



Escola de Ciências Sociais e Humanas  
Departamento de Economia Política

**Política monetária óptima e o processo de  
formação e difusão de expectativas heterogéneas**

Bruno Filipe Lopes Gaminha

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau  
de Mestre em Economia Monetária e Financeira

Orientador:

Professor Doutor Sérgio Miguel Lagoa, Professor Auxiliar, ISCTE - IUL

Co-orientador:

Professor Doutor Sandro Mendonça, Professor Assistente, ISCTE - IUL

Outubro, 2012



## Dedicatória

Para a Carolina.

Tinham fome e sede como os bichos,  
e silêncio  
à roda dos seus passos,  
mas a cada gesto que faziam  
um pássaro nascia dos seus dedos  
e deslumbrado penetrava nos espaços.

Eugénio de Andrade em *Os Amantes sem dinheiro*



## **Agradecimentos**

Agradeço aos meus Orientadores, Professor Doutor Sérgio Lagoa e Professor Doutor Sandro Mendonça, pela imensa generosidade com que disponibilizaram o seu tempo e a sua atenção a este projecto.

Agradeço à minha Mãe pela coragem, força e pelo terno olhar com que sempre me amparou.

Agradeço à Carolina por todo o tempo e principalmente por toda a paciência e ternura.



## **Resumo**

Propomos, no presente trabalho, um modelo macroeconómico behaviorista enquadrado pela metodologia e conceitos dos sistemas multiagentes, constituído por um conjunto de agentes económicos autónomos que comunicam entre si, actuando sobre o espaço simbólico e reagindo quer ao espaço em que estão enquadrados quer à interacção com os restantes agentes.

O modelo proposto assume que os agentes económicos são detentores de capacidades cognitivas limitadas (sendo no entanto racionais) que condicionam a sua capacidade de perceber o mundo. Fruto desta caracterização do comportamento dos agentes económicos, assumimos que as narrativas ou expectativas sobre o mundo por eles criadas resultam, em grande medida, da confrontação com as representações do mundo realizadas por outros agentes. O processo modelado de formação e difusão de expectativas ou narrativas é, neste contexto, um processo distribuído, no qual a dinâmica das expectativas é a dinâmica de um processo distribuído de redes complexas adaptativas.

Com este modelo, quisemos perceber qual o impacto de diferentes mecanismos de interacção e confrontação de representações do mundo na determinação da política monetária óptima seguida pelo banco central. Aquilo que concluímos é que não se pode negligenciar que as propriedades macro (topologia) de uma rede exógena de agentes possuem uma influência causal no processo de emergência micro para macro. Ou seja, não podemos negligenciar a topologia de interacção dos agentes económicos aquando da determinação da política monetária óptima.

***Palavras-Chave:*** Política Monetária, Redes Complexas, Simulação Multiagentes, Macroeconomia Comportamental, Macroeconomia Behaviorista.

**Classificação JEL:** E10, E32, D83, D84, D85





## **Abstract**

In this paper we propose a behaviorist macroeconomic model framed by the multi-agent systems methodology and concepts and consisting of a set of autonomous economic agents which communicate with each other, act on the symbolic space and react both to the space in which they exist and to the interaction with the other agents.

The proposed model assumes that economic agents have limited cognitive abilities (although being rational) that condition their ability to perceive the world. As a result of this characterization of the economic agents' behavior, we assume that the narratives or expectations created derive in large measure from confronting their own world representations with the ones made by other agents. The process of formation and diffusion of expectations or narratives is then modeled as a distributed process, in which the dynamics of expectations is the dynamics of a distributed process of complex adaptive networks.

Through this model, we sought to understand the impact of different mechanisms of interaction and confrontation of representations of the world in determining the optimal monetary policy followed by the central bank. What we conclude is that one cannot overlook that the macro properties (topology) of a network of exogenous agents have a causal influence on the process of micro to macro emergence. That is, we cannot neglect the topology of interaction of economic agents when determining optimal monetary policy.

**Keywords:** Monetary Policy, Complex Networks, Multi-agent Simulation, Behavioral Macroeconomics

**JEL Classification:** E10, E32, D83, D84, D85



## Índice

1. Introdução .....	1
2. Enquadramento e problemática.....	3
2.1 Expectativas na economia .....	3
2.2 A imaginabilidade, computabilidade e identificabilidade dos estados futuros da economia.....	4
2.3 Perspectivas sobre a probabilidade .....	5
2.4 Refinamentos a partir da escola das expectativas racionais .....	8
2.5 Para além da hipótese das expectativas racionais .....	9
2.6 Refinando as novas abordagens .....	12
3. Modelo Macroeconómico Behaviorista .....	17
4. <i>Trade-off</i> entre a volatilidade da inflação e do produto .....	29
5. Conclusões .....	43
Bibliografia .....	45



## Índice de Ilustrações

Ilustração 1 – Diagrama AORML do sistema multiagentes implementado .....	23
Ilustração 2 – Rede perfeita.....	26
Ilustração 3 – Rede circular de índice dois.....	27
Ilustração 4 – Série numérica simulada do <i>output gap</i> .....	30
Ilustração 5 – Série numérica simulada da inflação .....	30
Ilustração 6 – Série numérica expectativas agregadas emergentes da acção dos agentes económicos .....	32
Ilustração 7 – Série numérica expectativas agregadas emergentes da acção dos agentes económicos .....	32
Ilustração 8 – <i>Trade-off</i> entre a volatilidade da inflação e do produto .....	39
Ilustração 9 – <i>Trade-off</i> entre a volatilidade da inflação e do produto (I) .....	39
Ilustração 10 – <i>Trade-off</i> entre a volatilidade da inflação e do produto (II) .....	40
Ilustração 11 – Desvio-padrão <i>output gap</i> .....	40
Ilustração 12 – Desvio-padrão inflação .....	41
Ilustração 13 – Desvio-padrão inflação (I).....	41
Ilustração 14 – Desvio-padrão inflação (II) .....	42



## Índice de Quadros

Tabela 1 – Métricas topológicas das redes circular e perfeita .....	25
Tabela 2 – Parametrização do modelo simulado.....	33
Tabela 3 – Resultados simulação rede perfeita.....	35
Tabela 4 – Resultados simulação rede circular.....	36
Tabela 5 – Teste Causalidade Granger topologia de interacção do tipo Rede Circular .....	37
Tabela 6 – Teste Causalidade Granger topologia de interacção do tipo Rede Perfeita.....	37





## 1. Introdução

Uma das questões centrais na moderna teoria económica é o problema da coordenação intertemporal dos agentes económicos (Woodford, 1999). A noção de interacção dinâmica dos agentes económicos é dependente explícita e directamente das decisões e comportamento dos diferentes agentes económicos. Porém, sabemos hoje que o comportamento é também influenciado por “narrativas” privadas e públicas criadas em torno da evolução dos diferentes determinantes macroeconómicos relevantes. Ou seja, as expectativas que são criadas individual e colectivamente importam, uma premissa que se tornou conhecida com os contributos de e desde John Maynard Keynes. A política monetária e o processo de determinação das estratégias tidas como óptimas não são, neste campo, uma excepção. As orientações dos agentes económicos estão implícita e explicitamente implicadas no conceito de coordenação intemporal dos agentes económicos. Também neste campo a moderna teoria macroeconómica faz depender as propriedades emergentes do sistema económico das narrativas e expectativas criadas e alimentadas pelos agentes económicos. A formulação do processo de formação e difusão de expectativas tornou-se num vector fulcral na construção dos modelos económicos que sustentam a actuação dos decisores de política económica. Apesar da referência, na literatura, de diferentes formulações de processos de formação e difusão de expectativas, encontramos no pensamento económico contemporâneo a emergência hegemónica de um processo de formação de expectativas, a hipótese das expectativas racionais. Apesar deste movimento hegemónico se ter imposto em todo o espaço conceptual da ciência económica, a perplexidade em torno da razoabilidade desta hipótese vai ganhando corpo em diferentes áreas do conhecimento:

Bruno Frey barely recalls writing the piece, but I can still recite its first sentence: ‘The agent of economic theory is rational, selfish, and his taste does not change’. I was astonished. My economist colleagues worked in the building next door, but I had not appreciated the profound difference between our intellectual worlds. To a psychologist, it is self-evident that people are neither fully rational nor completely selfish, and their tastes are anything but stable. Our two disciplines seemed to be studying different species, which the behavioral economist Richard Thaler later dubbed Econs and Humans. (Kahneman, 2011: 269).

Uma questão central acaba por enquadrar esta problemática e este trabalho, são os processos de formação e difusão de expectativas processos puramente racionais e passíveis de

entendimento a partir da exploração da noção de agente representativo, ou serão o produto de um processo ancorado em dinâmicas sociais de opinião complexas e heterogéneas? Assumiremos a razoabilidade do processo de formação de expectativas enquanto processo dinâmico social de opinião. Propomo-nos perceber as implicações da existência de duas fontes de heterogeneidade nos agentes económicos para a formulação da política monetária óptima. A saber, concepções do mundo diferenciadas (processo de formação de expectativas) e diferentes enquadramentos estruturais na rede de agentes económicos (processo de difusão de expectativas). O presente trabalho é ancorado na seguinte pergunta de partida: “Quais as implicações para a formulação de uma política monetária óptima, assumindo um quadro conceptual de formação de expectativas endógenas e heterogéneas?” Partindo desta pergunta, iremos explorar relações de dependência entre as estratégias tidas como óptimas para a actuação de um Banco Central enquadrado numa economia descentralizada, e os processos de interacção entre os agentes envolvidos na formação e difusão de expectativas sobre variáveis macroeconómicas tidas, por sua vez, como significativas na determinação das estratégias monetárias denominadas como óptimas.

Metodologicamente, propomo-nos responder às nossas questões-desafio através da realização de simulações computacionais multiagentes que são desenhadas de forma a permitir validar ou refutar a hipótese de a topologia de rede de interacção dos agentes económicos ter uma influência significativa na formulação da política monetária tida como óptima para a actuação de um banco central.

O presente trabalho encontra-se organizado em quatro grandes capítulos: um capítulo de enquadramento e problemática que se propõe rever o enquadramento conceptual em torno das diferentes noções e propostas para a formulação de hipóteses de formação e difusão de expectativas; um segundo capítulo designado de modelo macroeconómico behaviorista onde propomos, apresentamos e explicitamos o modelo desenvolvido; um terceiro capítulo sobre *trade-off* entre volatilidade da inflação e do produto, onde apresentaremos os principais resultados decorrentes da simulação computacional do modelo behaviorista proposto. Por fim, apresentaremos um capítulo de conclusões, onde apresentaremos uma súpula dos principais resultados e uma resposta à questão de investigação formulada.

## 2. Enquadramento e problemática

### 2.1 Expectativas na economia

Segundo Potts (2001), o conceito de “expectativa” é introduzido na ciência económica por Wicksell (1898) e desenvolvido depois por Cassel (1928), Myrdal (1939/1965) e Lindahl (1939). Aquela que viria a ser conhecida como a Escola de Estocolmo pretendia, assim, descrever e explicar a natureza multidimensional da moeda e as suas implicações, por exemplo, no processo de formação de preços (Myrdal, 1939/1965).

O processo de emergência da Nova Economia Clássica (Mankiw, 2006; Woodford, 1999) enquanto abordagem convencional às expectativas começou com a construção do processo de formação de expectativas baseado na hipótese de o valor futuro de uma variável ser uma função do comportamento passado da mesma variável. Fisher (1930) definiu a expectativa relativa à evolução da inflação como uma função que incorporava de forma pesada distintos desfasamentos dos valores passados da inflação. Cagan (1956) introduziu o conceito de expectativas adaptativas utilizando uma estrutura de desfasamento exponencialmente decrescente. Esta abordagem foi sendo desenvolvida de forma a incorporar mecanismos de correcção de erros (Meischelman, 1962) ou estruturas de desfasamentos variáveis (Friedman, 1959).

Muth (1961) e Lucas (1972) introduziram o conceito de agentes que utilizam modelos de forma a realizarem projecções sobre a evolução futura das variáveis. De acordo com esta aproximação, os valores futuros de uma variável estão relacionados não com a evolução passada da variável, mas com os valores contemporâneos de outras variáveis económicas tidas como determinantes ou correlacionadas de acordo com um modelo representativo da variável (Potts, 2001).

Esta hipótese de formação de expectativas assume portanto que os agentes utilizam modelos econométricos como mecanismo de formação de expectativas em vez de utilizarem técnicas de extrapolação. Dos diferentes mecanismos e hipóteses alternativas de formação de expectativas foi-se afirmando no pensamento económico contemporâneo dominante uma hipótese de formação de expectativas: a hipótese das expectativas racionais. Muth (1961)

introduziu a hipótese das expectativas racionais pretendendo desenvolver um mecanismo explicativo da formação de expectativas que fosse passível de incorporação nos modelos económicos enquanto processo endógeno. Teorizou, portanto, a hipótese de os agentes económicos, ao não ignorarem informações contemporâneas e as previsões sobre o futuro, anteciparem racionalmente a actuação dos outros agentes económicos, bem como os efeitos das políticas económicas, reagindo e antecipando de forma instantânea no presente o comportamento futuro.

## **2.2 A imaginabilidade, computabilidade e identificabilidade dos estados futuros da economia**

Conceptualmente, a hipótese das expectativas racionais procura excluir a entropia e a indeterminação comportamental num jogo instantâneo de antecipações, colocando os sistemas e agentes económicos num eterno equilíbrio de Nash (Bierman e Fernandez, 1998). Gertchev (2007) enquadra metodologicamente a hipótese das expectativas racionais na corrente positivista defendida por Friedman (1953) – as hipóteses não precisam de ser empiricamente verdadeiras para terem conteúdo científico válido, bastando que permitam a criação de previsões de acontecimentos futuros empiricamente válidas. A aceitação da hipótese das expectativas racionais com base na formulação positivista implica a sua cristalização no quadro conceptual pela impossibilidade de a sujeitar a análise e validação empírica. Esta metodologia cristaliza, por esta via, a ausência de incerteza (conceito fundamental implícito à hipótese de expectativas racionais) no processo de construção do edifício conceptual da ciência económica.

Segundo de Grauwe (2011), a formulação da hipótese das expectativas racionais pressupõe que os agentes são detentores de um modelo económico que não é apenas representativo do sistema económico mas que corresponde a uma formalização perfeita do próprio sistema. Assim, pressupõe informação completa sobre a realidade presente e futura, capacidade de processamento ilimitada e conhecimento perfeito sobre as estruturas de funcionamento do sistema económico. Dito ainda de outro modo, a hipótese das expectativas racionais pressupõe a existência de um modelo representativo da realidade económica, de um agente representativo que tem conhecimento do modelo representativo e da sua correcta parametrização, e da distribuição dos choques assimétricos sobre o sistema.

As expectativas são uma construção dos elementos da teoria das probabilidades. A expectativa matemática de uma variável  $X$ , denotada por  $E(X)$ , é uma média ponderada dos  $n$  estados possíveis de  $X$  com probabilidade  $P_i$  enquanto peso relativo do estado  $i$ , tal que:

$$E(X) = \sum P_i X/n \quad (1)$$

Pelo menos três operações são necessárias de forma a incorporar o conceito de expectativa na teoria económica. Primeiro, os agentes têm de construir um espaço de estados  $X$ , que define o conjunto de todas as possibilidades para o estado da variável. Segundo, a cada um dos estados possíveis tem de ser atribuída uma probabilidade de ocorrência. Terceiro, tem ainda de ser sugerida uma interpretação económica ao conceito matemático  $E(X)$ .

De uma perspectiva computacional, estas três condições implicam a existência de um operador de construção ou busca dos estados  $X$ , um operador matemático ou algorítmico que identifica a probabilidade associada a cada estado e, por fim, um construtor heurístico ou cognitivo que transforma o conceito e resultante matemático  $E(X)$  num espaço de comportamento através de um enquadramento de interpretação. A hipótese das expectativas racionais impõe um conjunto significativo de simplificações ao processo de criação de expectativas. De acordo com este enquadramento, a construção de  $X$  e  $P$  é um processo simples, sem custos, atemporal e implícito na computabilidade de  $E(X)$ . É ainda assumido que o comportamento agregado dos agentes converge para um único valor – o mesmo do agente representativo. A hipótese das expectativas racionais assume a existência de uma lista exaustiva computável de todos os estados possíveis do sistema aos quais é atribuída correctamente uma probabilidade de emergência do estado.

### **2.3 Perspectivas sobre a probabilidade**

Apesar da predominância académica e pública deste quadro interpretativo, existem quadros interpretativos concorrentes, entre os quais aqueles propostos pela denominada escola austríaca, que negam que a probabilidade de emergência de um estado seja uma probabilidade no sentido formal (Lachmann, 1976) mas uma correspondência com crenças subjectivas antecipadas. Existem ainda os denominados pós-keynesianos que, seguindo Keynes (1937),

assumem as probabilidades como não correspondentes ao conceito formal de probabilidades e que, para além deste facto, duvidam da capacidade de construção exhaustiva do espaço de estados (Davidson, 1982, 1991, 1996). Para Earl (1990), a impossibilidade de construção do espaço de possibilidades é uma consequência directa da “racionalidade limitada” (a *bounded rationality* de Herbert Simon, 1982). Shackle (1949, 1972) e Loasby (1991) assumem uma posição extrema de impossibilidade de construção do espaço de estados bem como da determinação eficaz dos pesos relativos de cada um dos estados no espaço de estados.

A discussão do conceito de expectativas e do seu tratamento transporta-nos, portanto, para uma discussão ontológica e epistemológica em torno do conceito de probabilidade: o que é e como a podemos conhecer. De acordo com Hacking (1975), o moderno conceito de probabilidade é estabilizado no seu quadro conceptual contemporâneo a partir do trabalho de Blaise Pascal e Pierre-Simon de Laplace datado do século XVII, estando até essa data associada à melhor opinião e não à melhor evidência. O moderno conceito de probabilidade emergiu aquando da aceitação de probabilidade enquanto evidência interna em oposição a opinião acreditada (Hacking, 1975).

Apesar desta evolução do conceito de probabilidade, subsistem algumas divergências relativas à relação entre probabilidade e conhecimento. De acordo com Lawson (1988) existem duas caracterizações distintas de probabilidade – (i) probabilidade enquanto propriedade objectiva externa ao observador e (ii) probabilidade enquanto propriedade do conhecimento de um agente face à realidade, ou seja, probabilidade como objecto de conhecimento ou probabilidade enquanto forma de conhecimento.

Potts (2001), assumindo esta relação dual de probabilidade, distingue entre subjectivistas que reconhecem probabilidade como uma propriedade do conhecimento interna ao agente (situando neste campo Bruno de Finetti, Leonard Savage e Frank Ramsey) de objectivistas que reconhecem a probabilidade da realidade externa ao agente (situando neste campo Ludwig von Mises e os proponentes da hipótese das expectativas racionais). Ainda segundo Potts (2001), apesar de a distinção não ter relevância científica em áreas do conhecimento como Matemática ou Física, esta distinção é particularmente importante na Economia e na teoria das expectativas, onde a disputa da probabilidade enquanto medida intrínseca ao objecto ou probabilidade enquanto grau de confiança no conhecimento e na representação

interna do mundo ganha dimensão epistemológica e fundamenta uma taxonomia de escolas de pensamento em torno da teoria das expectativas. Potts (2001) situa as escolas de pensamento austríaca e pós-keynesiana no quadro conceptual do subjectivismo radical devido à hipótese, aceite por estas escolas, de que o conhecimento empírico da envolvente externa ao agente económico ser incompleto, existindo incerteza fundamental. Este facto implicará que o espaço de probabilidades é indefinido ou não limitado, tornando impossível a associação de probabilidade de ocorrência a eventos futuros ou imaginários.

Para economistas de inspiração keynesiana, a formulação de expectativas é um “acto criativo” (Stockhammer, 2004:33). Um caso exemplar é Shackle (1972), um crítico da escola da escolha racional e um pós-keynesiano, que assume uma posição de subjectivismo radical ao negar qualquer forma de probabilidade objectiva relevante no contexto económico de formação de expectativas. Com base nesta postura, Shackle (1972) rejeita o conceito de probabilidade, introduzindo o conceito de surpresa potencial, conceito este dotado da propriedade de não-aditividade e associado à possibilidade de medidas puramente subjectivas que não requerem a noção crítica de encerramento ou espaço fechado (do inglês *closure*) que é imposto pela noção de probabilidade referenciada pelas correntes objectivistas. As implicações para a teoria das expectativas desta abordagem são dramáticas e radicais, sustentando a distinção de Davidson (1982) entre contextos de decisão ergódicos e não-ergódicos. Shackle (1972) e Davidson (1991) sustentam que, em contextos não-ergódicos, as decisões são únicas e irreversíveis e logicamente não é possível aplicar leis de probabilidade ergódicas. Neste contexto, as escolas de pensamento austríaca e comportamental (ou behaviorista), ao incorporarem no seu quadro referencial a incerteza e a racionalidade limitada, implicam uma ruptura com a noção objectivista de probabilidade desenvolvendo comportamentos centrados na governação por regras ou convenções dos agentes – sendo o actual trabalho em torno do processo de formação e difusão de expectativas enquadrado por este referencial.

Em suma, a existência de indeterminação torna o comportamento otimizador impossível, com a implicação de que os agentes terão de ser dotados de um comportamento baseado em regras – algoritmos ou heurísticas (Bausor, 1983; Heiner, 1983; O’Driscoll e Rizzo, 1986). As heurísticas são processos decisoriais baseados em “regras de bolso” (ou *rules of thumb*, no sentido em que economizam racionalidade) ou “enviesamentos comportamentais” (um desvio

em relação à pura motivação económica ditada por padrões psicológicos) dos indivíduos. São exemplos desta abordagem ao processo de decisão Kahneman e Tversky (1974), Simon (1982, 1976), Campbell e Mankiw (1990), Rosenthal (1993), Lettau e Uhlig (1999), Akerloff e Shiller (2010).

## **2.4 Refinamentos a partir da escola das expectativas racionais**

A introdução explícita e sistemática do conceito de expectativas racionais deve-se à corrente dos novos-clássicos (a qual incorporou Muth, 1961; e.g. Lucas, 1972, 1976; Barro, 1977; Sargent e Wallace, 1975), demonstrando que os modelos keynesianos “hidráulicos”, dominantes à época (cf. Coddington, 1976), apresentavam deficiências conceptuais provenientes da sua incapacidade de modelar de forma credível o processo de criação de expectativas. Sargent e Wallace (1976) demonstraram a implicação chave da assunção das expectativas racionais no quadro da determinação das políticas monetárias naquela que ficou conhecida como *policy ineffectiveness proposition* – a impossibilidade de surpreender de forma sistemática agentes racionais implicará que políticas monetárias com o objectivo de sistematicamente estabilizar a economia estarem condenadas a ser sub-óptimas. No mesmo sentido, outra das salientes implicações da hipótese das expectativas racionais foi a crítica formulada em Lucas (1976) à política monetária dominante na época. Segundo este autor, a teoria económica era caracterizada por um tratamento dos processos das séries temporais na economia como fixos ou invariantes perante alterações exógenas de política económica. Lucas demonstra que as previsões ou expectativas, num quadro de formação de expectativas racionais, serão afectadas por alterações à política económica seguida e, logicamente, uma vez que a economia é afectada pelo processo de formação de narrativas ou expectativas, existirá uma alteração dos processos associados às séries temporais seguidas pela economia.

Blanchard (2008) afirma que existe uma representação das flutuações do ciclo económico aceite pela maioria da comunidade de economistas baseada na crença de que o progresso tecnológico evolui por ondas. A percepção do futuro afecta a procura no presente e, devido à rigidez nominal, a procura de bens e serviços pode afectar o produto no curto prazo. Segundo este autor, estas três crenças são geralmente apresentadas num conjunto de três relações formais: (i) uma relação de procura agregada na qual o produto é determinado pelo nível da procura, estando a procura dependente quer da antecipação do produto futuro, quer da taxa de



juro real; (ii) uma relação do tipo curva de Phillips na qual a inflação depende quer do produto quer da antecipação daquele que será o comportamento futuro da mesma e (iii) uma relação descritiva da política monetária em que a hipótese subjacente é a da possibilidade da utilização de instrumentos monetários para condicionar o valor da taxa de juro real da economia. A assunção de uma classe de modelos baseada nestes princípios como representativa da economia e da sua evolução materializa a centralidade das antecipações e das narrativas criadas em torno da evolução futura de uma ou várias variáveis macroeconómicas nas representações da estrutura económica futura e actual, bem como dos valores assumidos pelas diferentes variáveis económicas (Beaudry, Collard e Portier, 2006; Lorenzoni, 2008).

## **2.5 Para além da hipótese das expectativas racionais**

Para de Grauwe (2010), a incorporação sistemática nas representações das flutuações do ciclo económico do paradigma da função utilidade aberta a estados futuros e a formulação da hipótese de existência de agentes económicos totalmente informados – conceito subjacente à hipótese das expectativas racionais – introduziram a ideia de que os modelos macroeconómicos apenas poderiam ser aceites se as expectativas dos agentes fossem consistentes com a estrutura do modelo económico implícito, sustentando a necessidade de que os modelos macroeconómicos deveriam ter microfundações comportamentais, ou seja, deveriam ser baseados no princípio da maximização intertemporal da função utilidade por parte dos agentes económicos implicados no sistema.

Ainda segundo de Grauwe, as implementações mais bem-sucedidas destes princípios podem ser encontradas num grupo conceptual conhecido como *Dynamic Stochastic General Equilibrium Models* (doravante modelos DSGE). Estes modelos foram paulatinamente transferidos dos meios académicos, que assistiram ao seu nascimento, para diferentes bancos centrais que os incorporaram como modelos definidores da política monetária óptima (Smets e Wouters, 2003, 2007; Christiano, Motto, Rostagno e Shocks, 2007; Adjemian, Pariès e Moyen, 2008). Esta modalidade de modelização foi sujeita a escrutínio crítico em pleno Congresso norte-americano recebendo críticas mordazes por parte de consagrados macroeconomistas, economistas evolucionistas e especialistas em metodologia económica:

When it comes to things as important as macroeconomics, I think that every proposition has to

pass a smell test: Does it really make sense? And I don't think that the currently popular DSGE models – I can say Dynamic Stochastic General Equilibrium without a lapse – I don't think that those models pass the smell test (Solow, 2010:12).

DSGE is an extreme case of the tendency to analyze hyper-stylized versions of economic problems, thereby suppressing or denying quite observable realities. In the DSGE case, the suppressed realities include the fact that economic actors are diverse and have diverse interests (Winter, 2010:18).

You often find that people who can be fantastic at producing models are not very good at interpreting them and relating them to the real world, and you can have more specialization than what we have (Colander, 2010:39).

A contínua aceitação da hipótese das expectativas racionais fundamentada numa concepção positivista do método científico (Friedman, 1953) tem introduzido uma ruptura conceptual entre a economia e outras ciências comportamentais, mas também com o seu passado (Hayek, 1945; Schumpeter, 1927 e Keynes, 1936). Lovell (1986), Pollock e Suyderhoud (1992) e Estrella e Fuhrer (2002) demonstram que, mesmo assumindo esta concepção positivista como sendo um paradigma científico válido – tomando como noção de paradigma a definição de Kuhn (1963) –, as evidências empíricas das implicações da formulação da hipótese das expectativas racionais já são suficientes para sustentar a sua falência enquanto quadro conceptual válido para estudar os sistemas económicos. Ou seja, os modelos dinâmicos que assumem como pressuposto a validade da hipótese das expectativas racionais são, segundo os autores, contrariados pela realidade empírica observada. Noutras ciências comportamentais, nomeadamente na psicologia e na neurologia, têm-se acumulado um número crescente de fortes evidências que contrariam a tese proposta e defendida pela hipótese das expectativas racionais. Emerge assim uma visão do ser humano não como um *homo economicus* de racionalidade ilimitada mas como possuindo racionalidade limitada (Damásio, 2003; Kahneman, 2002, 2011; Kahneman e Thaler, 2006; Della Vigna, 2007; Gabaix, Laibson, Moloche e Weinberg, 2006).

Stiglitz e Gallegati (2011), formulando uma crítica aos modelos da classe DSGE, evidenciam que, para além das críticas formuladas com base na assunção da hipótese das expectativas racionais e da competição perfeita, deve ser assumida a crítica ao referencial de agente

representativo incorporado e desenvolvido por esta classe de modelos. Estes dois autores afirmam ainda que os factores relevantes para o entendimento dos sistemas económicos se prendem com os mecanismos de interacção e coordenação de agentes heterogéneos. O enquadramento do agente representativo assumido pelos modelos DSGE adopta, segundo os autores, um caso extremo de reducionismo conceptual no qual a macroeconomia é reduzida ao comportamento de um único agente. A incorporação do agente representativo na economia é equivalente à afirmação de que a macroeconomia é igual à microeconomia (Stiglitz e Gallegati, 2011). Os autores defendem uma abordagem *bottom-up* na qual o primeiro passo será a análise do comportamento dos elementos heterogéneos constituintes (definidos em termos de regras comportamentais simples observáveis) e das suas interacções locais, permitindo a possibilidade de os vértices que interagem e o comportamento individual evoluir (adaptar-se) ao longo do tempo. Esta abordagem aos sistemas económicos propõe-se inferir sobre as regularidades estatísticas emergentes do comportamento dos agentes, da causalidade macro-micro e por fim da relação dialéctica entre estes dois vectores de actuação. Os autores vêm defender a introdução de uma ruptura conceptual e metodológica na abordagem computacional ao fenómeno económico, assente na utilização de técnicas de simulação para descrever ou compreender os fenómenos sociais feita através da representação do fenómeno social num sistemas de equações (como no caso dos modelos DSGE) sobre os quais são, entre outras, realizadas simulações, testadas dependências e respostas a factores exógenos ou testados espaços de parâmetros e a sua influência na dinâmica do sistema.

Paul de Grauwe (2010; 2011), pretendendo ultrapassar as limitações e as críticas conceptuais e empíricas da abordagem tomada pelos modelos DSGE, propõe um modelo macroeconómico behaviorista, no qual os agentes são detentores de limitações cognitivas. O modelo é desenvolvido utilizando um conjunto de relações formais estandardizadas herdadas dos modelos DSGE para representar a procura e a oferta agregada, estando acoplada uma regra de Taylor para descrever o comportamento do banco central. A inovação introduzida por de Grauwe é a introdução de um mecanismo de formação de expectativas, não centrado na hipótese das expectativas racionais, mas assumindo que o mecanismo de formação de expectativas é tal que os agentes utilizam regras heurísticas simples para prever a evolução futura das variáveis económicas determinantes. Estas regras estão sujeitas a um mecanismo adaptativo de aprendizagem, ou seja, os agentes seleccionam de forma endógena as regras utilizadas, existindo um mecanismo de diferenciação assente no seu desempenho passado.

Este mecanismo actua como disciplinador das regras heurísticas e, uma vez que os agentes utilizam diferentes heurísticas, obtemos heterogeneidade nas expectativas dos diferentes agentes, e ciclos de negócio endógenos. Desta abordagem resultou que o banco central pode activamente diminuir a volatilidade da inflação e do produto afastando-se de uma política estrita de *target* à inflação, assumindo como objectivo, para além da estabilização da inflação, a estabilização do produto. Resulta ainda deste trabalho que, apesar da estabilização do produto ter de ser tida em conta nos objectivos do banco central, o peso relativo desta estabilização face ao objectivo da estabilização da inflação terá de ser ponderado, uma vez que o *trade-off* entre desvio-padrão da inflação – tida aqui como medida de volatilidade – e o peso relativo da estabilização do produto não é válido em todo o espaço do parâmetro ‘peso relativo da estabilização do produto’ mas num subconjunto desse mesmo espaço.

## 2.6 Refinando as novas abordagens

Propomos, no presente trabalho, um modelo behaviorista enquadrado pela metodologia e conceitos dos sistemas multiagentes, constituído por um conjunto de agentes autónomos (contrastando com a metodologia dominante que pressupõe, no desenvolvimento do sistema de equações representativo, a existência de um agente representativo) que, operando em paralelo, comunicam entre si, actuando sobre o espaço simbólico e reagindo quer ao espaço em que estão enquadrados quer à interacção com os restantes agentes. Propomo-nos, durante o processo de simulação, observar o comportamento macro que emerge da interacção entre os agentes, ou seja, especificando o comportamento micro de todos e cada um deles, o comportamento macro do sistema surge como um fenómeno emergente não determinado *a priori* pelo investigador.

Por outro lado, o facto de os agentes serem autónomos e, portanto, terem controlo sobre o seu comportamento e sobre o seu estado interno, implica que da interacção de um agente com os restantes ou com o meio envolvente possam declinar ou negociar solicitações que lhe são dirigidas, evidenciando dois problemas clássicos na economia e na sociologia, o problema da cooperação e da coordenação (Sawyer, 2003). A metodologia enquadrada por esta abordagem, ao implicar a ausência de controlo central, implica que os sistemas desenhados e implementados são sistemas adaptativos complexos, nos quais o comportamento agregado dos agentes autónomos é uma propriedade emergente do sistema que não pode ser derivada

das propriedades individuais dos agentes e, portanto, com resultados emergentes dificilmente previsíveis *a priori*. Nestes sistemas, vemos emergir a interacção dos agentes entre si e com o espaço simbólico ou simulado e não apenas as suas características e comportamentos individuais como factores determinantes da obtenção das regularidades macro do sistema.

Situar-nos-emos, portanto, próximos dos defensores do estruturalismo, nomeadamente Axtell (2000) e Macy e Skvoretz (1998), que sustentam que as propriedades macro (topologia de rede e número de agentes) de uma rede exógena de agentes, ou seja, a estrutura social, possuem uma influência causal no processo de emergência micro para macro.

Introduziremos duas alterações face ao trabalho de Paul de Grauwe (2010; 2011). Assumiremos a possibilidade de geração endógena de expectativas, ou seja, assumiremos que os agentes são dotados de capacidade de introduzir inovações quanto às expectativas, introduzindo um mecanismo de selecção das estratégias endógenas e exógenas em competição, com base na sua capacidade de descrever o comportamento passado do sistema. Apresentaremos portanto um mecanismo que pretende eliminar a determinação exógena das expectativas, ainda presente em de Grauwe apesar da sugestão de um mecanismo endógeno de criação adaptativa de expectativas assente na volatilidade do produto. Ao assumirmos a existência de um conjunto potencialmente infinito de preditores resultantes da geração endógena de expectativas heurísticas, afastar-nos-emos da hipótese de Brock e Hommes (1997) na sua proposta de introdução do conceito de *Adaptive Rational Equilibrium* (doravante denominado por ARE), mas manter-nos-emos fiéis ao conceito de escolha racional implícito no ARE e posteriormente explicitado por Branch e Evans (2006) no conceito de *Misspecification Equilibrium* (que, segundo os mesmos autores, implicará a emergência de heterogeneidade intrínseca). Ou seja, na modelação de sistemas económicos dinâmicos, a heterogeneidade na formação de expectativas é endógena ao sistema aquando da assunção da não existência de um modelo económico óptimo ou aquando da capacidade de o obter ou demonstrar. Se os agentes estão enquadrados por uma racionalidade limitada, no sentido de a sua intensidade na escolha do modelo ser finita, então estes formarão expectativas heterogéneas e o seu grau de heterogeneidade variará de forma complexa. O modelo que propomos continua, assim, a ser enquadrado na classe de modelos cunhada por Sargent (1993) como modelo de racionalidade limitada.

Por fim, introduziremos outras configurações de redes de agentes, propondo-nos perceber

quais as implicações desta estrutura de rede na determinação da política monetária óptima, seguindo os resultados obtidos por Chang e Chen (2011) reveladores de indícios de que a distribuição de Boltzman-Gibbs introduzida por de Grauwe para modelar a probabilidade de um agente assumir cada uma das regras heurísticas, para além de uma aplicação da teoria de escolha discreta baseada no trabalho de Anderson, Palma e Thisse (1992) e Brock-Hommes (1997), constituem indícios de um sistema de propagação de expectativas baseado numa rede circular de agentes na qual os agentes comunicam directamente não só com o seu vizinho mais próximo mas também com o vizinho mais próximo do seu vizinho mais próximo.

Seguiremos neste trabalho, para além de de Grauwe (2010, 2011), Fucac (2008) e Evans e Ramey (2006), que demonstram que, mesmo no caso especial em que as expectativas não afectam directamente a inflação, ou seja, em que a inflação é tida como um processo exógeno, alterações na política económica podem induzir alterações nas regras de previsão e, portanto, influenciam de forma decisiva o processo estocástico seguido pelas variáveis económicas. Ou seja, provaram a existência de fortes evidências de que a crítica de Lucas mantém a sua validade quando o processo de formação de expectativas não obedece à hipótese das expectativas racionais mas também quando o processo de formação de expectativas é formado por um processo adaptativo. Evans e Ramey demonstraram ainda que, quando as expectativas têm uma influência não nula na inflação, a região de parâmetros do modelo que valida a crítica de Lucas é expandida como consequência da emergência de *feedbacks* positivos entre as escolhas dos agentes para as regras de previsão.

Apesar de nos reconhecemos na hipótese defendida por Gaspar, Smets e Vestin (2006) que afirmam que, uma vez que um quadro de formação de expectativas através de aprendizagem adaptativa se afirma como um bom quadro empírico de explicação do processo de formação de expectativas, então é importante caracterizar a política monetária óptima assumindo este comportamento, afastar-nos-emos dos modelos da classe de racionalidade limitada mais populares (Evans e Ramey, 2006; Evans e Honkapohja, 2001; Gaspar, Smets e Vestin, 2006), uma vez que não assumimos, de forma deliberada, a modelação do processo de formação de expectativas por modelos econométricos não parametrizados ou incorrectamente parametrizados ou definidos. Esta abordagem tem, na nossa opinião, subjacente uma abordagem de aprendizagem adaptativa no qual os agentes são detentores do modelo implícito correcto, tendo de apreender quais os valores mais adequados para os diferentes parâmetros do modelo. Os agentes aprendem então a estimar os coeficientes do modelo, naquilo que pode ser interpretado como uma visão dos agentes económicos enquanto econometristas.

Tipicamente, nestes modelos assistimos a uma convergência das expectativas apreendidas para as expectativas presentes quando assumida a hipótese das expectativas racionais. Ou seja, para esta classe de modelos, as expectativas geradas a partir da hipótese das expectativas racionais surgem ou revelam-se como um atrator das expectativas apreendidas pelos diferentes agentes. Partilhamos a visão de de Grauwe de que esta classe de modelos assume ainda agentes económicos com excessiva informação e que não têm em conta os resultados de Kahneman e Tversky (1974; 1979; 1984). Referenciamos a proposta de Kirman (2011) de que a dinâmica das expectativas económicas é a dinâmica de um processo distribuído enquadrado por uma rede complexa.

Distanciar-nos-emos quer de uma visão do homem económico de racionalidade e informação ilimitada, quer de uma visão do homem económico enquanto econométrico. Assumiremos agentes que, de forma racional, se baseiam em narrativas condicionadas à informação que detém, que estes agentes interagem entre si e que, através do processo de interação, são veículos de difusão de narrativas ou expectativas. Partiremos do princípio que estes agentes são dotados de capacidade de inovação e narração e dispostos a aprender e confrontar as suas regras de decisão com a realidade emergente dos sistemas económicos. Assumindo esta classe de agentes e, tal como Gaspar, Smets e Vestin (2006) e de Grauwe (2010; 2011), pretendemos perceber qual resposta adequada de um banco central no contexto de um sistema económico descentralizado cujos agentes são detentores ou representados pelo quadro comportamental previamente descrito. Pretendemos ainda perceber a validade do modelo comportamental proposto a partir da confrontação dos valores numéricos obtidos para a correlação entre o produto e as expectativas médias endógenas emergentes do modelo com a correlação empiricamente validada entre os índices de confiança dos agentes económicos e produto.

Com estes objectivos presentes, iremos proceder à implementação e simulação computacional de um algoritmo representativo do modelo supramencionado, extraíndo, através de múltiplas simulações, as propriedades emergentes do sistema, simulando a resposta dos agentes e do sistema a diferentes configurações no espaço de parâmetros da regra de Taylor representativa da actuação do banco central. Daremos especial ênfase na nossa análise às correlações entre produto e expectativas endógenas médias, inflação e expectativas endógenas médias, bem como à sensibilidade da volatilidade da inflação e do produto face a diferentes configurações no espaço dos parâmetros da regra de Taylor.

Nas próximas páginas iremos explorar algumas das implicações nas estratégias de

política monetária descritas como óptimas na assunção que se faz como sendo verdadeira a hipótese de que os agentes económicos não formam as suas expectativas de acordo com a hipótese formulada por Muth (1961) – hipótese das expectativas racionais – mas antes criando narrativas sobre a evolução dos determinantes macroeconómicos de forma endógena e heterogénea, assentes em processos de aprendizagem, permitindo o surgimento de novas narrativas num processo que poderia ser descrito como de inovação narrativa e, por fim, estando estas narrativas inseridas num espaço de informação imperfeito e condicionadas pelas interações existentes entre os diferentes agentes.

Une intelligence qui, à un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la compose embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome; rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir, comme le passé, serait présent à ses yeux (Laplace, 1814).



### 3. Modelo Macroeconómico Behaviorista

O modelo que iremos implementar é composto por três estruturas: um modelo estandardizado que modela as relações agregadas de procura e oferta, uma regra de Taylor para modelar o comportamento do banco central na zona monetária simulada e, por fim, um sistema multiagentes que permite simular o processo de formação e difusão de expectativas sobre as variáveis económicas tidas como relevantes para a determinação da política monetária óptima.

A equação de procura agregada é especificada de uma forma convencional (de Grauwe, 2010), sendo dada por

$$\mathbf{y}_t = \mathbf{a}_1 \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1} + (\mathbf{1} - \mathbf{a}_1) \mathbf{y}_{t-1} + \mathbf{a}_2 (\mathbf{r}_t - \tilde{\mathbf{E}}_t \boldsymbol{\pi}_{t+1}) + \boldsymbol{\varepsilon}_t \quad (1)$$

em que  $\mathbf{y}_t$  é a representação do diferencial entre a produção efectiva e o produto potencial (doravante *output gap*) no período  $t$ ,  $\mathbf{r}_t$  é a taxa de juro nominal da economia,  $\boldsymbol{\pi}_{t+1}$  é a taxa de inflação no período  $t + 1$  e  $\boldsymbol{\varepsilon}_t$  é o termo associado à perturbação do ruído branco. O termo  $\tilde{\mathbf{E}}_t$  é a representação do operador expectativa não formado de acordo com a hipótese das expectativas racionais, sendo este tipicamente representado na literatura por  $\hat{\mathbf{E}}$ .

A equação de oferta agregada é derivada a partir da maximização do lucro dos produtores individuais, sendo introduzido, tal como nos modelos DSGE, uma regra de preço de Calvo para representar a restrição de o ajustamento dos preços depender do tempo. A curva da oferta pode ser interpretada como uma curva de Phillips novo-keynesiana dada pela relação

$$\boldsymbol{\pi}_t = \mathbf{b}_1 \tilde{\mathbf{E}}_t \boldsymbol{\pi}_{t+1} + (\mathbf{1} - \mathbf{b}_1) \boldsymbol{\pi}_{t-1} + \mathbf{b}_2 \mathbf{y}_t + \boldsymbol{\eta}_t \quad (2)$$

A equação de Taylor é especificada de forma convencional e tem como objectivo a descrição do comportamento do banco central, sendo representada pela relação

$$\mathbf{r}_t = \mathbf{c}_1 (\boldsymbol{\pi} - \boldsymbol{\pi}^*) + \mathbf{c}_2 \mathbf{y}_t + \mathbf{c}_3 \mathbf{r}_{t-1} + \boldsymbol{\mu}_t \quad (3)$$

em que  $\pi^*$  é uma representação do objectivo para a inflação estipulado pelo banco central. Tal como de Grauwe (2010) e por razões de conveniência é estipulado que o objectivo do banco central para a inflação é de 0.

O sistema multiagentes que permite simular o processo de formação e difusão de expectativas sobre as variáveis económicas tidas como relevantes (no caso do modelo proposto as variáveis inflação e *output gap* no período  $t + 1$ ) para a determinação da política monetária óptima é desenhado de forma diferenciada para as duas variáveis económicas tidas como determinantes.

O processo de formação de expectativas sobre a inflação segue o modelo proposto por de Grauwe (2010) no qual é assumido que os agentes utilizam regras heurísticas simples para prever a evolução futura da variável económica inflação. A proposta de modelação das expectativas sobre o comportamento futuro da inflação é distinta da proposta de modelação do processo de formação e difusão de expectativas sobre o *output gap* devido à existência do banco central que anuncia um objectivo para o valor da inflação. A existência de um objectivo (e dependendo da percepção que os agentes económicos têm da credibilidade do banco central para historicamente assegurar o cumprimento deste objectivo) para a variável económica inflação implicará a existência de uma âncora que condicionará o comportamento dos agentes face às expectativas criadas pelos mesmos. Este mecanismo de condicionamento ancorado na publicação do objectivo para a inflação está ausente no caso do processo de formação de expectativas sobre o comportamento futuro do *output gap*, impondo o tratamento e a modelação diferenciada do processo de formação expectativas para as duas variáveis.

Seguindo as propostas de modelação das expectativas sobre a inflação apresentadas por de Grauwe (2010) e Brazier (2008) iremos assumir a existência de duas regras de formação de expectativas. Uma das regras é baseada no objectivo para a inflação anunciado pelo banco central, sendo a outra uma regra de extrapolação do futuro da inflação a partir dos seus valores passados.

Os agentes que formam expectativas considerando credível o objectivo definido para a inflação pelo banco central formam expectativas de acordo com a regra

$$\tilde{E}_t^{\text{tar}} \pi_{t+1} = \pi^* \quad (4)$$

enquanto os agentes que formam expectativas assumindo uma regra de extrapolação, formam expectativas de acordo com a regra

$$\tilde{E}_t^{\text{ext}} \pi_{t+1} = \pi_{t-1} \quad (5)$$

A agregação das expectativas sobre a evolução futura da inflação é realizada através de uma média pesada das expectativas dos agentes pelo número de agentes que usam cada uma das estratégias. Ou seja,

$$\tilde{E}_t \pi_{t+1} = \beta_{\text{tar},t} \tilde{E}_t^{\text{tar}} \pi_{t+1} + \beta_{\text{ext},t} \tilde{E}_t^{\text{ext}} \pi_{t+1} \quad (6)$$

o que, e tendo em conta o processo implícito de formação das expectativas para cada uma das estratégias, é equivalente à relação

$$\tilde{E}_t \pi_{t+1} = \beta_{\text{tar},t} \pi^* + \beta_{\text{ext},t} \pi_{t-1} \quad (7)$$

sendo que

$$\beta_{\text{tar},t} + \beta_{\text{ext},t} = 1 \quad (8)$$

onde  $\beta_{\text{tar},t}$  e  $\beta_{\text{ext},t}$  são a probabilidade de os agentes usarem cada uma das estratégias disponíveis para a formação de expectativas relativas à evolução da inflação. Os agentes serão racionais na medida em que continuamente avaliam o desempenho de previsão de cada uma das estratégias. O procedimento utilizado pelos agentes para avaliar o desempenho resulta da aplicação da teoria discreta de escolha (Anderson et al., 1995; Brock e Hommes, 1997 e de Grauwe, 2010) e segundo esta teoria os agentes são considerados como detentores de uma racionalidade *boundedly*, sendo que escolhem entre as duas alternativas possíveis fazendo uso do cálculo do desempenho de cada uma das possibilidades através das relações

$$U_{tar,t} = - \sum_{k=1}^{\infty} W_k [\pi_{t-k} - \tilde{E}_{tar,t-k-1} \pi_{t-k}]^2 \quad (9)$$

$$U_{ext,t} = - \sum_{k=1}^{\infty} W_k [\pi_{t-k} - \tilde{E}_{ext,t-k-1} \pi_{t-k}]^2 \quad (10)$$

em que  $U_{tar,t}$  e  $U_{ext,t}$  são os desempenhos de cada uma das duas estratégias distintas disponíveis para formar expectativas, dadas pela média pesada por uma função geométrica ( $W_k$ ) dos erros quadrados da diferença entre a expectativa e o valor efectivamente verificado.

De acordo com Anderson et al. (1995), Brock e Hommes (1997), de Grauwe (2010) e Chang e Cheng (2011) a proporção ou probabilidade de utilização de cada uma das estratégias disponíveis pode ser computada fazendo uso do conceito mesoscópico de que, no processo de formação de expectativas sobre a evolução da inflação, os detalhes dos agentes são irrelevantes, sendo apenas relevante a interacção entre eles. Ou seja, a proporção dos agentes que utilizam cada uma das estratégias disponíveis pode ser obtida fazendo uso da distribuição de Boltzmann-Gibbs, indo a proporção de microestados (dinâmica populacional) ou microestrutura dos participantes no mercado evoluindo de tal forma que a cada instante a proporção de agentes que formam a sua expectativa com base na estratégia que consideram credível a formação das expectativas com base no objectivo definido pelo banco central é dada por

$$\beta_{tar,t} = \frac{e^{\gamma U_{tar,t}}}{e^{\gamma U_{tar,t}} + e^{\gamma U_{ext,t}}} \quad (11)$$

enquanto que a proporção em cada instante, dos agentes que formam a sua expectativa com base na estratégia de formação de expectativas a partir da extrapolação dos valores passados da inflação é dada por

$$\beta_{ext,t} = \frac{e^{\gamma U_{ext,t}}}{e^{\gamma U_{tar,t}} + e^{\gamma U_{ext,t}}} \quad (12)$$

Este conjunto de relações impõe que, à medida que o desempenho de previsão de uma das estratégias aumenta relativamente à outra, exista uma maior probabilidade dos agentes que formam expectativas com base na estratégia cujo desempenho comparativamente diminui, passarem a formar as suas expectativas com base na estratégia concorrente. Ou seja, alterando a dinâmica de populações subjacente temos que o microestado associado à estratégia que aumenta o desempenho comparativo irá ser progressivamente mais populado, em detrimento do microestado associado à estratégia concorrente. O parâmetro  $\gamma$  é uma medida da intensidade da escolha e pode ser interpretado como a vontade de os agentes aprenderem com o desempenho passado de cada uma das estratégias concorrentes à formação de expectativas. No caso extremo de o parâmetro  $\gamma$  assumir o valor nulo, então o processo de formação de expectativas através da incorporação de uma das estratégias concorrentes é transformado num processo meramente estocástico, sendo este marcado por uma igual probabilidade de escolha de cada uma das estratégias concorrentes. No outro caso extremo, o de o parâmetro  $\gamma$  assumir o valor  $\infty$ , então todos os agentes assumem uma só estratégia como sendo óptima para a formação de expectativas e os agentes passam a ter um comportamento homogéneo perante a formação das expectativas sobre a evolução futura da inflação.

O processo de formação de expectativas sobre o *output gap* proposto assume que os agentes económicos utilizam regras heurísticas simples para prever a sua evolução futura. O processo assume ainda a possibilidade de geração endógena de expectativas, ou seja, assume que os agentes são dotados da capacidade de introduzir inovações quanto às expectativas num processo que podemos designar de inovação narrativa. Assumiremos ainda que cada um dos agentes comunica com os agentes com quem interage (sendo a estrutura da interacção dada pela rede topológica exogenamente definida) e que desse processo de comunicação resulta o conhecimento da regra heurística actualmente utilizada pelo agente. Ou seja, modelamos cada um dos agentes para que estes não sejam apenas dotados de capacidade de formar – num processo de inovação narrativa – ou introduzir novas regras heurísticas, que serão interpretadas como expectativas, mas também para que estes sejam dotados de capacidade mímica relativamente ao comportamento dos agentes com quem interagem, introduzindo um mecanismo de difusão de expectativas na rede de interacção dos diferentes agentes económicos. Os agentes modelados estão enquadrados nas classes de agentes dos chamados modelos de *bounded rationality*, estando ainda enquadrados em modelos de informação limitada, condicionada ou imperfeita – os agentes não têm acesso a todas as expectativas

formadas no sistema de agentes mas apenas às expectativas dos agentes com quem interagem. Estas duas categorias taxonómicas dos agentes propostos não implicam que os agentes não sejam racionais, estes são racionais na medida em que através da introdução de um mecanismo de selecção das estratégias endógenas e exógenas em competição – com base na sua capacidade de descrever o comportamento passado da variável – os agentes escolhem aquela que maximiza a descrição passada da variável, garantindo assim uma racionalidade no processo de formação da expectativa e introduzindo um processo de aprendizagem.

Uma representação do modelo implementado encontra-se descrita através de um diagrama padrão de interacções (cf. Ilustração 1), com base nas especificações de representação para este tipo de processos (*Agent-Object Relationship Modeling Language*) presente em Wagner (2003).

O comportamento de cada um dos agentes implementados no modelo pode ser descrito assumindo que em cada unidade de tempo o agente é detentor de uma representação interna sobre a expectativa que assume para o valor do *output gap* na unidade de tempo seguinte.

Cada um dos agentes, ao ter acesso à representação desta expectativa da evolução do *output gap* dos agentes com quem interage, e utilizando a função desempenho como uma representação da função utilidade da expectativa, vai avaliar qual das expectativas (a que actualmente detém ou a que é detida pelo agente com quem interage) apresenta maior utilidade ou desempenho (cf. equação 13). Se a sua representação da expectativa da evolução futura desta variável apresenta um maior desempenho que a representação da expectativa detida pelo agente com quem interage, então o agente irá conservar a sua própria representação. Se, pelo contrário, a representação da expectativa sobre a evolução do *output gap* detida pelo agente com quem interage apresenta uma maior utilidade (medida através de um melhor desempenho da expectativa), então o agente assume esta representação da expectativa como sua, alterando a sua própria representação interna.

$$U_t = - \sum_{k=1}^{\infty} W_k [y_{t-k} - \tilde{E}_{t-k-1} y_{t-k}]^2 \quad (13)$$

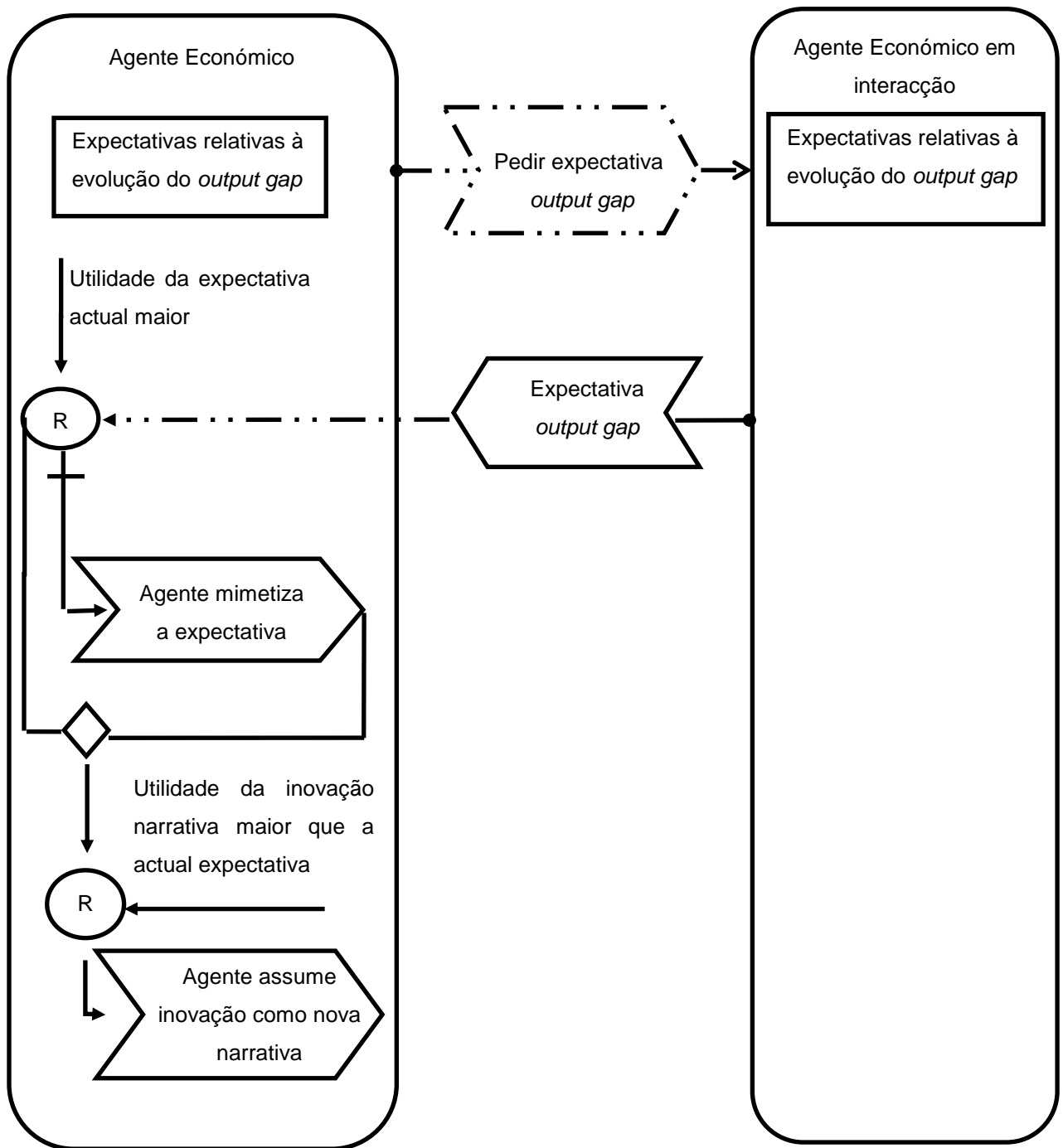


Ilustração 1 – Diagrama AORML do sistema multiagentes implementado

Após o processo anterior se ter desenrolado para todos os pares possíveis de interacção envolvendo o agente (sendo que os pares possíveis acção são exogenamente determinados pela estrutura topológica assumida como significativa para o processo de formação e difusão de expectativas sobre a evolução futura da variável económica *output gap*) este proporá uma nova narrativa, num processo inovativo representativo da expectativa. A utilidade da inovação narrativa será confrontada com a utilidade da actual representação da expectativa detida pelo agente, conservando e elegendo como sua expectativa a representação que apresentar maior utilidade (cf. equação 13).

Este processo será repetido por todos os agentes. Assumindo que todos os agentes têm o mesmo peso relativo no processo de agregação das expectativas, então a expectativa agregada para o comportamento futuro da variável económica *output gap* será obtida através da média das expectativas assumidas pelos agentes económicos do sistema.

Chang e Chen (2011) revelam a existência de indícios de que a distribuição de Boltzman-Gibbs introduzida por de Grauwe (2010) para modelar a probabilidade de um agente assumir cada uma das regras heurísticas constitui prova de um sistema de propagação de expectativas baseado numa rede circular de agentes. Seguindo estes autores, e com o objectivo de perceber as implicações da topologia de rede de difusão de expectativas para a política monetária óptima, propomos duas estruturas topológicas distintas para modelar o processo de interacção entre os agentes. As duas estruturas topológicas implementadas são as referidas por Amaral (2009) e a sua escolha prende-se com o facto de serem duas propostas de organização da rede de interacções económicas caracterizadas por serem organizacional e culturalmente distintas e significativas. As duas arquitecturas de comunicação entre os agentes económicos são (i) uma rede de topologia perfeita (cf. Ilustração 2) que pode ser caracterizada por ser uma arquitectura de rede em que cada agente comunica directamente com todos os outros agentes e (ii) uma rede de topologia circular de índice dois (cf. Ilustração 3) em que cada agente comunica com outros dois agentes.

As duas estruturas topológicas implementadas apresentam métricas topológicas significativas distintas (cf. Tabela 1) que permitem caracterizar situações limite na topologia de interacção entre os agentes económicos.



	<b>Rede topologia circular</b>	<b>Rede topologia perfeita</b>
<b>Distância média entre vértices</b>	2.78	1
<b>Grau individual médio</b>	2	9
<b>Grau da rede</b>	0.22	1
<b>Grau de centralidade média dos indivíduos</b>	1	1
<b>Diâmetro da rede</b>	5	1

Tabela 1 – Métricas topológicas das redes circular e perfeita

As duas redes propostas apresentam distâncias médias entre os vértices distintas (2.78 no caso da rede topológica circular e 1 no caso da rede topológica perfeita) que permitem evidenciar tempos de difusão de inovações narrativas distintas. Esta diferenciação relativa às distâncias médias entre vértices permite impor, no caso da rede de topologia circular, de forma endógena uma situação de informação imperfeita ou condicionada. Na rede de topologia circular a informação relativa às narrativas dos agentes económicos encontra-se condicionada à informação detida pelos agentes com quem estabelecem uma relação topológica, não tendo os agentes acesso a todas as narrativas sobre a evolução das variáveis económicas determinantes existentes no sistema modelado. Esta métrica permite ainda evidenciar o tempo médio de difusão das inovações narrativas bem-sucedidas por toda a rede de agentes do sistema. No caso da rede de interacção de topologia circular, e tendo em conta a parametrização feita no sistema (cf. Tabela 2), o tempo médio de difusão de inovações narrativas por toda a rede será de 3 meses. Assumindo que cada comunicação directa entre dois agentes demora o mesmo tempo para qualquer par de agentes, então o tempo que demora uma narrativa emitida por um agente a ser difundida a todos os outros agentes será em média de 3 meses e será para o agente mais distante de 5 meses (correspondendo à métrica diâmetro da rede).

A outra métrica que gostaríamos de destacar prende-se com o grau da rede que, de acordo com Amaral (2009), nos dá uma medida da importância das ligações directas na arquitectura da rede. A rede de topologia perfeita, ao ser caracterizada por um grau de rede 1, permite evidenciar a importância no processo de formação e difusão de narrativas dos contactos directos entre os agentes económicos. Todo o processo de difusão e formação de narrativas, sobre a evolução futura das variáveis económicas tidas como significativas é, neste caso,

determinada pelos agentes de interacção directa. No caso da rede de topologia circular, ao ser caracterizada por um grau de rede 0.22, esta métrica permite destacar que o processo de formação e difusão de narrativas será maioritariamente caracterizado pelos agentes cuja interacção não é directa. Os agentes sem uma relação explícita directa são, neste caso, determinantes no processo implícito de formação e difusão de narrativas sobre a evolução futura das variáveis económicas tidas como significativas.

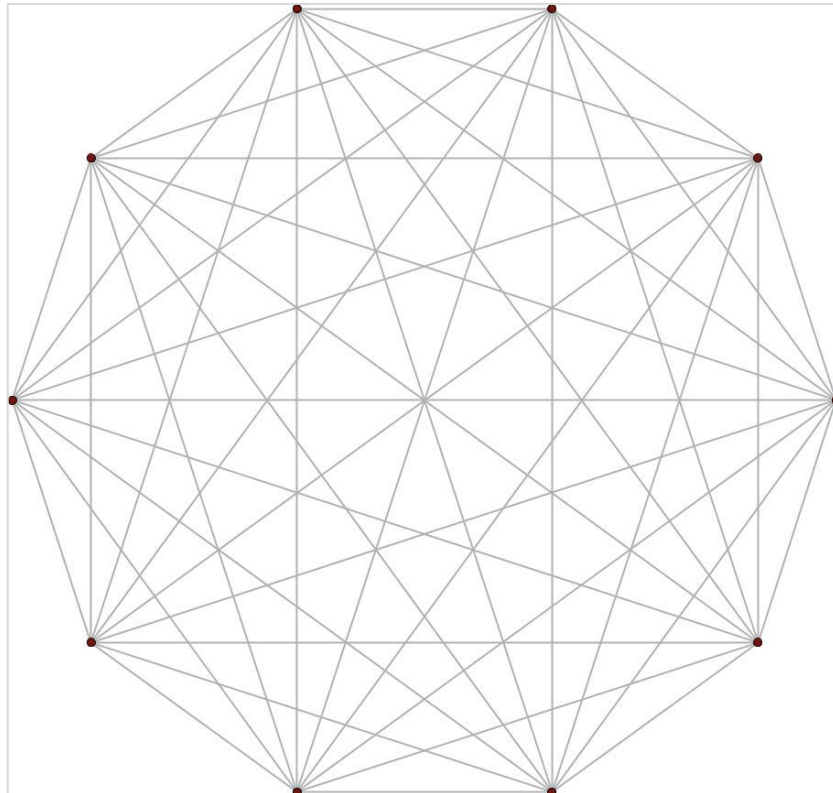


Ilustração 2 – Rede perfeita

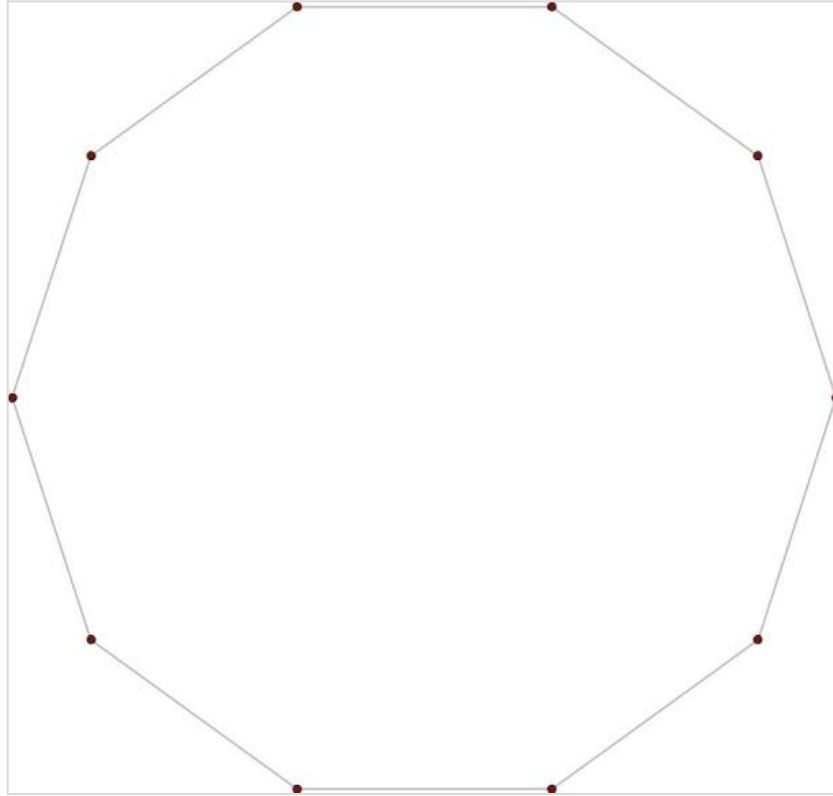


Ilustração 3 – Rede circular de índice dois

Após o processo de agregação das expectativas sobre a evolução futura das variáveis económicas inflação e *output gap*, é possível proceder ou encontrar a solução do modelo económico em cada passo, em notação matricial, através da relação

$$\begin{bmatrix} \mathbf{1} & -\mathbf{b}_2 \\ -\mathbf{a}_2\mathbf{c}_1 & \mathbf{1} - \mathbf{a}_2\mathbf{c}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{\pi}_t \\ \mathbf{y}_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_1 & \mathbf{0} \\ -\mathbf{a}_2 & \mathbf{a}_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{E}}_t \boldsymbol{\pi}_{t+1} \\ \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{1} - \mathbf{b}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{1} - \mathbf{a}_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{\pi}_{t-1} \\ \mathbf{y}_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{a}_2\mathbf{c}_3 \end{bmatrix} r_{t-1} + \begin{bmatrix} \boldsymbol{\eta}_t \\ \mathbf{a}_2\boldsymbol{\mu}_t + \boldsymbol{\varepsilon}_t \end{bmatrix} \quad (14)$$

ou de forma mais concisa através da relação

$$\mathbf{AZ}_t = \mathbf{B}\tilde{\mathbf{E}}_t\mathbf{Z}_{t+1} + \mathbf{CZ}_{t-1} + \mathbf{b}r_{t-1} + \mathbf{V}_t \quad (15)$$

sendo os caracteres salientados referentes a estruturas matriciais. A solução do sistema é então encontrada por

$$\mathbf{Z}_t = \mathbf{A}^{-1}[\mathbf{B}\tilde{\mathbf{E}}_t\mathbf{Z}_{t+1} + \mathbf{C}\mathbf{Z}_{t-1} + \mathbf{b}r_{t-1} + \mathbf{V}_t] \quad (16)$$

A solução existe se a matriz  $\mathbf{A}$  for não singular, ou seja  $(1 - a_2c_2)a_2b_2c_1 \neq 0$ , sendo que esta condição é verdadeira dentro das condições impostas aos parâmetros aquando da calibração do modelo. O sistema permite obter a evolução dinâmica das variáveis económicas agregadas inflação e *output gap* tendo em conta o processo de formação e difusão de expectativas das variáveis económicas que foram tomadas como significativas. Ou seja, permite evidenciar as implicações do processo de formação e difusão de expectativas sobre o comportamento das variáveis inflação e *output gap*.

O modelo será calibrado, tal como em de Grauwe (2010), de modo a que a unidade temporal possa ser vista como mensal. Os três choques exógenos sobre o sistema, choques sobre a procura, oferta e sobre as taxas de juro, são assumidos como independentes e identicamente distribuídos segundo uma curva gaussiana de média zero e desvio-padrão de 0.5%.

A estratégia de pesquisa consiste em, para cada uma das topologias da rede de interacção definidas, ir variando os coeficientes implicados na determinação da política monetária seguida pelo banco central – especialmente o parâmetro  $c_2$  que modela a reacção do banco central a desvios do *output gap* – e utilizando como medida de bem estar social a estabilidade (medida em termos do desvio-padrão da variável inflação) determinando qual o espaço de parâmetros que maximiza o bem estar social e portanto que determina a política monetária tida como óptima. Com base na informação recolhida sobre a política monetária óptima para cada tipo de topologia da rede de interacções sustentaremos, ou não, a afirmação de que a topologia de interacções dos agentes económicos envolvidos no processo de formação de expectativas é um factor determinante ou relevante na determinação da política monetária tida como óptima de um banco central. Ou seja, a informação ou os resultados obtidos neste trabalho permitirão validar ou refutar se, neste sistema, assumindo como empiricamente válidas as hipóteses de comportamento dos agentes modelados, as propriedades macro (topologia) de uma rede exógena de agentes possuem uma influência causal no processo de emergência micro para macro.

#### **4. *Trade-off* entre a volatilidade da inflação e do produto**

Neste capítulo procedemos à apresentação e interpretação das simulações do modelo behaviorista proposto.

Começando por assumir que a estrutura de interações dos agentes envolvidos no processo de formação e difusão de expectativas pode ser representada através de uma rede perfeita de dez agentes, ou seja, em que todos os agentes comunicam, interpretam como credível e estão em condições de mimetizar as expectativas de todos os outros agentes presentes no sistema.

Na Ilustração 4 poderemos encontrar o padrão temporal obtido para o *output gap* produzido pelo modelo behaviorista. Uma análise dos resultados obtidos permite afirmar que este apresenta um padrão marcadamente cíclico, estando este padrão de acordo com os dados estilizados amplamente conhecidos e aceites pela ciência económica. É ainda apresentado na Ilustração 4 o resultado da aplicação de um filtro, média móvel simples de período seis, sobre a série temporal que reforça ou evidencia o padrão fortemente cíclico dos dados obtidos através da simulação.

Na Ilustração 5 poderemos encontrar o padrão temporal obtido para a inflação produzido pelo modelo behaviorista. Uma análise dos resultados obtidos permite observar um dos aspectos chave da análise e do conhecimento das características da variável macroeconómica inflação, a inércia implícita nos processos de formação e reprodução do comportamento dos agentes económicos face à inflação. É ainda apresentado na Ilustração 5 o resultado da aplicação de um filtro, média móvel simples de período seis, sobre a série temporal, reforçando ou evidenciando o padrão empírico sobre o processo de formação de hábitos relativos à evolução da variável económica inflação.

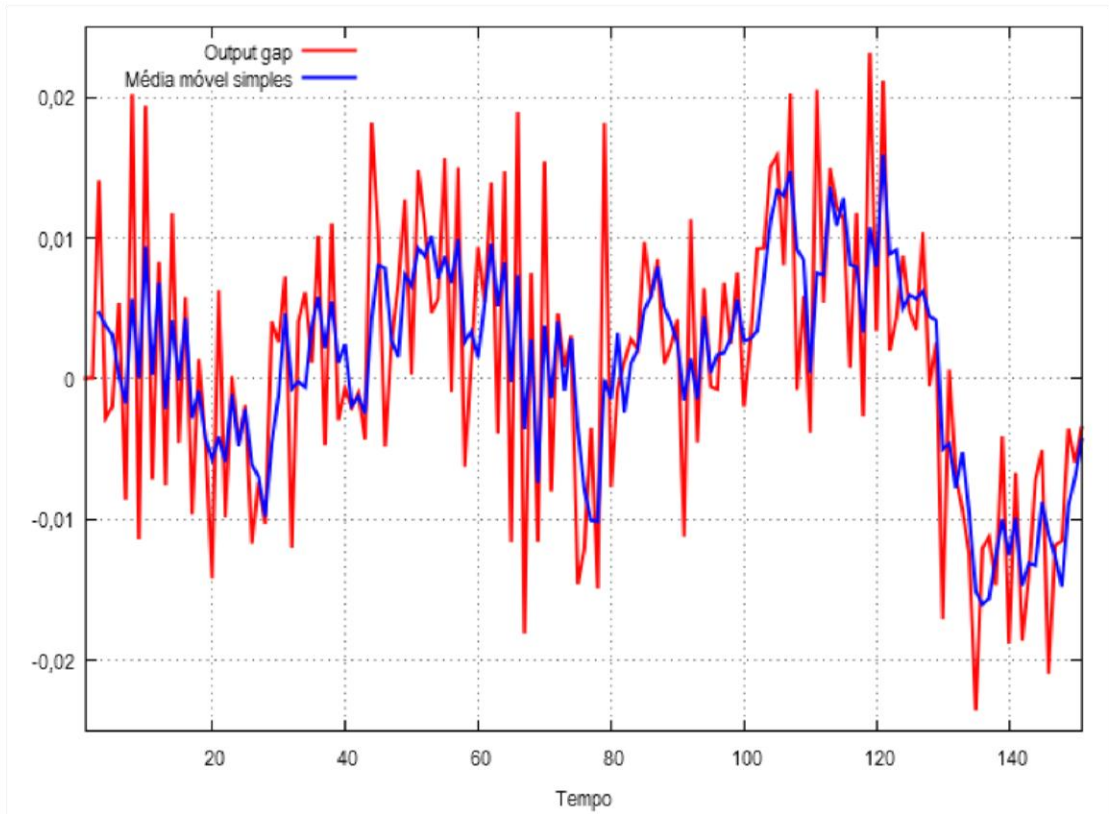


Ilustração 4 – Série numérica simulada do *output gap*

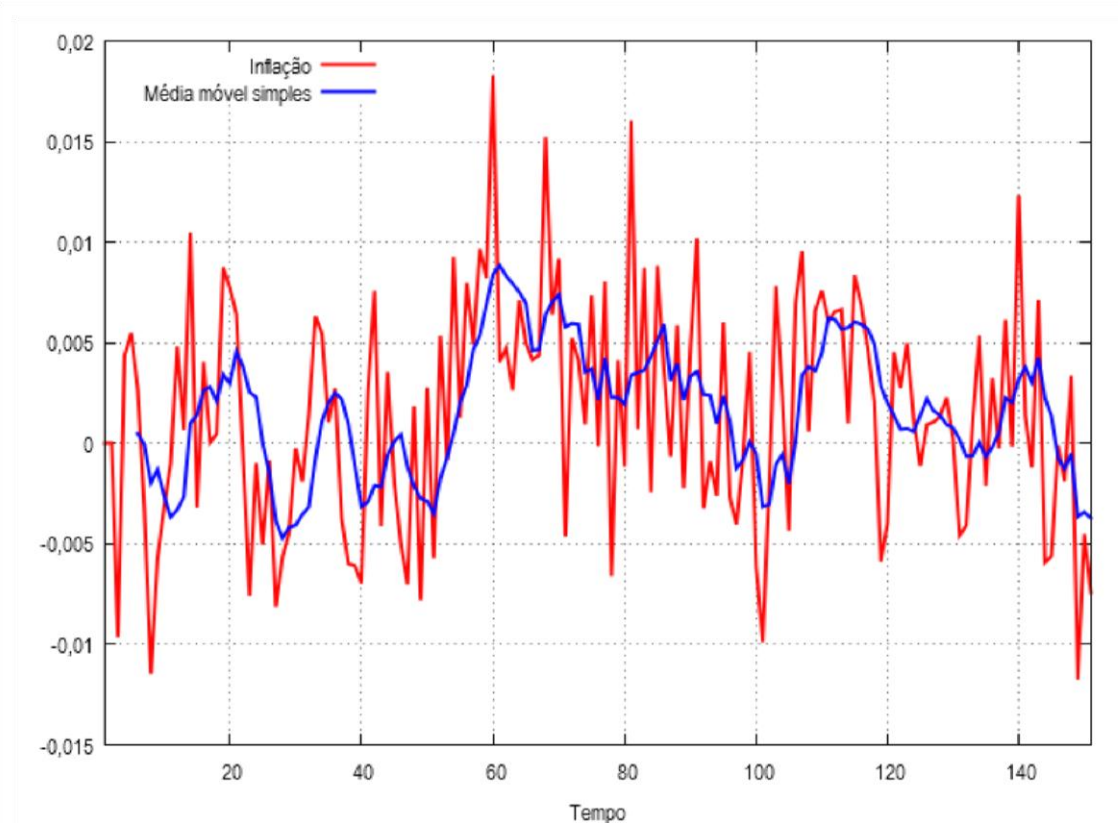


Ilustração 5 – Série numérica simulada da inflação

Na Ilustração 6 e Ilustração 7 podemos encontrar confrontações entre o padrão temporal da variável *output gap* e o valor agregado das expectativas sobre a evolução futura desta variável que resulta da simulação. As séries temporais das expectativas agregadas permitem evidenciar os diferentes graus de optimismo e pessimismo das previsões realizadas pelos agentes económicos. Os processos de formação e difusão de expectativas estão envolvidos na emergência endógena de ondas de pessimismo e optimismo sobre a evolução futura da economia. As ondas de pessimismo ou optimismo geradas são na sua essência imprevisíveis e não existem evidências da emergência de ondas de pessimismo ou optimismo de período constante ou determinável. Outra evidência importante extraível das séries numéricas obtidas é que a realização e ou materialização de diferentes estruturas de choques exógenos sobre o sistema (sejam estes sobre a procura, a oferta ou sobre as taxas de juro) implicam a emergência de diferentes ciclos de negócios e de diferentes ciclos de expectativas. Os ciclos de negócio endogenamente gerados são possíveis graças a um mecanismo dialéctico multidimensional envolvendo a emergência das expectativas agregadas, o *output gap* e a inflação, existindo um processo de condicionamento mútuo naquilo que poderíamos designar como *self-fulfilling*. O ciclo endógeno é assim gerado por dois mecanismos, por um lado, a materialização de um conjunto de choques aleatórios exógenos sobre a economia cria a possibilidade de mímica narrativa sobre as expectativas – processo de difusão das expectativas mais ajustadas ou tidas como mais ajustadas – alterando desta forma a expectativa agregada emergente. Por outro lado, a inovação narrativa – processo endógeno de criação de expectativas – que pode introduzir novas expectativas no sistema, alterando a expectativa agregada. Uma alteração na expectativa agregada irá por sua vez alterar os valores agregados das variáveis económicas. As variáveis económicas irão condicionar ou alterar o quadro de referência simbólico que enquadra a actividade dos agentes económicos criando ou alterando o enquadramento sobre as expectativas individuais, o que criará condições para a difusão ou propagação de expectativas distintas ou para a formação de novas expectativas.

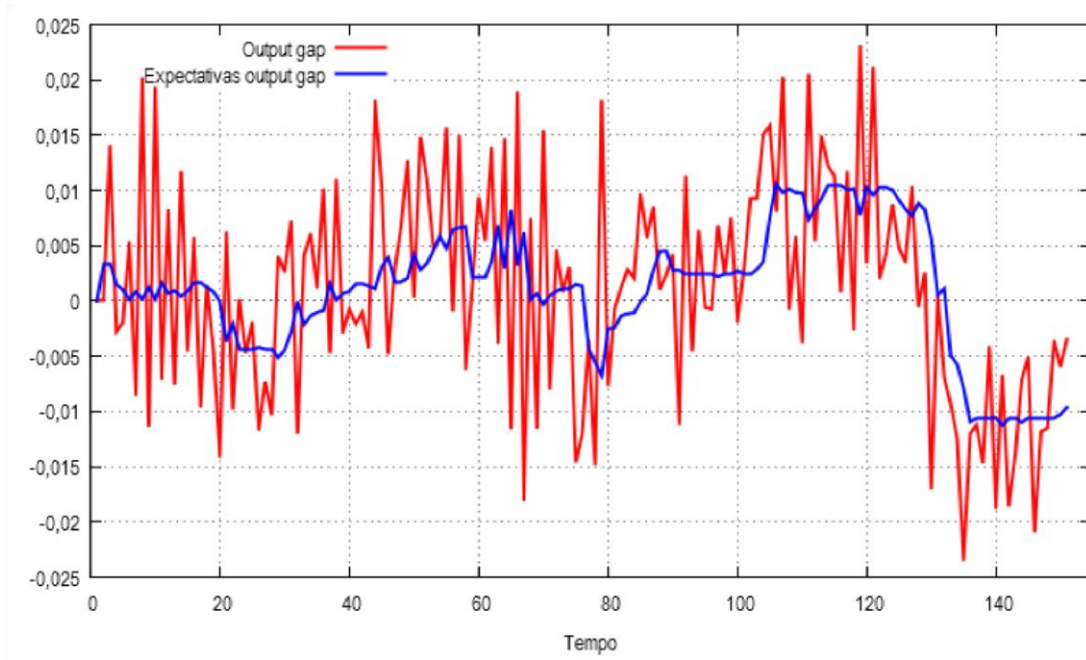


Ilustração 6 – Série numérica expectativas agregadas emergentes da acção dos agentes económicos

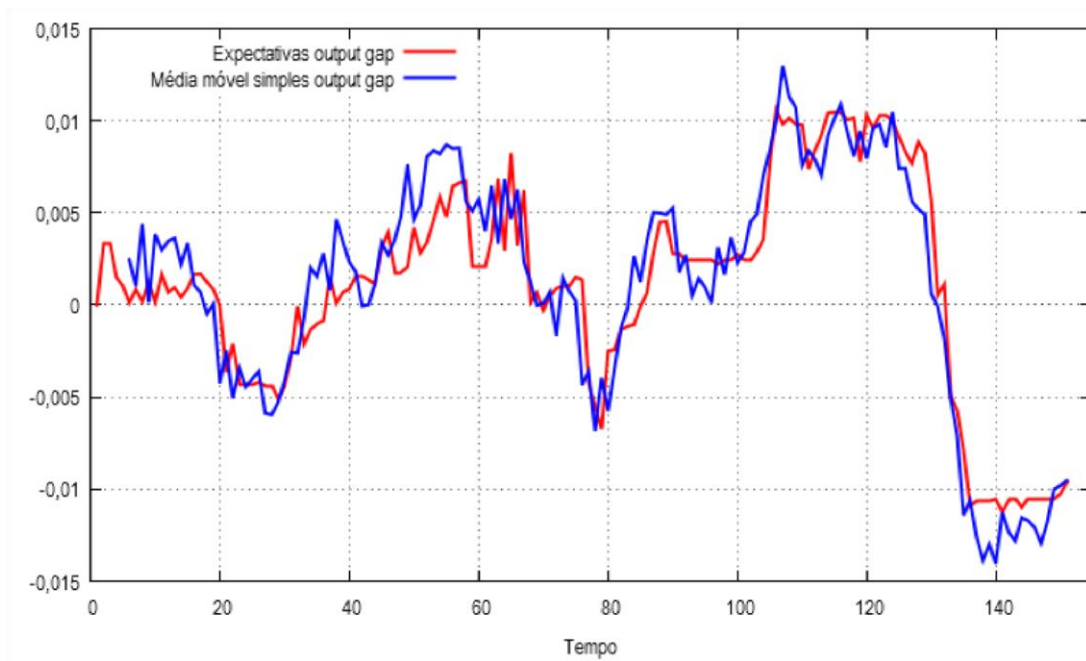


Ilustração 7 – Série numérica expectativas agregadas emergentes da acção dos agentes económicos



Com o objectivo de perceber qual o comportamento tido como óptimo para a actuação do banco central, quando enquadrado por uma economia do tipo descentralizada, e cujos agentes têm um comportamento representável ou enquadrado pela representação que deles construímos, podemos extrair, através de simulações multiagentes, as propriedades emergentes do sistema, simulando a resposta dos agentes e do sistema a diferentes configurações no espaço de parâmetros da regra de Taylor representativa da actuação do banco central. O modelo foi parametrizado a partir da proposta de parametrização de de Grauwe (2010, 2011) (cf. Tabela 2) de forma a garantir que as unidades temporais correspondem a meses, que as séries temporais simuladas assumem valores numéricos que permitem o confronto das suas características e regularidades com a realidade empírica e que é garantida a não singularidade da matriz  $A$  (cf. equação 16) – condição necessária à existência de uma solução para a equação matricial representativa do sistema.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Coeficiente associado às expectativas do output gap na equação da procura	0.5
Objectivo do banco central à inflação	0
Coeficiente da elasticidade da taxa de juro relativamente à procura	-0.2
Coeficiente da expectativa sobre a inflação na equação da oferta	0.5
Coeficiente do output gap na equação da oferta	0.005
Coeficiente da inflação na equação de Taylor	1.0
Coeficiente do output gap na equação de Taylor	[0:2.9]
Parâmetro de suavização da taxa de juro na regra de Taylor	0.5
Parâmetro intensidade da escolha no processo formação expectativas inflação	1
Parâmetro de memória na função utilidade das expectativas	0.5
Desvio-padrão dos choques externos sobre o output gap	0.5%
Desvio-padrão dos choques externos sobre a inflação	0.5%
Desvio-padrão dos choques externos sobre a taxa de juro	0.5%

Tabela 2 – Parametrização do modelo simulado

A simulação do modelo foi executada para cada uma das topologias de interacção dos agentes (Ilustração 2 e Ilustração 3) dez vezes, cada uma delas é executada por mil períodos de tempo, de forma a testar a sensibilidade dos parâmetros significativos (desvio-padrão do *output gap*, desvio-padrão da inflação, desvio-padrão das expectativas sobre o *output gap* e correlação entre o *output gap* e as expectativas sobre o mesmo) ao espaço de valores do coeficiente do

*output gap* na equação de Taylor. O resultado da média das simulações para cada uma das topologias de rede, tendo em conta o espaço de valores do parâmetro da equação de Taylor, pode ser encontrado na Tabela 3 e Tabela 4.

Na Ilustração 11 encontramos representada a variabilidade ou a sensibilidade do *output gap* perante alterações ao coeficiente de output na regra de Taylor para cada uma das topologias da rede de agentes estudada. O resultado exibido é o expectável: à medida que o coeficiente do output aumenta (o objectivo à inflação passa a ser menos restritivo), a variabilidade do *output gap*, medida através do desvio-padrão, tende a decrescer. Ou seja, à medida que a política monetária seguida pelo banco central tende a assumir-se como de menor controlo sobre a estabilização da inflação e conseqüentemente de maior controlo sobre a estabilização do *output gap*, então este tende a apresentar uma maior estabilização consubstanciada num menor valor associado ao desvio-padrão da série temporal *output gap*. Este resultado é reforçado quando testada a causalidade à Granger entre  $c_2$  e  $\sigma(y)$  através da formulação da hipótese nula de  $c_2$  não causar à Granger  $\sigma(y)$ . Para as duas topologias propostas concluímos pela não validação da hipótese nula para um espaço de significância padrão de 5% e, portanto, pela existência de um sentido causal à Granger entre  $c_2$  e  $\sigma(y)$  (cf. Tabela 5 e Tabela 6).

O resultado surpreendente desta abordagem, que já tinha sido demonstrado por de Grauwe (2010, 2011) e que volta a surgir no decorrer do presente trabalho (cf. Ilustração 12, Ilustração 13 e Ilustração 14), é o facto de, ao contrário do expectável, a estabilização do *output gap* não apresentar como custo uma menor estabilização da inflação para um espaço de valores do parâmetro output na regra de Taylor. Ou seja, era expectável que a uma menor volatilidade no *output gap* estivesse associada uma maior volatilidade da inflação, e aquilo que é demonstrado é que esta relação não é linear. Existe no espaço de parâmetros da variável output da regra de Taylor um subconjunto de valores que este parâmetro pode assumir que pode ser explorado pelo banco central para aumentar o bem-estar social (cf. Ilustração 8, Ilustração 9 e Ilustração 10). Este resultado é evidenciado quando testada a causalidade à Granger entre  $c_2$  e  $\sigma(\pi)$  através da formulação da hipótese nula de  $c_2$  não causar à Granger  $\sigma(\pi)$ . Para as duas topologias propostas concluímos pela validação da hipótese nula para um espaço de significância padrão de 5% e, portanto, pela não existência de um sentido causal à Granger entre  $c_2$  e  $\sigma(\pi)$  (cf. Tabela 5 e Tabela 6).

$c_2$	$\sigma(y)$	$\sigma(\pi)$	$\sigma(\tilde{E}_t y)$	$\text{corr}(y, \tilde{E}_t y_{t+1})$
0	0.014795	0.0056148	0.01127927	0.7855151
0.1	0.013691	0.0055778	0.0101887	0.744124
0.2	0.012486	0.0055211	0.009030798	0.7035035
0.3	0.012402	0.0054279	0.009069086	0.7026186
0.4	0.011454	0.0054335	0.008166991	0.6725407
0.5	0.010752	0.0055180	0.00721994	0.616614
0.6	0.010638	0.0054005	0.00718935	0.6080783
0.7	0.0098535	0.0054698	0.006251823	0.5523682
0.8	0.0094641	0.0053823	0.005956041	0.5293189
0.9	0.0094349	0.0054207	0.005996919	0.5399836
1.0	0.0091868	0.0054140	0.0058892	0.5319214
1.1	0.0088702	0.0054579	0.005346747	0.4944334
1.2	0.0086011	0.0054479	0.005032054	0.4645404
1.3	0.0083082	0.0055181	0.004822862	0.4387881
1.4	0.0083172	0.0054542	0.004834474	0.4494624
1.5	0.0080886	0.0054674	0.004384138	0.3953998
1.6	0.0078972	0.0054683	0.004443813	0.4148619
1.7	0.0076321	0.0054684	0.004198433	0.3990701
1.8	0.0075291	0.0054297	0.004044937	0.3653029
1.9	0.0074620	0.0053903	0.00390329	0.3438259
2.0	0.0072583	0.0054567	0.003751671	0.3457301
2.1	0.0072063	0.0054562	0.003666043	0.3166496
2.2	0.0070571	0.0053644	0.003449718	0.291135
2.3	0.0069198	0.0054420	0.003467365	0.3078301
2.4	0.0068666	0.0054558	0.003299257	0.2837616
2.5	0.0067654	0.0054011	0.003211144	0.259918
2.6	0.0068770	0.0054689	0.003359977	0.2895354
2.7	0.0066239	0.0054032	0.00311873	0.2703064
2.8	0.0064330	0.0054293	0.002966073	0.2474086
2.9	0.0063732	0.0053893	0.00288181	0.2353964

Tabela 3 – Resultados simulação rede perfeita

$c_2$	$\sigma(y)$	$\sigma(\pi)$	$\sigma(\tilde{E}_t y_{t+1})$	$\text{corr}(y, \tilde{E}_t y_{t+1})$
0	0.01561342	0.005615339	0.01217809	0.8048382
0.1	0.01334877	0.005552367	0.009848193	0.7413267
0.2	0.01253102	0.005483981	0.009064797	0.711155
0.3	0.01171591	0.005486858	0.008286843	0.6632977
0.4	0.0112403	0.005511675	0.007732853	0.641039
0.5	0.01063131	0.005516824	0.007058047	0.6144114
0.6	0.01011539	0.005408249	0.00657232	0.589237
0.7	0.009616286	0.005482636	0.006123848	0.5543847
0.8	0.00969414	0.005423388	0.006213788	0.5608367
0.9	0.009548414	0.005444374	0.00595727	0.538988
1.0	0.008935256	0.005483968	0.00526092	0.4779404
1.1	0.008681131	0.005460681	0.004944598	0.4521375
1.2	0.008555245	0.005459711	0.00503778	0.4727987
1.3	0.008353325	0.005447284	0.004754213	0.437572
1.4	0.008080629	0.005478116	0.004417645	0.4136546
1.5	0.008010812	0.005437376	0.004450975	0.4249968
1.6	0.007849852	0.005435312	0.004212557	0.3928867
1.7	0.007677182	0.005407725	0.00398439	0.3644569
1.8	0.007422498	0.005420574	0.003826227	0.3587038
1.9	0.007473512	0.005501142	0.003809594	0.343905
2.0	0.007215791	0.00539805	0.003564269	0.3223696
2.1	0.007163797	0.005430208	0.003595674	0.335572
2.2	0.006920763	0.005429254	0.003297702	0.30095
2.3	0.007059002	0.005419371	0.003393712	0.3001586
2.4	0.006909716	0.005437434	0.003142681	0.2650682
2.5	0.006799928	0.005504578	0.003255514	0.3037394
2.6	0.006803349	0.00550364	0.003155006	0.2796442
2.7	0.00660611	0.005516275	0.002963813	0.2558918
2.8	0.006641427	0.005600129	0.002935238	0.250259
2.9	0.006397021	0.005499197	0.002804499	0.2444587

Tabela 4 – Resultados simulação rede circular

Hipótese nula	Observações	F-Estatística	Prob.
$\text{corr}(\mathbf{y}, \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$ não causa à Granger $\sigma(\tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$	29	16.4000	0.0004
$\sigma(\tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$ não causa à Granger $\text{corr}(\mathbf{y}, \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$	29	0.20064	0.6579
$\mathbf{c}_2$ não causa à Granger $\sigma(\tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$	29	16.9766	0.0003
$\sigma(\tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$ não causa à Granger $\mathbf{c}_2$	29	-13.6592	1.0000
$\text{corr}(\mathbf{y}, \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$ não causa à Granger $\sigma(\mathbf{y})$	29	26.5141	2.E-05
$\sigma(\mathbf{y})$ não causa à Granger $\text{corr}(\mathbf{y}, \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$	29	0.04939	0.8259
$\mathbf{c}_2$ não causa à Granger $\sigma(\mathbf{y})$	29	21.9788	8.E-05
$\text{corr}(\mathbf{y}, \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$ não causa à Granger $\sigma(\boldsymbol{\pi})$	29	0.04409	0.8353
$\sigma(\boldsymbol{\pi})$ não causa à Granger $\text{corr}(\mathbf{y}, \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$	29	0.10403	0.7496
$\mathbf{c}_2$ não causa à Granger $\sigma(\boldsymbol{\pi})$	29	0.34929	0.5596
$\mathbf{c}_2$ não causa à Granger $\text{corr}(\mathbf{y}, \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$	29	4.54933	0.0425
$\text{corr}(\mathbf{y}, \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$ não causa à Granger $\mathbf{c}_2$	29	-15.2129	1.0000

Tabela 5 – Teste Causalidade Granger topologia de interacção do tipo Rede Circular

Hipótese nula	Observações	F-Estatística	Prob.
$\sigma(\tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$ não causa à Granger $\text{corr}(\mathbf{y}, \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$	29	0.12834	0.7231
$\text{corr}(\mathbf{y}, \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$ não causa à Granger $\sigma(\tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$	29	0.83023	0.3706
$\sigma(\boldsymbol{\pi})$ não causa à Granger $\text{corr}(\mathbf{y}, \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$	29	0.02243	0.8821
$\text{corr}(\mathbf{y}, \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$ não causa à Granger $\sigma(\boldsymbol{\pi})$	29	3.29299	0.0811
$\sigma(\mathbf{y})$ não causa à Granger $\text{corr}(\mathbf{y}, \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$	29	0.52918	0.4735
$\text{corr}(\mathbf{y}, \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$ não causa à Granger $\sigma(\mathbf{y})$	29	2.16511	0.1532
$\mathbf{c}_2$ não causa à Granger $\text{corr}(\mathbf{y}, \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$	29	3.82142	0.0614
$\text{corr}(\mathbf{y}, \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$ não causa à Granger $\mathbf{c}_2$	29	-17.4456	1.0000
$\mathbf{c}_2$ não causa à Granger $\sigma(\tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$	29	2.87443	0.1019
$\sigma(\tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{y}_{t+1})$ não causa à Granger $\mathbf{c}_2$	29	2.79256	1.0000
$\mathbf{c}_2$ não causa à Granger $\sigma(\boldsymbol{\pi})$	29	2.61436	0.1180
$\mathbf{c}_2$ não causa à Granger $\sigma(\mathbf{y})$	29	4.37262	0.0464

Tabela 6 – Teste Causalidade Granger topologia de interacção do tipo Rede Perfeita

Analisando a Tabela 5 e a Tabela 6 podemos concluir que existe um sentido causal significativo entre a topologia da rede de agentes e os processos de causalidade emergentes do sistema. Enquanto que para uma topologia da rede de interações do tipo rede circular (cf. Tabela 5) não podemos concluir pela não existência (nível de significância de 5%) de relações causais entre as variáveis de análise  $\text{corr}(y, \tilde{E}_t y_{t+1})$  e  $\sigma(\tilde{E}_t y_{t+1})$ ,  $c_2$  e  $\sigma(\tilde{E}_t y_{t+1})$ ,  $\text{corr}(y, \tilde{E}_t y_{t+1})$  e  $\sigma(y)$ ,  $c_2$  e  $\sigma(y)$ ,  $c_2$  e  $\text{corr}(y, \tilde{E}_t y_{t+1})$ , para a topologia da rede de interação do tipo rede perfeita (cf. Tabela 6) não podemos concluir pela não existência (nível de significância de 5%) de relações causais entre as variáveis de análise  $c_2$  e  $\sigma(y)$ . O processo de causalidade à Granger das variáveis  $\text{corr}(y, \tilde{E}_t y_{t+1})$  e  $\sigma(\tilde{E}_t y_{t+1})$ ,  $c_2$  e  $\sigma(\tilde{E}_t y_{t+1})$ ,  $\text{corr}(y, \tilde{E}_t y_{t+1})$  e  $\sigma(y)$ ,  $c_2$  e  $\text{corr}(y, \tilde{E}_t y_{t+1})$  apresenta uma dependência para com a topologia de interação entre os agentes. O processo de formação e difusão das expectativas assumidas pelos diferentes agentes e as suas interações condiciona a emergência do comportamento agregado do sistema, implicando ou condicionando a emergência de relações de causalidade entre as diferentes variáveis.

Na Ilustração 11, Ilustração 12, Ilustração 13, Ilustração 14, Tabela 3 e Tabela 4 podemos ainda perceber que estes resultados apesar de serem válidos para diferentes estruturas topológicas de interação entre os agentes são também sensíveis à estrutura topológica de interação, com a importante contribuição de o subconjunto de valores explorável pelo banco central para aumentar o bem-estar social ser uma função da topologia da rede de interação entre os agentes. Ou seja, a política monetária considerada óptima para a actuação do banco central não só não é a estratégia conhecida como *target* à inflação prescrita pelos modelos DSGE (cf. Woodford, 2001 e Clarida, Gali e Gertler, 1999) e assumida, por exemplo, pelo Banco Central Europeu, como depende da estrutura de interação dos agentes envolvidos no processo de formação e difusão de expectativas sobre as variáveis económicas relevantes.

Estas conclusões sustentam a não refutação da hipótese original. Neste sistema, as propriedades macro (topologia) de uma rede exógena de agentes possuem uma influência causal no processo de emergência micro para macro.

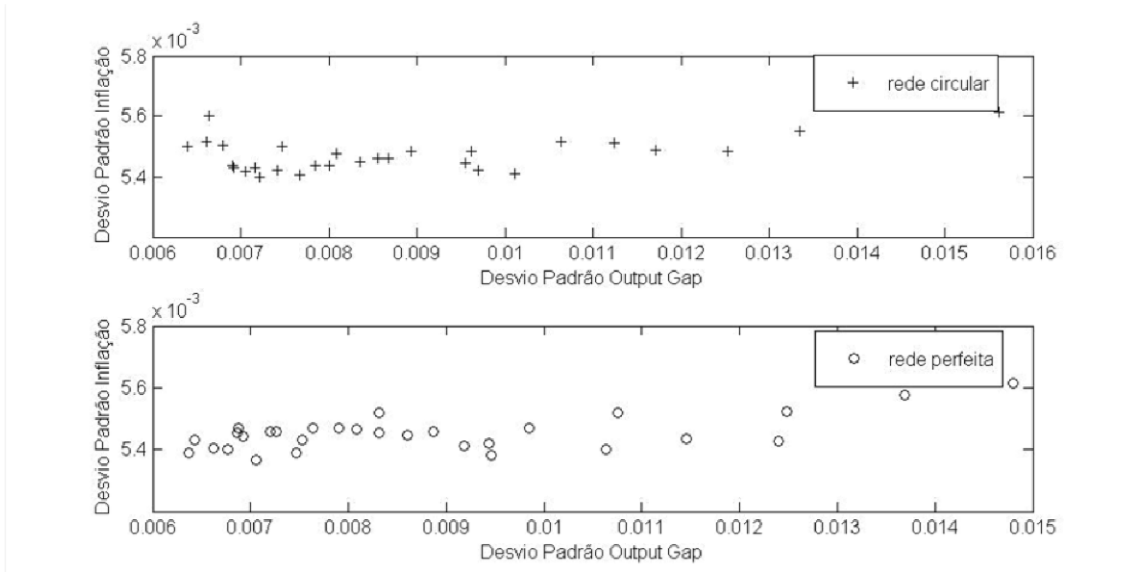


Ilustração 8 – *Trade-off* entre a volatilidade da inflação e do produto

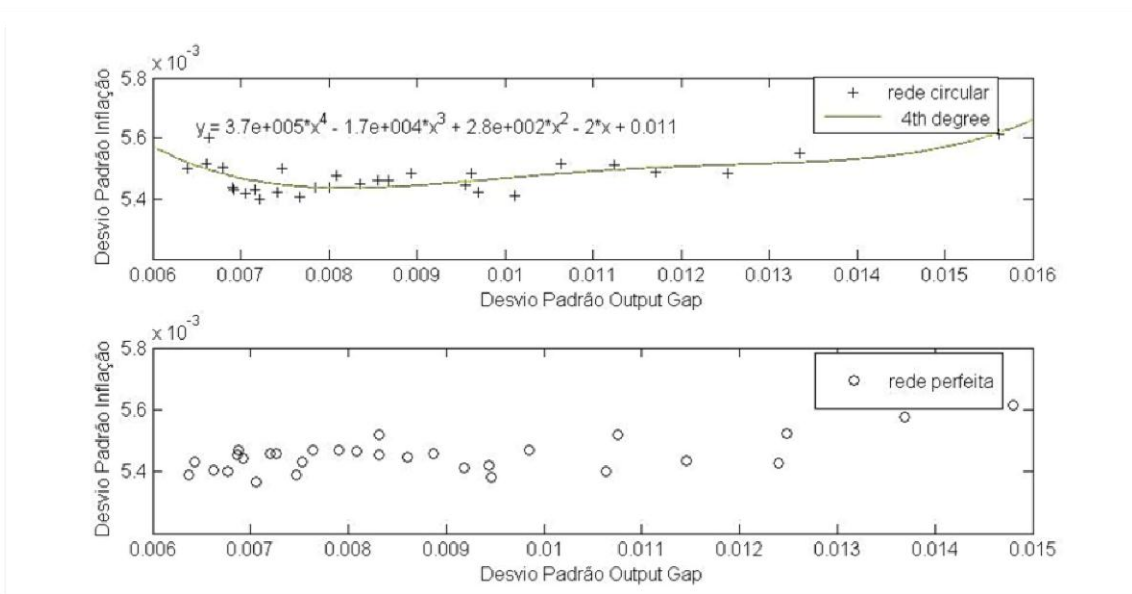


Ilustração 9 – *Trade-off* entre a volatilidade da inflação e do produto (I)

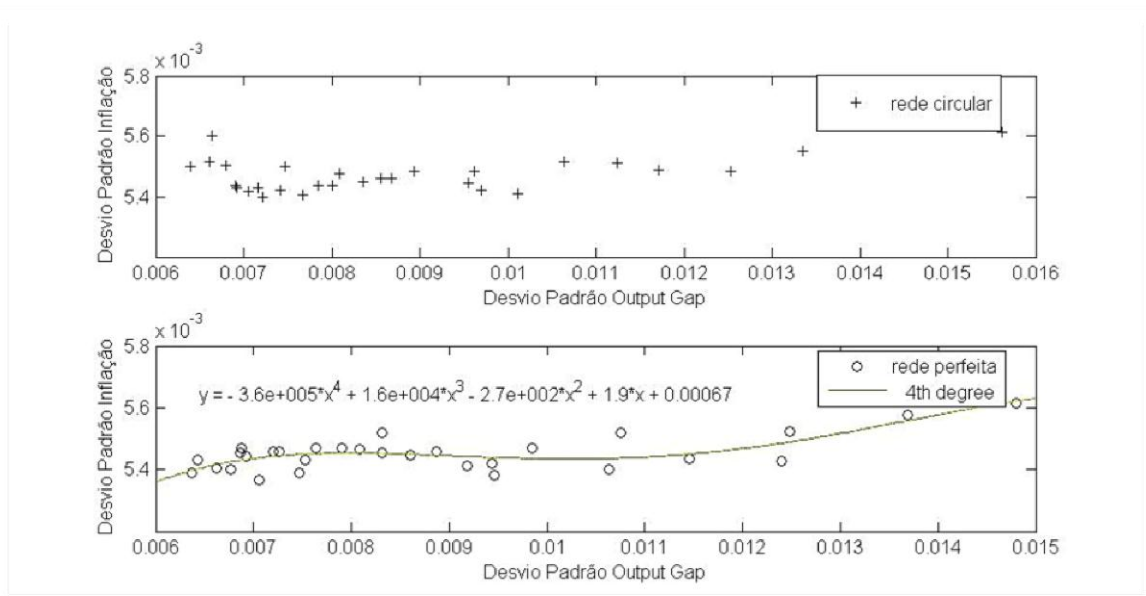


Ilustração 10 – Trade-off entre a volatilidade da inflação e do produto (II)

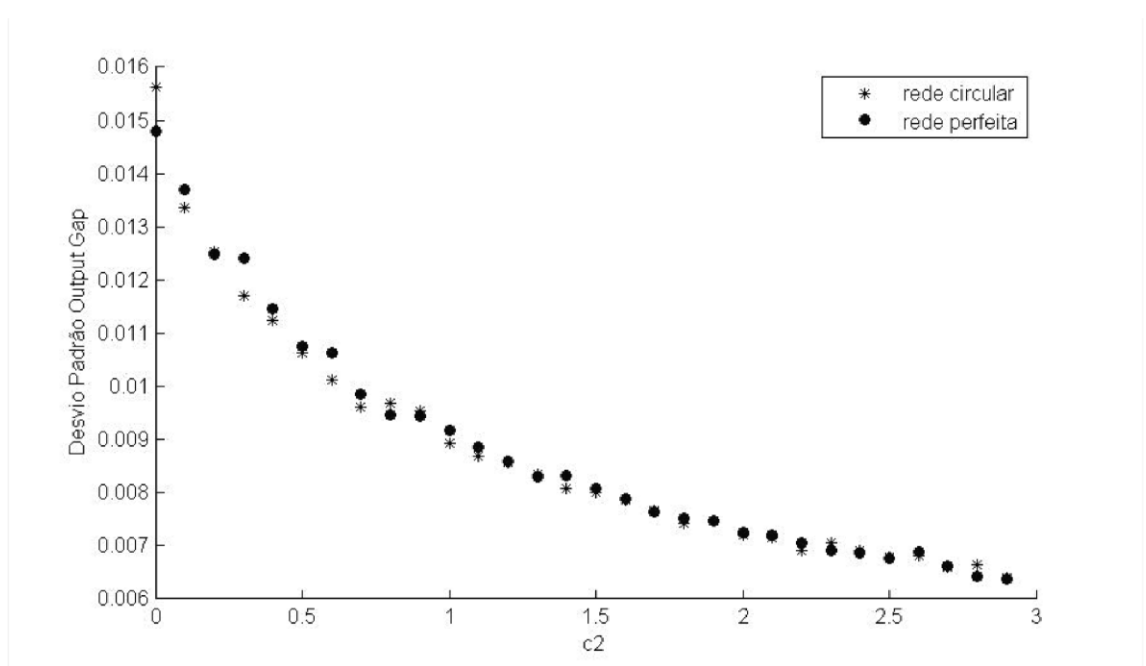


Ilustração 11 – Desvio-padrão *output gap*



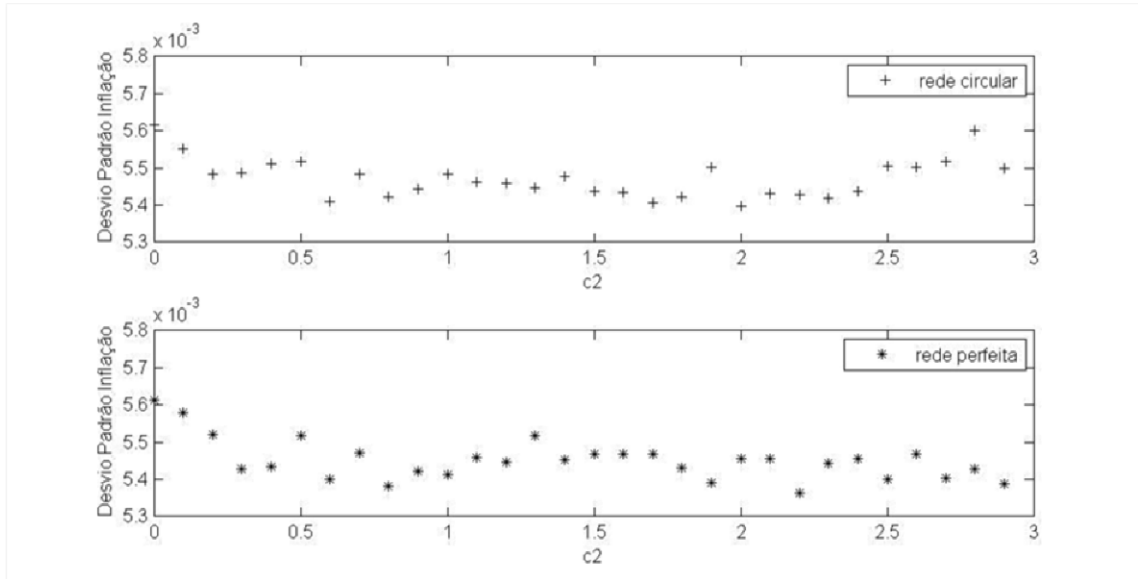


Ilustração 12 – Desvio-padrão inflação

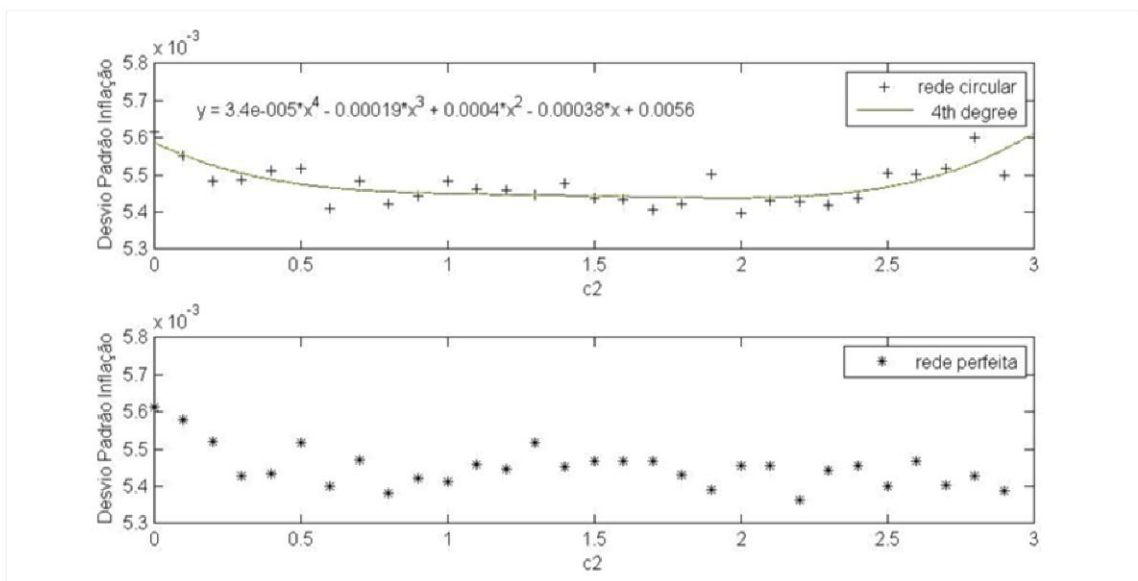


Ilustração 13 – Desvio-padrão inflação (I)

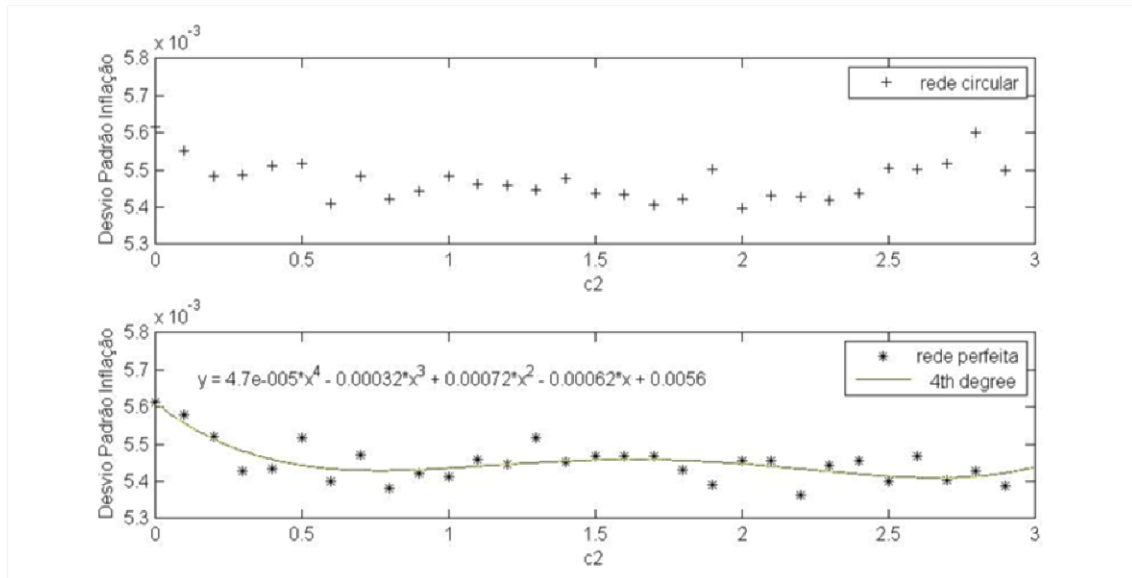


Ilustração 14 – Desvio-padrão inflação (II)

Como já referimos anteriormente, as séries temporais das expectativas agregadas permitem evidenciar os diferentes graus de optimismo e pessimismo das previsões realizadas pelos agentes económicos simulados. Os processos de formação e difusão de expectativas estão envolvidos na emergência endógena de ondas de pessimismo e optimismo sobre a evolução futura da economia. As ondas de pessimismo ou optimismo geradas, e a sua influência no sistema económico, vão depender da política monetária seguida (na Tabela 3 e Tabela 4 podemos encontrar os coeficientes de correlação entre as séries *output gap* e expectativas agregadas do *output gap*) e da sua capacidade para estabilizar o comportamento do sistema, e dessa forma condicionar e influenciar as ondas de pessimismo e optimismo. Mais uma vez se demonstra que as propriedades macro (topologia) de uma rede exógena de agentes possuem uma influência causal no processo de emergência micro para macro. Esta informação é sustentada pelo facto de, apesar de as regularidades qualitativas do coeficiente de correlação entre o *output gap* e as expectativas sobre o *output gap* serem semelhantes perante a sensibilidade ao termo do output da regra de Taylor, a curva de confrontação entre a correlação e o parâmetro *output gap* na equação de Taylor é, de forma sustentada, dependente da topologia da rede de interacção entre os agentes.

## 5. Conclusões

Os modelos macroeconómicos que assumem como empiricamente válida a hipótese das expectativas racionais assumem não só que os agentes económicos são detentores de capacidades cognitivas extraordinárias mas também que têm acesso a toda a informação relevante para a formação de expectativas sobre os determinantes económicos. Está implícito na formulação da hipótese das expectativas racionais e, portanto, dos modelos macroeconómicos assentes neste enquadramento metodológico, a existência do agente representativo e consequentemente a irrelevância conceptual da interacção entre os agentes no processo de formação de expectativas sobre os determinantes económicos.

Apesar da ampla popularidade, aceitação e difusão destes modelos, a ciência económica têm assistido ao surgimento de correntes de pensamento críticas à apropriação pelos modelos económicos da hipótese das expectativas racionais. As correntes críticas tendem a sustentar a sua posição através da apropriação dos resultados de outras disciplinas das ciências comportamentais – nomeadamente a psicologia e a neurologia – mas também através da confrontação entre a realidade e os resultados e previsões emanados dos modelos macroeconómicos. O modelo apresentado e desenvolvido neste trabalho é sustentado por estes resultados.

Desenvolvemos um modelo em que os agentes económicos são detentores de capacidades cognitivas limitadas (sendo no entanto racionais) que restringem a sua capacidade de perceber o mundo. Fruto desta caracterização do comportamento dos agentes económicos, assumimos que as narrativas criadas pelos agentes económicos sobre o mundo resultam, em grande medida, da confrontação com as representações do mundo realizadas pelos outros agentes. O processo de formação e difusão de expectativas modelado é, neste contexto, um processo distribuído, no qual a dinâmica das expectativas é a dinâmica de um processo distribuído de redes complexas adaptativas. Com este modelo, quisemos perceber qual o impacto de diferentes mecanismos de interacção e confrontação de representações do mundo na determinação da política monetária ótima seguida pelo banco central.

Aquilo que concluímos é que não se pode negligenciar que as propriedades macro (topologia) de uma rede exógena de agentes possuem uma influência causal no processo de emergência

micro para macro. Ou seja, não podemos negligenciar a topologia de interacção dos agentes económicos aquando da determinação da política monetária tida como óptima.

O presente trabalho deparou-se com duas limitações, que colocam dois desafios importantes a um programa de investigação que se proponha aprofundar as implicações das propriedades da interacção entre os agentes no processo e na metodologia de determinação da política monetária óptima. O primeiro desafio prende-se com a dificuldade conceptual de modelar a rede topológica enquanto fenómeno endógeno ao sistema em estudo. O segundo desafio prende-se com a dificuldade técnica de validar de forma empírica a estrutura topológica de interacção entre os agentes para, e partindo do actual modelo, fazer prescrições empiricamente sustentadas relativamente à política monetária a seguir pelo banco central.

## Bibliografia

- Adjemian, S., Pariès, M. D. & Moyen, S. (2008), *Towards a monetary policy evaluation framework*, Working Paper Series 942, Frankfurt, European Central Bank.
- Akerlof, G. & Shiller, R. (2010), *Espírito Animal*, Lisboa, Smart Book.
- Amaral, J. F. (2009), *Economia da Informação e do Conhecimento*, Coimbra, Edições Almedina.
- Anagnostopoulos, A., Licandro, O., Bove, I. & Schlag, K. (2007), “An evolutionary theory of inflation inertia”, *Journal of the European Economic Association*, (Online), 2-3 (5). Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1162/jeea.2007.5.2-3.433/pdf>.
- Anderson, S., Palma, A. & Thisse, J. F. (1992), *Discrete Choice Theory of Product Differentiation*, Cambridge, The MIT Press.
- Anufriev, M., Assenza, T., Hommes, C. & Massaro, D. (2009), *Interest Rate Rules and Macroeconomic Stability under Heterogeneous Expectations*, Amsterdam, University of Amsterdam.
- Axtell, R. (2000), “Effects of Interaction Topology and Activation Regime in Several Multi-Agent Systems”, em Scott Moss e Paul Davidsson (eds.), *Proceedings of the Second International Workshop on Multi-Agent-Based Simulation-Revised and Additional Papers*, London, Springer-Verlag.
- Azariadis, C. (1981), “Self-fulfilling prophecies”, *Journal of Economic Theory*, 25, pp. 380-396.
- Barro, R. J., (1977), “Unanticipated Money Growth and Unemployment in the United States”, *American Economic Review*, 67 (2), pp. 101-15.
- Bausor, R. (1983), “The Rational Expectations Hypothesis and the Epistemics of Time”, *Cambridge Journal of Economics*, 7, pp. 1-10.
- Beaudry, P., Collard, F. & Portier, F. (2006), *Gold Rush Fever in Business Cycles*, NBER Working Paper 12710, Cambridge, National Bureau of Economic Research.
- Bierman, H. S. & Fernandez, L. (1998), *Game Theory with Economic Applications*, New York, Addison-Wesley Publishing Company.
- Blanchard, O. J. (2008), *The State of Macro*, NBER Working Paper 14259, Cambridge, National Bureau of Economic Research.
- Branch, W. & Evans, G. (2006). “Intrinsic heterogeneity in expectation formation”, *Journal of Economic Theory*, 127, pp. 264-295.

- Branch, W. & Evans, G. (2007), “Model uncertainty and endogenous volatility”, *Review of Economic Dynamics*, 10, pp. 207-237.
- Branch, W. & Evans, G. (2011), “Monetary policy with heterogeneous expectations”. *Economic Theory*, 2-3 (47), pp. 365-393.
- Brazier, A., Harrison, R., King, M. & Yates, T. (2008), “The danger of inflating expectations of macroeconomic stability: heuristic switching in an overlapping generations monetary model”, *International Journal of Central Banking*, 4, pp. 219-254.
- Brock, W. & Hommes, C. (1997), “A rational route to randomness”, *Econometrica*, 65, pp. 1059-1095.
- Cagan, P. (1956), “The Monetary Dynamics of Hyper-inflation”, em M. Friedman (ed.), *Studies In the Quantity Theory of Money*, Chicago, University of Chicago Press.
- Camerer, C., Loewenstein, G. & Prelec, D. (2005), “Neuroeconomics: how neuroscience can inform economics”, *Journal of Economic Literature*, 63 (1), pp. 9-64.
- Campbell, J. e Mankiw, N. (1990), “Permanent Income, Current Income, and Consumption”, *Jornal of Business and Economic Statistic*, 8, pp. 265-279.
- Cassel, G. (1928), “The Rate of Interest, the Bank Rate, and the Stabilization of Prices”, *Quarterly Journal of Economics*, 42(4), pp. 511-529.
- Chang, C. & Chen, S. (2011), “Interactions in DSGE Models: The Boltzmann–Gibbs Machine and Social Networks Approach”, *Economics*, (Online), 25. Disponível em: <http://www.economics-ejournal.org/economics/discussionpapers/2011-25/count>.
- Christiano, L., Motto, R. & Rostagno, M. (2007), *Shocks, structures or monetary policies?* Working Paper Series 774, Frankfurt, European Central Bank.
- Clarida, R. & Gali, J. & Gertler, M. (1999), “The Science of Monetary Policy: A New Keynesian Perspective”, *Journal of Economic Literature*, 37(4), pp. 1661–1707.
- Coddington, A. (1976), “Keynesian economics: the search for first principles”, *Journal of Economic Literature*, 14 (4), pp. 1258-73.
- Colander, D. (2010), “Statement”, comunicação apresentada no *Committee on Science and Technology – Subcommittee on Investigations and Oversight, 111TH Congress – Building a science of economics for the real world*, em U.S. House of Representatives, 20 de Julho de 2010, Washington.
- Damáσιο, A. (2003), *Looking for Spinoza: Joy, Sorrow and the Feeling Brain*, New York, Harcourt.

- Davidson, P. (1982), “Rational Expectations: A Fallacious Foundation for Studying Crucial Decision-making Processes”, *Journal of Post-Keynesian Economics*, 5, pp. 182-198.
- Davidson, P. (1991), “Is Probability Theory Relevant for Uncertainty? A Post Keynesian Perspective”, *Journal of Economic Perspectives*, 5, pp. 129-143.
- Davidson, P. (1996), “Reality and Economic Theory”, *Journal of Post Keynesian Economics*, 18, pp. 479-508.
- de Grauwe, P. (2010), “Top-Down versus Bottom-Up Macroeconomics”. *CESifo Economic Studies*, 56 (4), pp. 465-497.
- de Grauwe, P. (2011), “Animal spirits and monetary policy”, *Economic Theory*, 2-3 (47), pp. 423-457.
- de Grauwe, P., Grimaldi, M. (2006), *The Exchange Rate in a Behavioral Finance Framework*, New Jersey, Princeton University Press.
- Della Vigna, S. (2007), *Psychology and economics: evidence from the field*, NBER Working Paper 13420, Cambridge, National Bureau of Economic Research.
- Earl, P. (1990), “Economics and Psychology: A Survey”, *Economic Journal*, 100, pp. 718-755.
- Estrella, A. & Fuhrer, J. (2002), “Dynamic Inconsistencies: Counterfactual Implications of a Class of Rational-Expectations Models”, *American Economic Review*, 92 (4), pp. 1013-1028.
- Evans, G. & Honkapohja, S. (2001), *Learning and Expectations in Macroeconomics*, New Jersey, Princeton University Press.
- Evans, G. W., Ramey, G. (2006), “Adaptive Expectations, Underparameterization and the Lucas Critique”, *Journal of Monetary Economics*, 2 (53), pp. 249-264.
- Farmer, R. E. A. & Guo, J. T. (1994), “Real business cycles and the animal spirits hypothesis”, *Journal of Economic Theory*, 63, pp. 42-73.
- Fisher, I. (1930), *The Theory of Interest*, New York, MacMillan.
- Friedman, M. (1953), *The Methodology of Positive Economics*, Chicago, University of Chicago Press.
- Friedman, M. (1959), “The Demand for Money: Some Theoretical and Empirical Results”, *Journal of Political Economy*, 67, pp. 327-351.
- Fukac, M. (2008), *Heterogeneous Expectations, Adaptive Learning and Forward-Looking Monetary Policy*, Reserve Bank of New Zealand Discussion Paper Series DP2008/07,

- Wellington, Reserve Bank of New Zealand.
- Gabaix, X., Laibson, D., Moloche, G. & Weinberg, S. (2006), “Costly information acquisition: experimental analysis of a boundedly rational model”, *American Economic Review*, 96 (4), pp. 1043-1068.
- Gaspar, V., Smets, F. & Vestin, D (2006), “Adaptive learning, persistence and optimal monetary policy”, *Journal of the European Economic Association*, 4, pp. 376-385.
- Gertchev, N. (2007), “A critique of Adaptive and Rational Expectations”, *Quarterly Journal of Austrian Economics*, 10, pp. 313-329.
- Hacking, I. (1975), *The Emergence of Probability: A Philosophical Study of Early Ideas about Probability, Induction and Statistical Inference*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Hayek, F. A. (1945), “The Use of Knowledge in Society”, *American Economic Review*, XXXV.4, pp. 519-530.
- Heiner, R. (1983), “The Origin of Predictable Behaviour”, *American Economic Review*, 73, pp. 560-595.
- Kahneman, D. & Thaler, R (2006), “Utility maximization and experienced utility”, *Journal of Economic Perspectives*, 20, pp. 221-234.
- Kahneman, D. & Tversky, A. (1974), “Judgment under uncertainty: heuristics and biases”, *Science*, 4157 (185), pp. 1124-1131.
- Kahneman, D. & Tversky, A. (1979), “Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk”, *Econometrica*, 47 (2), pp. 263-292.
- Kahneman, D. & Tversky, A. (1984), “Choices, values, and frames”, *American Psychologist*, 39 (4), pp. 341-350.
- Kahneman, D. (2003), “Maps of bounded rationality: Psychology for behavioral economics”, *American Economic Review*, 93, pp. 1449-1475.
- Kahneman, D. (2011), *Thinking, fast and slow*, London, Allen Lane.
- Keynes, J. (1937), “The General Theory of Employment”, *Quarterly Journal of Economics*, 51, pp. 209-223.
- Keynes, J. M. (1936), *The General Theory of Employment, Interest and Money*, London, Macmillan.
- Kirman, A. (2011), *Complex Economics: Individual and collective rationality*, London, Routledge.
- Kuhn, T. S. (1963), *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, University of



- Chicago Press.
- Lachmann, L. (1976), "From Mises to Shackle: An Essay on Austrian Economics and Kaleidic Society", *Journal of Economic Literature*, 14, pp. 54-62.
- Laplace, P.-S. (1814), *Essai Philosophique sur les Probabilités*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Lawson, T. (1988), "Probability and Uncertainty in Economic Analysis", *Journal of Post Keynesian Economics*, 11, pp. 38-65.
- Lettau, M. e Uhlig, H. (1999), "Rules of Thumb versus Dynamic Programming", *American Economic Review*, 89, pp. 148-174.
- Lindahl, E. (1939), *Studies in the Theory of Money and Capital*, London, Allen & Unwin.
- Loasby, B. (1991), *Equilibrium and Evolution: An Exploration of Connecting Principles in Economics*, Manchester, Manchester University Press.
- Lorenzoni, G. (2008), "Inefficient Credit Booms", *Review of Economic Studies*, 75 (3), pp. 809-833.
- Lovell, M. (1986), "Tests of the Rational Expectations Hypothesis", *American Economics Review*, 76 (1), pp. 110-122.
- Lucas, R. (1972), "Expectations and the Neutrality of Money", *Journal of Economic Theory*, 4 (2), pp. 103-124.
- Lucas, R. (1976), "Econometric Policy Evaluation: A Critique", *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 1, pp. 19-46.
- Mankiw, G. (2006), *Principles of Economics*, Boston, South-Western College Publishing.
- Meischelman, D. (1962), "The Term Structure of Interest Rates", Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
- Milani, F. (2007), "Expectations, learning and macroeconomic persistence", *Journal of Monetary Economics*, 54, pp. 2065-2082.
- Muth, J. F. (1961), "Rational Expectations and the Theory of Price Movements", *Econometrica*, 29 (3), pp. 315-335.
- Myrdal, G. (1965), *Monetary Equilibrium*, New York, Kelley.
- O'Driscoll, G. & Rizzo, M. (1985), *The Economics of Time and Ignorance*, Oxford, Basil Blackwell.
- Pollock, R. & Suyderhoud, L. (1992), "An Empirical Window on Rational Expectations Formation", *Review of Economics and Statistics*, 74 (2), pp. 320-324.
- Potts, Jason (2001), *The New Evolutionary Microeconomics – Complexity, Competence*

- and Adaptive Behaviour*, Cheltenham, Edward Elgar Publishing Limited.
- Rosenthal, N. (1993), “Rules of Thumb in Games”, *Journal of Economic Behaviour and Organization*, 22, pp. 1-13.
- Sargent, T. & Wallace, N. (1975), “‘Rational’ Expectations, the Optimal Monetary Instrument, and the Optimal Money Supply Rule”, *Journal of Political Economy*, 83 (2), pp. 241-254.
- Sargent, T. & Wallace, N. (1976), “Rational Expectations and the Theory of Economic Policy”, *Journal of Monetary Economics*, 2 (2), pp. 169-183.
- Sargent, T. (1993), *Bounded Rationality in Macroeconomics*, New York, Oxford University Press.
- Sawyer, K. (2003), “Artificial Societies: Multiagent Systems and the Micro-Macro Link in Sociological Theory”, *Sociological Methods and Research*, 31, pp. 325-363.
- Schumpeter, J. (1927), “The Explanation of the Business Cycle”, *Economica*, 21, pp. 286-311.
- Shackle, G. (1949), *Expectations in Economics*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Shackle, G. (1972), *Epistemics and Economics: A Critique of Economic Doctrines*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Simon, H. (1976), “From Substantive to Procedural Rationality” em Latsis, S. J. (ed.), *Method and Appraisal in Economics*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Simon, H. A. (1969), *The sciences of the artificial*, Cambridge, MIT Press.
- Simon, H. A. (1982), *Models of Bounded Rationality*, Cambridge, MIT Press.
- Smets, F. & Wouters, R. (2003), “An estimated stochastic dynamic general equilibrium model of the euro area”, *Journal of Economic Association*, 1 (5), pp. 1123-1175.
- Smets, F. & Wouters, R. (2007), *Shocks and frictions in US business cycles: a Bayesian DSGE approach*, Working Paper Series 722, Frankfurt, European Central Bank.
- Solow, R. (2010), “Statement”, comunicação apresentada no *Committee on Science and Technology – Subcommittee on Investigations and Oversight, 111TH Congress – Building a science of economics for the real world*, em U.S. House of Representatives, 20 de Julho de 2010, Washington.
- Stiglitz, J. & Gallegati, M. (2011), “Heterogeneous Interacting Agent Models for Understanding Monetary Economies”, *Eastern Economic Journal*, 37(1), pp. 6-12.
- Stockhammer, E. (2004), *The Rise of Unemployment in Europe: A Keynesian Approach*, Cheltenham, Edward Elgar.

- Thaler, R. (1994), *Quasi Rational Economics*, New York, Russell Sage Foundation.
- Wagner, G. (2003), “The Agent-Object-Relationship Metamodel: Towards a Unified View of State and Behavior”, *Information Systems*, 28(5), pp. 475-504.
- Wicksell, K. (1936), *Interest and Prices: A study of the Causes Regulating the Value of Money*, London, Macmillan.
- Winter, S. G. (2010), “Statement”, comunicação apresentada no *Committee on Science and Technology – Subcommittee on Investigations and Oversight, 111TH Congress – Building a science of economics for the real world*, em U.S. House of Representatives, 20 de Julho de 2010, Washington.
- Woodford, M. (1999), “Revolution and evolution in 20th century macroeconomics”, comunicação apresentada na Conferência *Frontiers of the Mind in the Twenty-First Century*, na Library of Congress, 14 a 18 de Junho de 1999, Washington.
- Woodford, M. (2001), “The Taylor Rule and Optimal Monetary Policy”. *American Economic Review*, 91(2), pp. 232–237.
- Woodford, M. (2003), *Interest and Prices: Foundations of a Theory of Monetary Policy*. New Jersey, Princeton University Press.