.*, 2006, p. 6).

A abordagem AB ainda está em sua fase inicial e diversas questões ainda precisam ser resolvidas e outras formuladas, principalmente quanto a aspectos metodológicos. Por isso mesmo há uma discussão cada vez mais importante sobre a possibilidade de seleção de modelos e a validação dos mesmos. Pontos relevantes nesse debate são: a discussão sobre modelos mais descritivos versus modelos mais simplificados; e a possibilidade de validação empírica, ou não, dos modelos. Estes pontos fazem parte de uma discussão mais ampla da utilização de modelos de simulação nas ciências sociais e, mais precisamente para a análise da interação micro-macroeconômica, e serão abordados na próxima seção.

IV. Simulação nas Ciências Sociais: uma introdução ao debate

O instrumento metodológico utilizado na pesquisa científica influencia os objetivos a que esta se propõe. Por outro lado, o próprio método pode ser restringido pelos instrumentos existentes, e não há dúvida de que o recente crescimento da análise de simulação está diretamente associado a uma importante inovação tecnológica – os computadores pessoais. Os

primeiros trabalhos que utilizaram simulação em ciências sociais são da década de 1960¹² (e.g. Cyert e March, 1963), mas, ainda assim, é um campo relativamente novo; somente a partir da década de 1990 houve um crescimento no número de artigos relativos à simulação¹³. Entretanto, como demonstra Axelrod (2003, p. 3), estes artigos ainda apresentam uma grande dispersão:

“works using social science simulation, works by social scientists interested in simulation, and works citing social science simulation are all very widely dispersed throughout the journals. There is not yet much concentration of articles in specialist journals, as there is in other interdisciplinary fields”.

IV.1 Por que um modelo de simulação?

O ponto central é que não há uma contraposição entre resultados analíticos e resultados de simulação. Quando possível, uma solução analítica pode ser preferível a um resultado por simulação, mas muitas vezes para se obter soluções analíticas é preciso alterar (simplificar) o objeto de forma substancial, comprometendo os resultados da análise. Processos caracterizados por mudança estrutural endógena e interação entre diferentes níveis de análise, com possíveis propriedades emergentes, são identificados por não-linearidade estrutural e requerem a análise da trajetória. Em tais processos iterativos, ocorrem mudanças, não apenas nas variáveis endógenas, como também nos próprios parâmetros. Nestes casos, frente à impossibilidade de definir um resultado único e previsível, é possível obter trajetórias por simulação, que dependem das hipóteses sobre as condições iniciais e valores dos parâmetros.

Uma das principais vantagens da escolha metodológica por exercícios de simulação é a possibilidade de se realizar uma abordagem formal, ampliando o poder analítico, sem se ater a suposições de equilíbrio (Possas, 2002). Mais do que uma simples formalização, a utilização de modelos de simulação permite a análise de fenômenos que ocorrem no tempo, crucial para qualquer análise dinâmica, de uma forma diferente dos modelos matemáticos analíticos.

Um modelo de simulação nada mais é do que um sistema de equações. Porém, enquanto em um modelo analítico-matemático as equações determinam as condições a serem atendidas, em um modelo de simulação elas determinam as instruções a serem seguidas; e tal diferença

¹² “... The first developments in computer simulation in the social sciences coincided with the first use of computers in university research in the early 1960s. They mainly consisted of discrete event simulations or simulations based on system dynamics” (Gilbert e Troitzsch, 2005, p. 6).

¹³ O crescimento da utilização do instrumental de simulação pode ser percebido na quantidade de recursos disponíveis sobre o assunto, tais como (Axelrod, 2003, p. 15): (1) revistas acadêmicas com o objetivo de promover simulação em ciências sociais como *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, o *Journal of Economic Behavior and Organization* e o *Journal of Computational and Mathematical Organization Theory*; (2) instituições que promovem a modelagem de simulação como: Santa Fe Institute, pioneiro, e New England Complex Systems Institute; (3) *Complexity Digest* que divulga eventos e artigos sobre o tema, <http://www.comdig.org/>; (4) um site mantido por Leigh Tesfatsion, <http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/ace.htm>, sobre modelagem computacional e sistemas complexos adaptativos.

afeta os resultados obtidos. Resolver um modelo analítico significa encontrar valores que satisfaçam às condições, ou seja, encontrar valores para as propriedades conhecidas. Por outro lado, resolver um modelo de simulação significa executar as instruções para encontrar as propriedades decorrentes (Valente, 2002, p. 4).

Em outras palavras, o uso de simulação possibilita a abordagem de sistemas matemáticos para os quais não há solução analítica, como a grande maioria dos sistemas não-lineares¹⁴, mas também permite abordar os processos sociais de forma mais completa. “... *Economic dynamics is better investigated by simulations not because of their simplicity (it isn’t...), but because programming is a natural symbolic support to represent many, if not most, economic phenomena*” (Valente, 2002, p. 3). A utilização de simulação, portanto, é relevante não apenas porque permite abordar configurações que a análise matemática não consegue, mas, principalmente, porque a linguagem utilizada permite representar os processos de forma temporal e logicamente rigorosa, muito diferente dos modelos analíticos.

IV.2 Simulação e a abordagem do tempo em economia

Dentre as três instâncias de abordagem do tempo econômico destacadas em Possas (1987) – teórica, histórica e cronológica – a primeira está sempre, de alguma forma, contemplada em um modelo de simulação. Como observaram Nelson e Winter, os modelos de simulação possuem um rigor de construção de modelos dinâmicos muito importante: “*the program must contain a complete specification of how the system state at $t+1$ depends on that at t and exogenous factors, or it will not run*” (Nelson e Winter, 1977, p. 272) – o que permite analisar a cadeia de causas e efeitos que dão origem a determinados eventos.

Além disto, ainda em um nível puramente teórico, um bom modelo de simulação deve incorporar também a dimensão histórica do tempo. Certamente, a inclusão estará subordinada à forma como essa dimensão é incorporada à teoria na qual o modelo está baseado, tanto no sentido amplo de subordinação da esfera econômica “às características do modo de produção em que [está fundada] (...), no caso, o capitalista” (Possas, 1987, p. 31), quanto no sentido mais concreto das especificidades “pertinentes ao *período histórico* em que se pretende aplicar” (Possas, 1987, p. 32, grifo meu). É importante observar que a definição de tempo

¹⁴ “The only generally effective way of exploring nonlinear behaviour is to simulate it by building a model and then running the simulation” (Gilbert e Troitzsch, 2005, p. 10).

histórico aqui proposta difere do tempo histórico do qual falam os pós keynesianos¹⁵, Joan Robinson (1979) inclusive, que considera equivalente à idéia de tempo teórico irreversível.

A distinção entre dimensão teórica e histórica do tempo econômico é muito importante em um modelo de simulação. Tempo histórico¹⁶ refere-se ao período histórico em que a teoria deve ser formulada, enquanto o tempo teórico determina o período de referência em um determinado modelo. Se este será reversível ou irreversível, depende da teoria que será proposta. Em um ambiente em que há mudança estrutural endógena, decisão crucial, em que o ambiente é não-estacionário e não-ergódico, o tempo teórico é necessariamente irreversível, ou seja, é o tempo histórico de Robinson.

Outra distinção importante é entre tempo teórico e tempo cronológico. Qualquer análise de simulação refere-se a um tempo genérico t que deve possuir algum significado teórico, mas não necessariamente uma contrapartida cronológica direta. Esse é um ponto importante que dificulta a comparação direta com resultados empíricos. A determinação da frequência temporal dos eventos é tão importante quanto determinar a forma funcional e as condições iniciais. Isto significa levar em conta que diferentes eventos econômicos ocorrem em diferentes intervalos de tempo; um exemplo bem simples é a diferença temporal entre decisões de investir e de produzir.

Apesar da melhor adequação do exercício de simulação, em certos casos, ainda há muita resistência ao instrumental de simulação. Tal resistência está muito associada aos problemas metodológicos destacados acima, como destacaram Silverberg e Verspagen (1998) na resenha sobre os modelos de crescimento endógeno evolucionários:

“In order to stimulate other contributors to the evolutionary debate to take similar perspective in the future, further work on methodological issues, such as the status of simulation experiments relative to analytical results, or the statistical evaluation of results generated by computer simulations, is obviously required” (Silverberg e Verspagen, 1998, p. 260).

¹⁵ “... The “historical time” referred to here is associated with a particular vision of economic systems, and is not to be confused with history itself – i.e., an actual chronological sequence of events – which is open to multiple interpretations depending (among other things) on one’s theory of historical processes. Note also that the concept of historical time does *not* imply that once it becomes “given and immutable”, the past is incontrovertible. On the contrary, the interpretation of history can be – and is surely likely to be – a subject of debate. To put it differently, to say that bygones are bygones (as in historical time) does not imply that there cannot be different interpretations of the past” (Lang; Setterfield, 2005 p. 3, nota 1). “Perhaps the most famous proponent of this view was Joan Robinson (1974), who first distinguished historical time as defined above from what she identified as the “logical time” in which much economic analysis – and in particular, most equilibrium analysis – is conducted” (Lang; Setterfield, 2005 p. 3).

¹⁶ “A dimensão histórica tem ascendência sobre a teórica porque fixa em última instância o âmbito e as precondições de validade da própria teoria, mas também porque estabelece a cada passo os contornos estruturais e institucionais que o tempo teórico deve subsumir” (Possas, 1987, p. 15).

IV.3 Metodologia de Simulação

Recentemente, este debate metodológico cresceu e alguns pontos importantes serão abordados a seguir. Dentre estes se pode destacar: (1) a formulação do modelo; (2) a análise qualitativa dos dados gerados; e (3) validação dos modelos. O objetivo principal é identificar a posição aqui adotada e, portanto, não serão apresentados de forma substancial os pontos conflitantes do debate; estes serão apenas indicados.

IV.3.1 A formulação de um modelo de simulação.

Antes de passar à questão específica da formulação, é importante ressaltar um aspecto que muitas vezes é imperceptível. Há uma diferença importante entre elaborar um modelo de simulação e provar um teorema (ou mesmo encontrar a solução analítica de um problema matemático): no primeiro, é impossível separar o trabalho do economista do trabalho de um programador; enquanto no segundo a distinção entre um economista e um matemático é clara. Essa diferença decorre de um ponto ressaltado acima: a resolução de um modelo matemático consiste em encontrar a solução para um dado sistema cuja propriedade é conhecida, enquanto a simulação é justamente encontrar as propriedades do sistema que se quer investigar.

Esse é um ponto muito ressaltado por Valente (1999, 2002, 2005), que não por acaso desenvolveu um software de simulação – *Laboratory for Simulation Development*¹⁷ – que pode ser utilizado por economistas com um conhecimento mínimo de linguagem de programação computacional. A utilização de simulação pode ter vários objetivos, mas um dos mais importantes refere-se às descobertas que ocorrem durante o processo. Tais descobertas ocorrem em todas as etapas, desde a formulação do modelo até as análises, mas, principalmente, no *feedback* entre hipóteses e resultados. “*The necessity to express explicitly every detail in unambiguous terms helps greatly to improve the understanding that, if thought only in verbal terms, appeared obvious and of little importance*” (Valente, 2005, p. 16). O processo de aprendizagem durante a elaboração e os testes do programa é o que impede a distinção entre o trabalho de um economista e o de um programador.

Portanto, quanto mais próximo do sistema teórico completo que se quer descrever for o modelo, mais facilmente serão percebidas as simplificações necessárias e as suposições a serem feitas. Este ponto é ressaltado em um outro debate entre os que utilizam simulação: modelos simplificados versus modelos mais descritivos. Na realidade, esse é um dilema

¹⁷ Para mais detalhes ver <http://www.business.aau.dk/~mv/Lsd/lsd.html>

presente em qualquer tipo de formalização¹⁸, como ressalta Silverberg (1997b, p. 4): “*the Modeler’s Dilemma: whether to go for a real-world problem in all its specific gory detail, or find a highly stylized problem which is transparent and can be analyzed in detail but remains only a suggestive metaphor for the real world*”. Esse dilema é acentuado em um modelo de simulação, dada a maior facilidade de introduzir hipóteses consideradas mais “realistas”¹⁹.

Em uma das correntes de teoria econômica que mais utiliza modelos de simulação, a economia evolucionária, observou-se a recente mudança metodológica em direção a modelos mais simplificados, em relação aos da primeira fase. Nas discussões metodológicas sobre o uso de simulação, que se seguiram a esta primeira fase, houve uma concentração em torno de um critério de avaliação de modelos que ficou conhecido como KISS (“*keep it simple stupid*”), muito estimulado pela dificuldade de análise dos primeiros modelos. Esse critério, entretanto, ignora o fato de que há um limite muito tênue entre o grau de complexidade necessário e o que é suficiente para tornar a análise relevante. Recentemente, Edmond e Moss (2004) apresentaram um texto de divulgação de uma abordagem contrária ao KISS, que os autores denominaram de KIDS (“*keep it descriptive stupid*”), onde discutem a possibilidade de simplificação de certos modelos.

A idéia principal dessa abordagem é de que simplificação não é um critério absoluto²⁰. Ou seja, para muitos modelos é imprescindível partir do caso mais descritivo possível e depois introduzir simplificações, quando estas forem de fato viáveis, e não o contrário. Em outras palavras, dependendo do objeto que se quer examinar, não é possível, *a priori*, definir as simplificações válidas.

“This is even more evident when one is considering the domain of interacting systems of flexible and autonomous actors or agents. The relevant behaviour of many such systems will not be simple, in particular they will not be reducible to aggregate models (for example statistical models) without significantly diverging from their target systems (that is the agents are ‘embedded’ in their society in the sense of [Granovetter, M. (1985)]”. (Edmond e Moss, 2004, p. 3).

Em uma abordagem centrada na interação entre agentes, com características de um sistema evolucionário complexo, definidas acima, é preciso identificar as propriedades

¹⁸ “There exists a basic trade-off between analytical tractability and descriptive accuracy that is faced by all theoreticians seeking to model markets and other economic systems. (...) The neoclassical paradigm comes down strongly on the side of analytical tractability” (Fagiolo, et al., 2006, p. 10).

¹⁹ Introduzir complexidade apenas com o objetivo de tornar mais realista, como ressaltaram Nelson e Winter (1982, p. 273): “is (...) a very pernicious doctrine that portrays simulation as nontheoretical activity, in which the only guiding rule is to ‘copy’ reality as closely as possible. If reality could be ‘copied into a computer program, that approach might be productive, but it can’t and it isn’t”.

²⁰ “Neither the KISS nor the KIDS approach will *always* be the best one, and complex mixtures of the two will be frequently appropriate. However the balance is shifting away from KISS and towards KIDS in areas dominated by complex phenomena” (Edmond e Moss, 2004, p. 10).

relevantes antes de simplificar o modelo, pois há sempre o risco de se deixar de fora algo importante. “O custo, naturalmente, é a maior complexidade, talvez até excessiva – mas é preciso ter alguma idéia preliminar do que se perde quando se joga algo fora, antes de jogá-lo” (Possas, 1999, p. 42). Obviamente, esse tipo de abordagem não significa propor um “mapa do tamanho do mundo”. Há um limite, imposto pela própria teoria, ao grau de descritibilidade. Os cortes iniciais são definidos pela escolha teórica, os posteriores são implementados de acordo com os resultados obtidos. Aqui há sem dúvida uma interação entre o tipo de modelo e o que se quer obter como resultado, ou melhor, qual é objetivo do uso de simulação para representar o sistema.

IV.3.2 Análise qualitativa de um modelo de simulação.

Um modelo de simulação é, entre outras coisas, um processo de geração de dados, os quais devem ser analisados de forma a se extrair o máximo de conhecimento possível. Para tal, podem ser utilizados métodos estatísticos, com a vantagem de não haver problemas comuns a dados empíricos, tais como falta de dados ou variáveis não-controladas (Axelrod, 2003). Como ressaltado em Fagiolo *et al.*, os autores heterodoxos seguiram as recomendações de Silverberg e Verspagen e propuseram uma nova agenda, muito diferente daquela definida por economistas neoclássicos para a discussão de análise e validação de modelos. Há uma corrente que defende a validação empírica²¹ dos modelos com base na comparação dos resultados obtidos com os dados reais, que pode ser definida como análise quantitativa dos modelos de simulação. As três principais metodologias desenvolvidas são: (i) calibração indireta; (ii) a abordagem de Werker-Brenner; e (iii) os modelos *history-friendly*.

Por outro lado, há uma visão oposta de que uma comparação quantitativa em ciências sociais não é trivial e que o mais relevante seria uma análise qualitativa dos modelos de simulação (Valente, 2002, 2005). A análise qualitativa parte de dois pontos centrais: (i) os fenômenos sociais não ocorrem de forma isolada dos demais, na realidade, são muito interdependentes; quem isola o problema é o próprio pesquisador²² (Valente, 1999); e (ii) que o conhecimento em economia pode ser descrito, principalmente, por relações causais^{23,24} que

²¹ Para uma análise extensiva do debate sobre validação empírica de modelos, tanto neoclássico quanto heterodoxo, ver Fagiolo, et al. (2006).

²² “Economic models focus on events that, in the real world, are always blended together with many other events that we classify as political, historical, social, psychological, etc. The realm of Economics is not determined by some objectively observable boundaries, but are subjectively chosen. Therefore, strictly speaking, an economic model is necessarily inadequate to reproduce real world events. It is often mentioned that the methodological difficulties in Economics stem from the fact that it is not an experimental science. Instead, I suspect that the problem lies in its being an “artificial” science, whose “observables” are arbitrary and subjectively selected” (Valente, 2002, p. 9).

²³ Esta é a principal crítica a um esquema tipo IS/LM. Por ser uma versão agregada do modelo de equilíbrio geral, este esquema propõe um equilíbrio simultâneo em todos os mercados, bem diferente da análise sequencial

podem ser “descobertas” ou testadas em um modelo de simulação. Portanto, a análise de simulação deveria testar uma teoria, e não replicar fenômenos reais²⁵. Neste tipo de análise, o grande objetivo da utilização de simulação é analisar a dinâmica que decorre das suposições inseridas no modelo.

Como ressalta Simon (1996, p. 14), duas afirmativas sobre exercícios de simulação são sempre válidas: (i) uma simulação não é melhor do que as suposições em que está baseada; (ii) um computador pode fazer apenas o que está programado para fazer. Ainda assim, é possível aprender coisas novas com as simulações, pois, nem sempre é possível identificar a priori as implicações da interação de certas premissas, por mais simples que estas sejam isoladamente. Computadores permitem definir as implicações da interação de diversas variáveis. Logo, o processo envolve tanto a descoberta de novas propriedades (*emergent properties*²⁶) quanto a comprovação ou não de um determinado resultado esperado. Simulação é, portanto, uma forma adequada para a formalização de processos sociais para os quais se conhece, ou se quer testar, certas regras gerais²⁷.

A determinação das relações causais dentro de um modelo de simulação pode ser capaz de gerar *insights* relevantes à análise econômica. Sendo assim, a ênfase dos modelos evolucionários em replicar certos fatos estilizados, ou seja, que o modelo gere padrões similares aos observados, deve ser uma pré-condição à utilização do modelo e não um fim em si mesmo. A segunda etapa, a que visa identificar as relações causais principais, é essencial e consiste em uma análise mais completa dos resultados. Esta tarefa não é muito simples, pois muitos modelos são caracterizados por: (1) não ergodicidade, resultados que são *path-dependent*; (2) instabilidade estrutural, que implica “transição de fase” – o sistema pode apresentar uma mudança qualitativa nas propriedades agregadas a partir de pequenas mudanças nos parâmetros; e (3) propriedades emergentes – propriedades do sistema que ocorrem apenas em um nível mais agregado do que aquele em que o sistema é descrito.

proposta por Keynes. Para Keynes, a causalidade era fundamental; ao retirar a causalidade, retirou-se também a teoria econômica.

²⁴ Debate sobre causalidade em economia é muito antigo e controverso e não será abordado aqui de forma mais substantiva. Para referências ver Vercelli (1991, cap. 7)

²⁵ Este ponto foi observado por Steindl (1989, p. 310-11): “today we have computers, and they are often not used for the right purposes, but here [theory of business cycle] I feel they could really help a lot. Simulations cannot help you to determine which values of parameter are ‘right’, and even less which models are ‘good’, but they can at least help you to eliminate combinations of assumptions and ranges of parametric values which are utterly implausible”.

²⁶ Este ponto será retomado a seguir.

²⁷ Simon ressalta ainda um outro ponto que não será abordado aqui: “the more interesting and subtle question is whether simulation can be of any help when we do not know very much initially about the natural laws that govern the behavior of the inner system” (Simon, 1996, p. 15).

Como ressaltam Nelson e Winter (1977, p. 272): “*of course there are costs involved in working with a simulation rather than an analytic model. The most obvious of these is that the results are of uncertain generality*”. Os autores enfatizam que, quando há uma ampla gama de parâmetros e variáveis independentes que poderia ser explorada, é quase impossível especular sobre todas as partes. Esse problema é ampliado em modelos estocásticos devido à questão da representatividade dos resultados.

Em modelos estocásticos, a análise de uma única rodada permite descobrir e explicar padrões que surgem ao longo da simulação, ou seja, identificar a história de cada rodada e explorar o caráter *path dependent* do modelo. Entretanto, ainda que o objetivo fundamental não seja identificar as propriedades do processo estocástico em questão, mas sim identificar as relações de causalidade propostas pelo modelo, não é possível deixar de lado uma análise de sensibilidade dos resultados obtidos. A análise de sensibilidade é uma forma de resolver o problema da combinação entre “acaso” e “necessidade” ressaltado por Silverberg e Verspagen (1998)²⁸; a análise de simulação é o mais próximo que se pode chegar a um teste de laboratório em qualquer ciência social, de repetir a história de forma a identificar o que é mero acaso e o que se repete, ambos do ponto de vista teórico.

Em suma, as análises devem levar em consideração tanto a mudança nas condições iniciais e parâmetros quanto mudanças nas sementes aleatórias. Para analisar a influência da semente aleatória a maneira mais rigorosa é por meio de uma análise de Montecarlo extensa. Entretanto, dependendo do modelo pode-se avaliar a influência das condições iniciais e dos parâmetros a partir da replicação da mesma configuração do modelo um número limitado de vezes, de forma a detectar a variabilidade estocástica. Isto é válido para modelos que são, em grande parte, determinísticos, de forma que as alterações de parâmetros e das condições iniciais são mais relevantes do que a variabilidade estocástica.

É importante observar que não se supõe uma relação direta entre a capacidade de propor uma explicação teórica para os resultados da simulação e a capacidade de previsão. A metodologia proposta nesta seção é contrária à idéia de que o principal teste de uma teoria é se ela é capaz de gerar previsões que podem ser comprovadas. Como ressaltam Gilbert e Troitzsch (2005, p. 6): “[there is a] skepticism about the possibility of making social predictions, based on both the inherent difficulty of doing so and also the possibility, peculiar

²⁸ A partir da discussão proveniente da biologia sobre ‘acaso e necessidade’, Silverberg e Verspagen (1998, p. 259) propõem uma visão mais positiva à incorporação de complexidade, na linha do que foi apresentado acima. “... [There is a] dual relationship between ‘chance’ and ‘necessity’, which leads to a world view in which there is a considerable uncertainty with regard to exact outcomes and causal mechanism, but in which there is also some limit to randomness of history”.

to social and economic forecasting, that the forecast itself will affect the outcome”. Em suma, propõe-se aqui que simulações sejam utilizadas para testar a teoria e prover explicações possíveis para propriedades que se observam nos resultados e não para a previsão de resultados específicos que possam ser diretamente testados. Como ressaltou Axelrod (2003, p.5):

“Simulation is a third way of doing science. Like deduction, it starts with a set of explicit assumptions. But unlike deduction, it does not prove theorems. Instead, a simulation generates data that can be analyzed inductively. Unlike typical induction, however, the simulated data comes from a rigorously specified set of rules rather than direct measurement of the real world. While induction can be used to find patterns in data, and deduction can be used to find consequences of assumptions, simulation modeling can be used as an aid to intuition”.

IV.3.3 Método de Validação do Modelo: Calibração Indireta

Pode ser feita uma adaptação do método proposto em alguns modelos AB. Este não é apenas um método para determinação das condições iniciais e sim um método completo de validação do modelo. As condições iniciais representam a situação que a economia herdou da história. Se a condição inicial afeta a trajetória, então o modelo é *history-dependent* (Dosi, Orsenigo, 1994, p. 98). Em geral, é possível dividir os parâmetros e condições iniciais de um modelo em três grupos: (1) parâmetros e variáveis defasadas para os quais há um “*educated guess*” baseado em dados empíricos ou em condições de consistência econômica que limitam os valores possíveis; (2) parâmetros para os quais não há qualquer fonte de “*educated guess*” ou que possuem um intervalo muito amplo de valores possíveis e, portanto, na maior parte, precisam ter seus valores testados; (3) valores determinados endogenamente de forma a evitar qualquer tendência inicial do modelo.

O método consiste basicamente de quatro etapas: (1) identificação de fatos estilizados que se quer reproduzir ou explicar com o modelo; (2) utilização de toda a informação disponível sobre parâmetros que possuem um significado econômico direto e sobre condições iniciais de forma a reduzir o espaço paramétrico que será efetivamente testado; (3) se o modelo for não-ergódico, o espaço paramétrico é novamente reduzido a valores que estão de acordo com os fatos estilizados propostos; e o mais importante, (4) ampliação do conhecimento dos mecanismos causais que geram os fatos estilizados estudados e exploração das possíveis propriedades emergentes não previstas. O ponto (2) possui uma relação direta com a discussão sobre modelos mais descritivos – quanto mais descritivo o modelo, maior o número de parâmetros com significado econômico direto, para os quais há um intervalo limitado de

valores possíveis. Em outras palavras, modelos mais descritivos, apesar de um maior grau de liberdade aparente, possuem um espaço paramétrico mais reduzido.

Cabe ressaltar que este método é muito distinto do método de calibração proposto pelos autores de RBC (Kyndland and Prescott, 1982). Ainda que ambos os métodos de calibração utilizem dados empíricos para determinar o valor de certos parâmetros, os procedimentos básicos são muito diferentes. O método de calibração novo-clássico enfatiza a replicação quantitativa de certos resultados empíricos. Um modelo é calibrado no sentido novo-clássico quando seus parâmetros não são estimados no contexto do próprio modelo, mas sim obtidos a partir de uma base empírica independente ou escolhidos de forma a garantir que o modelo simulado replique certas características quantitativas dos dados empíricos macroeconômicos. Ou seja, há um método explícito para garantir que o modelo seja capaz de replicar quantitativamente os dados. Após essa etapa de definição de parâmetros, a validação do modelo se dá com relação às previsões de variância e co-variância de diversas séries geradas pelo modelo com as dos dados reais. O foco do método de RBC é sobre replicação quantitativa e previsão, ou seja, o oposto do que foi apresentado acima.

IV.3.4 Apresentação dos Resultados

Uma vez tendo sido adotado o método de calibração indireta definido acima é preciso divulgar os resultados obtidos no ponto quatro. Entretanto, a apresentação dos resultados de um modelo de simulação também é um ponto em discussão, principalmente, com relação à possibilidade de publicação de artigos. A quantidade de resultados gerados é sempre muito superior ao espaço disponível para divulgação. Como observou Axelrod (2003, p. 10), a dificuldade da apresentação dos resultados em um artigo tradicional, leva a busca por formas alternativas de compartilhar as informações. O autor propõe que para cada modelo seja divulgado um pacote de informações contendo: o código da programação, uma descrição completa do modelo, como rodar o modelo e como analisar os arquivos de resultados²⁹.

²⁹ Um exemplo está disponível em <http://www-personal.umich.edu/~axe/>.

V. Conclusão

O desafio da interação micro-macro destacado acima é o de explicar como funciona um sistema que pode ser descrito como complexo evolucionário. Tal sistema é caracterizado principalmente pelo fato de estar em constante mudança perpetrada por mecanismos endógenos ao próprio sistema. Até meados da década de 1980, havia um quase consenso quanto à impossibilidade de modelar (formalizar) tal processo, o que só começou a ser revertido a partir da utilização de técnicas alternativas ao método de equilíbrio, muito difundido na análise econômica.

O instrumental matemático que permite tal abordagem foi recentemente agrupado em torno do nome modelagem baseada no agente, que foi apresentado acima a partir de sua contribuição como um instrumental de análise e não como um conjunto de propostas teóricas. Na grande maioria dos modelos AB, em particular os que abordam sistemas evolucionários complexos, é impossível obter uma solução analítica e, portanto, há uma ampla utilização de análises com base em simulação em computador.

Apesar da melhor adequação do exercício de simulação ao desafio teórico aqui proposto, não se pode deixar de ressaltar que ainda há questões metodológicas importantes em aberto, principalmente por este instrumento ainda estar em sua fase inicial de utilização. Em grande parte, a resistência ao instrumental de simulação está muito associada a estes problemas metodológicos.

Recentemente, este debate metodológico cresceu e alguns pontos importantes foram abordados a seguir, tais como as maneiras de formulação do modelo, a análise dos dados gerados e a validação dos modelos. O objetivo principal foi identificar a posição aqui adotada, logo os pontos conflitantes do debate foram apenas indicados.

Em primeiro lugar, foi proposta uma defesa aos modelos mais descritivos em uma abordagem centrada na interação entre agentes, com características de um sistema evolucionário complexo, como definido aqui. Este ponto é importante, pois mesmo dentre os autores que utilizam esta abordagem há um ceticismo em relação a modelos muito descritivos. O ponto central que foi levantado é que é preciso identificar as propriedades relevantes antes de simplificar o modelo, pois há sempre o risco de se deixar de fora algo importante.

Outro ponto importante é quanto à possibilidade de validação empírica dos modelos. Nesta parte, procurou-se demonstrar os argumentos a favor de uma metodologia de análise dos modelos de simulação a partir da sua base teórica. O objetivo da análise dos resultados,

neste caso é o de explicitar as relações causais e indicar alguns testes que podem ser feitos utilizando este instrumental.

A ênfase em modelos mais descritivos e em uma análise centrada no teste de teoria visa a ressaltar a subordinação do método à teoria, como explicitado acima. Desde que os economistas matemáticos ganharam espaço na discussão teórica, houve uma inversão na hierarquia entre teoria e método. A teoria econômica passou a ser vista dentro do *mainstream* como “matemática na economia”. Ao utilizar um instrumental formalizado mais descritivo, é possível identificar a limitação de um instrumental matemático que não incorpora elementos essenciais do sistema econômico. Uma observação óbvia de que nem tudo o que é matematicamente possível é economicamente viável ou relevante não é tão clara em uma análise menos descritiva e menos realista.

Mesmo sendo uma observação metodológica trivial, é sempre importante ressaltar que qualquer modelo é uma representação idealizada dos processos considerados relevantes para abordar um determinado objeto. Sendo assim, a elaboração de um modelo envolve um processo de escolhas baseadas em critérios definidos pelo próprio autor, que são sempre mais arbitrários do que a teoria estaria disposta a assumir. Sendo assim, nenhuma conclusão pode deixar de levar em consideração o fato de que há um limite para a utilização das análises das simulações como teste da própria teoria. Por outro lado, ao permitir identificar claramente as suposições inseridas, principalmente em relação ao comportamento dos agentes esse instrumental permite evidenciar a relação entre pressupostos e resultados.

Em suma, a utilização de simulação é relevante porque permite abordar configurações que a análise matemática não consegue e porque a linguagem utilizada permite representar os processos de forma temporal e logicamente rigorosa, muito diferente dos modelos analíticos. Entretanto, o ponto central é que todo instrumental analítico impõem restrições às análises que podem ser feitas uma vez que os utilizamos. Não há intrinsecamente uma contraposição entre resultados analíticos e resultados de simulação. Quando possível, uma solução analítica pode ser preferível a um resultado por simulação, mas cada abordagem permite tratar um problema de um ponto de vista diferente. Para certas questões, como a interação micro-macrodinâmica em um sistema evolucionário complexo, é preciso alterar o objeto de forma substancial para se obter uma solução analítica, comprometendo os resultados da análise. Este caso é o espaço para a utilização de modelos de simulação.

VI. Referências Bibliográficas

- ARTHUR, W. B. Out-of-Equilibrium Economics and Agent-Based Modeling. In: TESFATSION, L.; JUDD, K. (Ed.). *Handbook of computational Economics: Agent-Based Computational Economics*. 2 vol.; Elsevier/North-Holland, 2005.
- AXELROD, R. Advancing the Art of Simulation in the Social Sciences. *Japanese Journal for Management Information System*, v.12, n.3, dez, 2003.
- CHICK, V. On open systems. *Revista de Economia Política*, São Paulo, v.24, n.1, jan.-mar. 2004.
- CYERT, R. M.; MARCH, J. G. *A Behavioral Theory of the Firm*. 2. ed. Blackwell, 1963.
- DAWID, H. Agent-Based Models Of Innovation And Technological Change In: TESFATSION, L.; JUDD, K. (Ed.). *Handbook of computational Economics: Agent-Based Computational Economics*. 2 vol.; Elsevier/North-Holland, 2005.
- DAY, R. H.; ELIASSON, G. Economic Behavior, Disequilibrium and Structural Change: From micro Force to Macro Effect. In: _____ (Eds.) *The Dynamics of Market Economies*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. V., 1986.
- DOSI G.; ORSENIGO L. Macrodynamics and microfoundations: an evolutionary perspective. In: Granstrand, O. (Ed.) *Economics of Technology*. Amsterdam: North Holland, 1994.
- EDMONDS, B.; MOSS, S. From KISS to KIDS – an ‘anti-simplistic’ modelling approach. (mimeo), 2004. Disponível em: <<http://www.agents.cs.nott.ac.uk/events/mamabs04/.Papers/13-Edmonds.pdf>>.
- FAGIOLO, G.; WINDRUM, P.; MONETA, A. Empirical validation of agent-based models: a critical survey. *LEM Working Paper*, n. 2006/14, 2006.
- GILBERT, N.; TROITZSCH, K. G. Simulation and social science In: _____ (Eds.) *Simulation for the Social Scientist*, 1995.
- HANH, F. *Equilibrium and Macroeconomics*. Basil Blackwell, 1984.
- KIRMAN, A. P. The intrinsic limits of modern economic theory: the emperor has no clothes. *The Economic Journal*, n.99, 1989.
- _____. Whom or What Does the Representative Individual Represent? *Journal of Economic Perspectives*, v.6, n.2, 1992.
- KYDLAND, F. E.; PRESCOTT, E. C. Time to Build and Aggregate Fluctuations, *Econometrica*, v.50, n.6, p. 1345-70, 1982.
- LANG, S. (2005) History Versus Equilibrium? On the Possibility and Realist Basis of a General Critique of Traditional Equilibrium Analysis (mimeo).
- LUCAS Jr, R. E. Methods and problems in business cycle theory. *Journal of Money, Credit and Banking*, n.12, p. 696-715, 1980.
- _____. Understanding Business Cycles. In:_____. *Studies in Business Cycle Theory*, MIT Press, 1987 [1977].
- NELSON, R. R.; WINTER, S. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, US: Harvard University Press, 1982.
- _____. (1977) Simulation of Schumpeterian Competition American Economic Association 67(1) Feb.

- PEREIRA, L. C. B.; LIMA, G. T. (1996) The irreducibility of macro to microeconomics: a methodological approach *Revista de Economia Política* 16(2), Abril-junho.
- POSSAS, M. L. (1987). “A Dinâmica da Economia Capitalista: uma abordagem teórica”. São Paulo: Brasiliense.
- _____. (1999) “Notas sobre Incerteza, Instabilidade e Expectativas” Simpósio sobre Incerteza na Economia. (mimeo).
- _____. (2002) *Elementos para uma integração Micro-macrodinâmica na Teoria do Desenvolvimento Econômico*. *Revista Brasileira de Inovação*, 1(1), jan./jun.
- PYKA, A.; FAGIOLO, G. (2005) “Agent-Based Modelling: A Methodology for Neo-Schumpeterian Economics” Universitaet Augsburg – Discussion Paper Series n. 272. <http://www.wiwi.uni-augsburg.de/vwl/institut/paper/272.pdf>
- ROBINSON, J. (1979) “História ‘versus’ Equilíbrio”. In: *Idem. Contribuições à economia moderna*. Rio de Janeiro: Zahar Editores.
- SILVERBERG, G. (1988). “Modeling Economic Dynamics and technical change: mathematical approaches to self-organization and evolution”. In: Dosi, et al. (eds.) “Technical Change and Economic Theory”. London: Pinter.
- _____. (1997) “Evolutionary Modeling in Economics: Recent History and Immediate Prospects”, paper for the workshop on “Evolutionary Economics as a Scientific Research Programme”, Stockholm, May 26-27.
- SILVERBERG, G.; VERSPAGEN, B. (1998) “Economic Growth and Economic Evolution: A Modeling Perspective”. In: Schweitzer, F.; Silverberg, G. (eds.) *Evolution and Self-Organization in Economics*, Berlin: Duncker & Humbolt .
- SIMON, H. A. (1986 [1984]) “On the Behavioral and Rational Foundations of Economic Dynamics” In R.H. Day and G. Eliasson (Eds.), *The dynamics of market economies* Amsterdam: North-Holland.
- _____. (1996) *The Sciences of the Artificial*, Cambridge Mass., MIT Press, 1996.
- STEINDL, J. (1989) “Reflections on Kalecki’s Dynamics”. In: Sebastini, M. Kalecki’s
- TESFATSION, L. S. (2005) “Agent-Based Computational Modelling And Macroeconomics” Working Paper # 05023 http://www.econ.iastate.edu/research/webpapers/paper_12402_05023.pdf
- VALENTE, M. (1999). “Evolutionary Economics and Computer Simulation: a model for the evolution of markets”. PhD Dissertation in Economics – University of Aalborg.
- _____. (2002) “Simulation Methodology: an Example in Modelling Demand” January, www.business.aau.dk/~mv/jena/SimDem.pdf
- _____. (2005) “Qualitative Simulation Modelling” (mimeo) www.business.aau.dk/~mv/research/qsm11.pdf
- VERCELLI, A. (1991). “Methodological Foundations of Macroeconomics: Keynes and Lucas”. Cambridge: Cambridge University Press.