

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E
CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

Monografia

*O Problema da Identificação na Macroeconometria: Uma
Perspectiva Histórica*

Andrei Arminio Laskievic

Orientador: Prof. Dr. Pedro Garcia Duarte

São Paulo
2018

Agradecimentos

Ao Prof. Pedro Garcia Duarte pela grande ajuda na orientação, paciência e sabedoria que me motivaram muito durante minha caminhada na graduação.

Aos amigos que fiz na FEA, que tornaram essa pequena jornada mais agradável.

À Anna por me aguentar nesses últimos meses.

Aos meus amigos do Mendel, meus eternos companheiros.

Ao meu pai e meu nonno, cujas memórias sempre me confortam.

Ao Lê por, num almoço de domingo há algum tempo atrás, ter sugerido que cursasse economia.

À minha mãe e minha nonna, por tudo.

Pippin: I didn't think it would end this way.

Gandalf: End? No, the journey doesn't end here. Death is just another path, one that we all must take. The grey rain-curtain of this world rolls back, and all turns to silver glass, and then you see it.

Pippin: What? Gandalf? See what?

Gandalf: White shores, and beyond, a far green country under a swift sunrise.

Pippin: Well, that isn't so bad.

Gandalf: No. No, it isn't.

Resumo

O presente trabalho busca analisar as transformações pelas quais o pensamento macroeconômico passou no período pós-guerra, tanto em seu lado teórico como empírico, através da ótica do problema de identificação econométrico. Seja na crítica aos modelos macroeconômicos de larga escala da tradição keynesiana, na introdução da abordagem VAR, no uso da calibragem como estratégia empírica ou na estimação dos modelos DSGE, tanto pelos métodos clássicos como pela abordagem Bayesiana, analisa-se como o problema de identificação sempre esteve presente na discussão das ideias econômicas, fazendo parte dos pressupostos utilizados pelos macroeconomistas para pautarem o debate e proporem novas alternativas aos modelos já existentes.

Palavras-Chave: Identificação, História da macroeconomia, Modelos DSGE

Classificação JEL: B22, B23, C18

Sumário

1	Introdução	1
2	Os Novo-Clássicos	6
3	Os Teóricos dos Ciclos Reais de Negócios	13
4	Christopher Sims e a Abordagem VAR	19
5	A Abordagem Moderna: Os Modelos DSGE	26
5.1	Novo-Keynesianos: Primeira Geração	26
5.2	O Surgimento dos Modelos DSGE	29
5.3	O Problema da Identificação nos Modelos DSGE	35
6	Considerações Finais	39
7	Bibliografia	42

1 Introdução

O conceito de identificação estatística é definido, mais genericamente, como a capacidade de extrair inferências de um dado conjunto de dados para uma estrutura teórica. Como apontam Koopmans e Reiersøl (1950), o problema da identificação não é específico da economia, surgindo sempre quando existe a hipótese de que uma dada “população”, no sentido de uma distribuição de variáveis observáveis, é gerada por alguma estrutura, sendo ela física, química, psicológica ou econômica.

Neste trabalho, a análise principal será sobre o problema da identificação econométrica e como ele se coloca nos estudos empíricos na área macroeconômica. Segundo Fisher (1966), grande parte do trabalho econométrico se traduz em estimar as equações estruturais de um modelo econômico:

By far the greater part of empirical work in econometrics consists of structural estimation — the estimation of the parameters of the behavioral and technological relationships whose general nature is indicated by mathematical economic theory. Such work varies from the estimation of the cost curve of an individual firm to large and extremely complex models of an entire economy. It is motivated by the belief that precise quantitative knowledge of the relations of economic theory can provide an indispensable aid to forecasting and an invaluable guide to policy making, whether for a firm or a governmental agency. That knowledge can only be gained from real-world data. (Fisher 1966, 1)

No início dos desenvolvimentos da econometria, vários tipos de conceitos podiam entrar na definição de problema de identificação, como encontrar, a partir dos dados, uma relação teórica:¹

In a general sense identification is concerned with the correspondences between economic activity, the data that activity generates, the theoretical economic model and the estimated relationship. In early econometric work on demand, these correspondence problems were attacked in various ways. In some cases, investigators examined their data to see which relationships could be estimated and then sought to interpret these relationships in terms of economic theory. This involved two ideas of identification: one of identifying as "interpreting" an estimated relationship in terms of economic theory, and secondly, one of identifying as "locating" a relationship in the data. (Morgan 1990,162)

Entretanto, como mostra Qin (1989), logo o problema de identificação foi formalizado e definido da forma como foi apresentado acima por Fisher (1966), ou seja, as condições necessárias sobre as quais uma dada estrutura (um conjunto de parâmetros, por exemplo) pode ser

¹ Ver Morgan (1990) para um tratamento histórico mais extenso desta questão.

identificada dentre todas as outras estruturas possíveis de um modelo. Frisch foi um dos primeiros a observar a existência de um problema deste tipo. Analisando um modelo básico de oferta e demanda através de um dos tipos iniciais de abordagem econométrica — a dos erros de medida —, Frisch viu a necessidade de se determinar condições para as quais seja possível obter os valores estruturais de um modelo:

This is in the particular case when we approach a statistical material with the object of determining numerically the constants of certain theoretical laws that we have worked out a priori. In fact, in such a case it will always be possible to deduce an infinity of relations which the material must satisfy if it shall really be a material that has emerged under the influence of our postulated theoretical law. (Frisch 1933, 8)

No início da década de 1940, a questão da identificação começou a ser analisada em outros contextos mais amplos que não o do caso do modelo de oferta e demanda. Um fato essencial foi a mudança metodológica ocorrida em relação ao modelo econométrico central neste período após a publicação de Haavelmo (1944).² Depois desse estudo, a abordagem probabilística tornou-se a metodologia dominante para os estudos econométricos, substituindo o paradigma das duas décadas anteriores no qual maior importância era dada para a mensuração exata dos parâmetros — a elasticidade da demanda, por exemplo. Agora, a inferência estatística entrava no centro da análise econométrica.

Assumia-se a existência de valores reais para as variáveis que satisfariam um modelo econométrico verdadeiro cuja validade deveria ser testada através de experimentos. Como é virtualmente impossível isolar as condições econômicas, por parte do economista, para a realização desses experimentos, Haavelmo propõem utilizar a abordagem probabilística para conciliar a teoria econômica e os dados disponíveis, obtidos de forma não-experimental. Dessa forma, seria possível o teste científico de teorias alternativas, auxiliando a escolha correta do modelo.

A abordagem probabilística que Haavelmo ajudou a consolidar foi a principal metodologia usada pela *Cowles Commission* para analisar os ciclos econômicos. O surgimento dos modelos macroeconômicos de larga escala da tradição keynesiana, principalmente os desenvolvidos por Lawrence Klein, deu-se em grande parte pelo desejo de obter a melhor teoria possível que explicasse os ciclos econômicos, não apenas testando sua validade como foi feito por Tinbergen (1939):

We want to do more than is suggested by the title to Tinbergen's work (though not by the book itself), i.e., more than mere testing of business cycle theories. We want

² "First, the formalization of identification theory is synchronous with that of modern econometric theory. Econometrics before Haavelmo lacked a generalized and consistent theoretical foundation. It was designed largely for applied purposes and tended to cure all the econometric problems together in an ad hoc way. Meanwhile, the identification problem was only looked at intermingled with other econometric problems and was dealt with on a superficial and pragmatical level."(Qin 1989, 92)

also to discover the best possible theory or theories which explain the fluctuations that we observe. If we know the quantitative characteristics of the economic system, we shall be able to forecast with a specified level of probability the course of certain economic magnitudes [...] In the course of the search for models which are suitable for our purposes of forecasting and making policy recommendations, we shall inevitably have to consider several alternative economic theories as admissible hypotheses. The acceptance or rejection of these hypotheses in the course of our search for truth will be our contribution to the problem of testing business-cycle theories. (Klein 1950, 1)

Apesar de Haavelmo ter analisado a questão da identificação, ela ainda não tinha sido completamente posta em uma teoria formal que analisasse o problema independentemente das questões de especificação e estimação do modelo.³ A situação foi melhor desenvolvida por Koopmans, Rubin e Leipnik (1950) que, pela primeira vez, fizeram referência explícita ao problema da identificação econométrica, explicitando a necessidade de um tratamento específico para a questão. Os desenvolvimentos subsequentes do problema da identificação econométrica foram feitos por Koopmans (1949) e Koopmans e Reiersøl (1950) que estenderam os conceitos formalizados inicialmente para a construção de um modelo mais geral para checar as condições de identificação.

É importante agora ilustrar o problema da identificação econométrica para expor algumas definições essenciais para o entendimento da questão. Seguindo Fisher (1966) e Rothenberg (1971), podemos representar uma modelo estrutural da seguinte forma:

$$Y_t\Gamma + X_tB = \varepsilon_t \quad (1)$$

onde Y_t é um vetor de dimensão $1 \times m$ de variáveis endógenas no instante t ; Γ uma matriz $m \times m$ dos parâmetros das variáveis endógenas; X_t um vetor $1 \times k$ de variáveis exógenas; B é uma matriz $k \times m$ dos parâmetros das variáveis exógenas; ε_t um vetor $1 \times m$ dos erros, assumindo que tenham distribuição normal com média zero e matriz de covariância Σ de dimensão $m \times m$.

Se a matriz Γ for invertível, podemos dividir (1) por Γ^{-1} e isolar Y_t :

$$Y_t = X_t\Pi + v_t \quad (2)$$

onde $\Pi = -B\Gamma^{-1}$ com dimensão $k \times m$ e $v_t = \Gamma^{-1}\varepsilon_t$ com dimensão $1 \times m$ e matriz de covariância $\Omega = \Gamma^{-1}\Sigma\Gamma^{-1}$.

³ "The analysis implied some very basic ideas about the origins of the identification problem and the need to build a formal identification theory. His descriptions of the differences between true variables, theoretical variables and observational variables, or between facts, theoretical models and observed relations, and of the passive position of economists with respect to economic phenomena and to the generating processes of economic data indicated the main reasons for the emergence of identification theory."(Qin 1989, 80)

A equação (2) é chamada de forma reduzida da equação estrutural (1). De fato, Π e v_t não possuem interpretação econômica direta como os parâmetros das matrizes Γ , B e dos erros de ε_t . Dessa forma, os parâmetros e erros da equação (1) são ditos estruturais. Entretanto, apenas (2) pode ser estimada, pois só nela as variáveis endógenas estão em função das exógenas. O que procura-se fazer, então, em qualquer exercício econométrico é definir condições para que seja possível recuperar esses parâmetros estruturais, nos quais consegue-se realizar a interpretação das estruturas econômicas, a partir da forma reduzida. Essa possibilidade de recuperação dos parâmetros é o que se entende por identificação econométrica.

Vale apresentar, também, algumas definições para fundamentar a discussão. A primeira diz respeito à impossibilidade de se distinguir entre duas estruturas tóricas apenas através dos dados, ou seja, quando duas teorias distintas implicam na mesma distribuição de probabilidades para um mesmo conjunto empírico. Dessa forma, não se pode escolher entre uma delas apenas com base nos dados observados, sendo necessário restrições *a priori*, normalmente de caráter teórico, para alcançar a identificação. Este problema é conhecido como equivalência observacional. Uma dada estrutura é dita identificada quando não há outra estrutura equivalente observacionalmente a ela.

A segunda e terceira definições são de identificação local e global. A equação (1) define um espaço de parâmetros estruturais (Γ, B, Σ) e a equação (2) define o espaço de parâmetros na forma reduzida (Π, Ω) . Quando não há nenhum outro vetor de parâmetros no espaço dos parâmetros estruturais que seja equivalente observacionalmente, dizemos que a estrutura é identificada globalmente. Entretanto, em um caso menos geral, a estrutura é dita localmente identificada quando considera-se apenas uma vizinhança aberta em torno do vetor de parâmetros, que não contenha nenhum outro vetor de parâmetros equivalente observacionalmente. Estas definições são particularmente úteis quando são analisados modelos com dinâmicas de alta complexidade. A checagem da identificação local é normalmente mais simples que a global e, no caso de um modelo macroeconômico, ela é usada comumente para verificar a identificação dos parâmetros estruturais do modelo. Porém, como é de interesse analisar também a dinâmica do modelo — autocovariâncias, autocorrelações e funções impulso-resposta, por exemplo — é necessário checar também a identificação global do modelo para garantir o rigor da análise quantitativa de políticas econômicas e também para realizar previsões.

O principal modelo econométrico estudado na *Cowles Commission* no período pós-guerra foi o de equações simultâneas. No contexto de um sistema de equações lineares, as condições necessárias para se alcançar a identificação nesses tipos de modelo foram amplamente estudadas e duas condições canônicas para checar a identificação foram derivadas. A primeira delas é a condição de ordem (necessária), que expõe a necessidade de haver um número de restrições equivalente a, pelo menos, o número de variáveis endógenas incluídas no sistemas menos um. A segunda diz respeito à condição de posto (necessária e suficiente), que expressa a necessidade das matrizes de todas as equações estruturais terem posto completo. No caso de um sistema de

equações simultâneas com restrições de exclusão,⁴ quando as duas condições não são satisfeitas em uma equação, ela é dita subidentificada e não é possível recuperar os parâmetros da forma estrutural a partir da forma reduzida. Quando as duas condições são satisfeitas e o número de variáveis exógenas excluídas é igual ao de endógenas incluídas em uma dada equação, ela é dita exatamente identificada e a recuperação estrutural é possível. Já no caso das duas ordens serem satisfeitas, mas o número de variáveis exógenas excluídas ser maior que o de endógenas incluídas, a equação é sobreidentificada e a recuperação estrutural também é possível, a diferença neste caso é que há mais parâmetros na forma reduzida do que na forma estrutural.

Após a estruturação do arcabouço macroeconômico de equações simultâneas foi possível retomar as tentativas originais de Tinbergen que visavam construir modelos macroeconômicos para economias nacionais. Como aponta De Vroey (2016), a tarefa da construção de um modelo para os Estados Unidos foi atribuída pela *Cowles Commission* a Lawrence Klein:

The task assigned to Klein by Marschak, the Cowles director, for his three-year stay was to revive Tinbergen's early attempts at econometric modeling. That is, he was to use modern probabilistically-based econometrics to construct structural models (systems of difference equations) under general equilibrium. (De Vroey 2016, 51)

Em Klein (1950) pode-se notar a realização deste esforço de modelagem macroeconômica, com um modelo keynesiano de alta complexidade constituído por diversas equações e identidades que visava explicar os ciclos econômicos dos Estados Unidos no período entre guerras e também realizar previsões. A partir desse primeiro esforço, seguiu-se um período de grandes desenvolvimentos nesse tipo de modelagem, como o modelo de Klein e Goldberger (1995), o modelo Wharton, o modelo Brookings e o MPS do FED americano, que chegavam a ter centenas de equações e dezenas de identidades.⁵

O que era comum, no quesito das hipóteses de identificação, em todos esses tipos de modelos de larga escala foi, como já apontado, o uso das condições clássicas para a identificação de um sistema de equações simultâneas — as condições de ordem e posto. Para garantir, então, a identificação destes tipos de modelos, as restrições usadas eram majoritariamente do tipo exclusão (restrições zero) que definiam quando uma dada variável entraria ou não em uma equação de interesse, normalmente baseadas nas identidades macroeconômicas da teoria keynesiana.

As transformações ocorridas no pensamento macroeconômico no período pós-guerra sempre foram pautadas por questões teóricas e empíricas. Seja na crítica a um paradigma econômico anterior, no caso da Crítica da Lucas, como para argumentar a favor de um já existente, a questão da identificação sempre esteve presente na história do pensamento macroeconômico.

⁴ As restrições de exclusão de parâmetros, também conhecidas como restrições zero, eram o principal tipo de restrição de identificação utilizado nos modelos macroeconômicos de larga escala da *Cowles Commission*. Para a análise de outros tipos de restrição ver Fisher (1966).

⁵ Ver Brayton, Levin, Tryon e Williams (1997) e Griliches (1968) para uma discussão mais profunda desses modelos.

Dessa forma, será procurado mostrar como a identificação teve papel importante, como conceito econômico, para pautar o debate macroeconômico ao longo de sua evolução.

Este trabalho está dividido da seguinte maneira: na seção 2 descreve-se a Crítica de Lucas e a teoria novo-clássica; como a crítica aos modelos macroeconômicos de larga escala keynesianos foi construída e o papel do problema de identificação neste contexto. Na seção 3 analisam-se os modelos RBC que foram desenvolvidos a partir da teoria novo-clássica, a proposta de usar a calibração como método de análise empírico e a relação deste arcabouço com a identificação. Na seção 4 é discutida a abordagem VAR proposta por Sims e suas extensões. Na seção 5 analisa-se o surgimento dos modelos DSGE tanto pelo lado teórico como pelo lado das técnicas empíricas, concluindo com uma discussão da crítica recente a esses modelos através da ótica do problema de identificação.

2 Os Novo-Clássicos

Em meados da década de 1970, diversas críticas surgiram questionando a validade dos modelos keynesianos de larga escala, tanto em sua dimensão teórica quanto em relação à prática econométrica. No ano de 1976, Robert Lucas introduziu o que seria conhecido como a Crítica de Lucas, argumentando a favor da inclusão de expectativas racionais nos modelos econômicos, visto que, nos modelos de inspiração keynesiana usados até então, a falta deste componente implicava que os agentes não mudavam suas expectativas quando uma nova política era implementada; neste sentido, esses modelos não podiam ser considerados econometricamente estruturais, tornando inviável seu uso para a análise de políticas econômicas. Sobre isso, Lucas coloca:

[..] given that the structure of an econometric model consists of optimal decisions rules of economic agents, and that optimal decisions rules vary systematically with changes in the structure of series relevant to the decision maker, it follows that any change in policy will systematically alter the structure of econometric models. (Lucas 1976, 41)

Os modelos de inspiração keynesiana dominaram a pesquisa macroeconômica até o começo da década de 1970, mas falharam em prever e explicar a estagflação (desemprego e inflação juntamente altos) que ocorreu neste período. Esta falha serviu como o principal ponto para os novo-clássicos proporem novas alternativas para o estudo dos ciclos econômicos. Lucas (1976) retoma a teoria de Muth (1961) sobre expectativas racionais aplicando-a em um contexto macroeconômico de equilíbrio geral previamente construído em Lucas (1972). A abordagem de Lucas baseava-se no arcabouço walrasiano e no modelo de gerações sobrepostas, além da formação de expectativas racionais pelos agentes. A conclusão do modelo é que apenas um fator monetário "surpresa" (não antecipado pelos agentes) poderia causar um efeito no produto. O próximo passo, após a construção do modelo básico e da crítica anti-keynesiana, seria expandir

essa agenda de pesquisa para analisar os ciclos econômicos.⁶

Como parte dessa mudança metodológica, Lucas, em conjunto com outros autores (Thomas Sargent, Robert Barro e Neil Wallace, para citar alguns) propôs um novo paradigma para os estudos dos ciclos econômicos, divergindo em relação aos modelos de tradição keynesiana tanto no aspecto metodológico (em relação as funções dos modelos econômicos), como no aspecto teórico (preferindo o arcabouço de equilíbrio geral, por exemplo). Nos dois principais trabalhos sobre esse tema, Lucas (1975; 1980) foca suas atenções na definição do ciclo de negócio e qual técnica é metodologicamente válida para testá-lo. O primeiro ponto que vale destacar é como Lucas identificava ser uma das principais funções da teoria econômica:

One of the functions of theoretical economics is to provide fully articulated, artificial economic systems that can serve as laboratories in which policies that would be prohibitively expensive to experiment within actual economies can be tested out at much lower cost. (Lucas 1980, p. 696)

A discussão central é que, na área macroeconômica, é quase impossível realizar experimentos suficientemente robustos para se tirar conclusões sobre os ciclos ou crescimento econômico. O papel dos modelos seria, então, prover um ambiente em que esses experimentos seriam realizáveis, não importando o realismo do modelo, mas sim sua capacidade de imitar os fatos observados:

On this general view of the nature of economic theory then, a "theory" is not a collection of assertions about the behavior of the actual economy but rather an explicit set of instructions for building a parallel or analogue system a mechanical, imitation economy. A "good" model, from this point of view, will not be exactly more "real" than a poor one, but will provide better imitations. Of course, what one means by a "better imitation" will depend on the particular questions to which one wishes answers. (Lucas 1977, 697)

A construção de economias artificiais⁷ deve, então, se afastar da discussão sobre os sistemas econômicos reais para evitar confusões no momento de avaliar as implicações sobre política econômica. Como o modelo é construído justamente para responder, de forma clara, apenas

⁶ De Vroey (2016) coloca de forma clara como Lucas foi responsável por alterar o objeto para a análise dos ciclos. Do foco no desemprego e desequilíbrio vindos da teoria keynesiana, Lucas tornou o olhar para o modelo de equilíbrio geral com ênfase nos ciclos da atividade econômica (sendo o número de horas trabalhadas a nova variável de interesse), construindo um modelo formal de equilíbrio dos ciclos sem precedentes até então.

⁷ A terminologia de "economias artificiais" será muito usada pelos teóricos RBC, como será visto mais adiante. Para Lucas, os principais avanços na macroeconomia dão-se conforme novas técnicas computacionais e matemáticas são desenvolvidas e aplicadas para o estudo dos problemas clássicos. Em uma passagem, Lucas resume o que seria a tarefa científica de um pesquisador dos ciclos econômicos em termos computacionais: "Our task as I see it (to restate my introduction somewhat more bluntly and operationally) is to write a FORTRAN program that will accept specific economic policy rules as "input" and will generate as "output" statistics describing the operating characteristics of time series we care about, which are predicted to result from these policies." (Lucas 1977, 709)

a questões específicas pensadas pelo formulador, ele será, por definição, abstrato. Mesmo que construídos para responderem sobre questões práticas — qual o efeito de uma determinada política sobre o PIB, por exemplo — os modelos serão irreais. Assim, discutir o realismo das hipóteses de um dado modelo (as pessoas de uma determinada localidade teriam de fato expectativas racionais?) não faz sentido justamente pelo universo dos modelos não ser o mesmo da economia real. A utilidade dos modelos viria, então, de sua capacidade de imitar bem alguma dimensão de nossa realidade observável. Qualquer tentativa de desvirtuar um dado modelo com base em fatos da economia real, levando em conta outras questões além daquelas que o modelo foi construído para analisar, constitui-se como uma prática contrária ao método de pesquisa econômica proposto por Lucas.

Além disso, não há necessidade de desenvolver um método sobre casos específicos para a análise dos ciclos econômicos. Apesar dos ciclos serem diferentes entre os países e também divergirem na razão de suas causas e efeitos, o comovimentos das variáveis macroeconômicas — a característica pró-cíclica do consumo e do produto, por exemplo — era o que Lucas procurava explicar sob um arcabouço teórico unificado:

There is, as far as I know, no need to qualify these observations by restricting them to particular countries or time periods: they appear to be regularities common to all decentralized market economies. Though there is absolutely no theoretical reason to anticipate it, one is led by the facts to conclude that, with respect to the qualitative behavior of co-movements among series, business cycles are all alike. To theoretically inclined economists, this conclusion should be attractive and challenging, for it suggests the possibility of a unified explanation of business cycles, grounded in the general laws governing market economies, rather than in political or institutional characteristics specific to particular countries or periods. (Lucas 1977, 10)

Enquanto a teoria keynesiana dos ciclos econômicos era baseada principalmente nos desequilíbrios originados nas falhas de mercado, essa nova teoria, agora chamada de teoria novo-clássica, era fundamentada na teoria de equilíbrio geral, nas expectativas racionais e na tomada de decisões sob informação imperfeita por parte dos agentes otimizadores. O fato dos indivíduos não observarem perfeitamente os movimentos dos preços (se a mudança é geral ou apenas nos preços relativos) gera um mecanismo de propagação de choques monetários que, por sua vez, geram movimentos serialmente correlacionados no produto real. Assim, esse mecanismo que surge da presença de informação imperfeita é uma das causas apontadas para as flutuações ao longo da tendência dos agregados, ou seja, a existência dos ciclos econômicos.

Uma série de modelos com base nessas hipóteses foram desenvolvidos, principalmente por Sargent e Wallace (1974; 1981) e Barro (1976), nos quais fatores monetários apenas surtirão efeito se forem inesperados, dado que não há erros sistemáticos por parte dos agentes. Assim, a teoria novo-clássica é comumente associada com a ineficácia da política monetária, apesar

de, segundo Lucas, ela acontecer apenas em condições específicas. A importância dos choques monetários e a característica pró-cíclica dos preços é enfatizada:

[...] we know that, in the "long run," general price movements arise primarily from changes in the quantity of money. Moreover, cyclical movements in money are large enough to be quantitatively interesting. All these arguments point to a monetary shock as the force triggering the real business cycle. (Lucas 1977, 24)

This introduction of additional (to those used to describe preferences and technology) free parameters held out the promise that one could construct a theoretical system the stationary point of which was a general equilibrium in the neoclassical sense but whose movements, out of equilibrium, might replicate the "Keynesian" behavior captured so well by the econometric models. Spelling out these connections became the main program of theoretical research in macroeconomics from the 1940s through the 1960s. (Lucas 1977, 702)

A outra dimensão fundamental da crítica feita pelos novo-clássicos era econométrica: os modelos de larga escala usavam estratégias de identificação bastante questionáveis do ponto de vista teórico, o que tornava toda a construção do modelo empírico keynesiano fracamente sólida.⁸ Lucas e Sargent (1978) classificam essas estratégias em três tipos: classificação *a priori* das variáveis em endógenas e exógena, sem base em nenhum método econométrico; restrição nas ordens de correlação serial do vetor de erro, feita sem muito suporte teórico; restrição zero em diversos coeficientes dos modelos, feita a partir das identidades keynesianas:

However, the macro models themselves contain complicated dynamic interactions among endogenous variables, including factor prices and the rate of inflation, and generally imply that a wise agent would use current and many lagged values of many and usually most endogenous and exogenous variables in the model in order to form expectations about any one variable. Thus, virtually any version of the hypothesis that agents behave in their own interests will contradict the identification restrictions imposed on expectations formation. Further, the restrictions on expectations that have been used to achieve identification are entirely arbitrary and have not been derived from any deeper assumption reflecting first principles about economic behavior. (Lucas e Sargent 1978, 55)

A utilização de modelos com as hipóteses novo-clássicas, argumentam os autores, resolvem a maioria destes problemas de identificação. Como as expectativas dependem tanto de variáveis endógenas como exógenas e tornam a decisão dos agentes invariante à mudança de políticas

⁸ O grande problema é, novamente, o papel das expectativas nos modelos keynesianos: "The casual treatment of expectations is not a peripheral problem in these models, for the role of expectations is pervasive in the models and exerts a massive influence on their dynamic properties [...]"(Lucas e Sargent 1978, 55)

econômicas, uma série de restrições cruzadas entre equações (*cross equation*) são usadas no lugar das restrições *a priori* do tipo keynesiana. Esse novo tipo de restrição, altamente complexa tanto matematicamente como teoricamente, é formalizada em Hansen e Sargent (1980), sendo caracterizada pelas decisões e previsões dos agentes otimizadores, baseadas nas variáveis do passado. A relação do problema da identificação com a falha dos modelos keynesianos de larga escala é enfatizada pelos autores:

Since they ignore these cross-equation restrictions, Keynesian models in general assume that all other equations remain unchanged when an equation describing a policy variable is changed. Our view is that this is one important reason that Keynesian models have broken down when there have occurred important changes in the equations governing policy variables or exogenous variables. (Lucas e Sargent 1978, 62)

These cross-equation restrictions are an important source of identification in rational expectations models, a source that helps to fill the vacuum created by the fact that in these models there are often too few exclusion restrictions of the classic Cowles Commission variety to achieve identification. (Hansen e Sargent 1980, 35)

A grande falha dos modelos econométricos de larga escala — o ápice de complexidade da construção teórica keynesiana à época — foi, então, a incapacidade de oferecer um modelo verdadeiramente estrutural, invariante às próprias mudanças de políticas (que eram o foco principal de análise destes modelos), apresentando, ainda, um grave problema de identificação. Os modelos keynesianos, não passaram pelo teste de explicar e prever a estagflação da década de 1970 e abriram um caminho científico para os novo-clássicos expandirem e consolidarem sua nova teoria.

Outra importante ligação entre a Crítica de Lucas e o método empírico é feita por Sargent (1976). Discutindo a relação entre moeda e renda, à luz da regra de crescimento monetário proposta por Friedman, o autor discute se a forma reduzida do modelo de renda e moeda sem expectativas racionais pode ser realmente distinguida de um modelo com expectativas racionais, no qual não há a regra — ou seja, se há presença de equivalência observacional. Podemos ilustrar o argumento da seguinte forma:

$$y_t = a(L) m_t + b(L) y_{t-1} + \eta_t \quad (3)$$

$$y_t = c(L) (m_t - E_{t-1} m_t) + b(L) y_{t-1} + \eta_t \quad (4)$$

onde y_t , no exemplo de Sargent (1976), representa uma variável de "meta" como desemprego ou produto no instante t ; m_t é um potencial instrumento de política econômica, assumindo que

m_t é exógeno em relação à y_t ;⁹ L é o operador defasagem; E_t é o operador de expectativa condicional (a expectativa do valor futuro de uma variável condicional ao conjunto de informações disponíveis no instante t); η_t é um erro serialmente não correlacionado e ortogonal às variáveis explicativas.

O principal ponto levantado por Sargent é que se ambas as formas reduzidas forem consideradas invariantes à mudanças de política por pura hipótese do observador, haverá o problema da equivalência. Entretanto, se for levada em conta a Crítica de Lucas, apenas a forma reduzida com expectativas racionais será considerada invariante, resolvendo o problema da equivalência. O consenso em torno da Crítica de Lucas por parte dos economistas é, portanto, vital para a discussão da utilização ou não de regras específicas para certas variáveis:¹⁰

Perhaps this could be dismissed as a mere curiosity if macroeconomists agreed that as between (4) [*modelo com expectativas adaptativas, equação (3) descrita acima*] and (6) [*modelo com expectativas racionais, equação (4)*] one of these ways of writing the reduced form is much more likely to remain unchanged when policy changes. The problem is that there is no such agreement. While in the past most macroeconomists have regarded (4) as invariant under changes in the policy rule, that assumption depends critically on the assumption that peoples' expectations are formed using fixed-weight, autoregressive schemes that in general are not "rational." (Sargent 1976, 636)

The upshot is that the invariance of neither (4) nor (6) to changes in the policy rule would now command a consensus among macroeconomists. The current state of macroeconomic theory seems to me to be very far from supplying a reliable basis for ruling out one of these invariance assumptions in favor of the other. For that reason, I believe that the observational equivalence of (4) and (6) provides some cause to be circumspect about economists' ability to be sure that rules with feedback clearly dominate rules without feedback (or vice versa). (Sargent 1976, 636)

É importante notar como o problema empírico da identificação se relaciona com as principais discussões teóricas. Tanto a refutação da visão de política monetária de Friedman como a dos keynesianos é fundamental para a argumentação novo-clássica e passa por essa discussão empírica altamente formalizada. De fato, não podemos distinguir, a partir de um modelo econométrico, qual das diferentes propostas está economicamente correta. A teoria das expectativas racionais serve, assim, para oferecer uma estratégia de identificação crível que garanta

⁹ O que é equivalente a dizer, neste caso, que m_t Granger-causa y_t . Esse conceito será discutido mais adiante na análise sobre os modelos VAR.

¹⁰ Vale notar que Sargent usa as hipóteses de exogeneidade e causalidade da moeda em relação ao produto para identificar a forma reduzida. Esta discussão, sobre os métodos de Sims e Granger para classificar variáveis em endógenas ou exógenas e analisar a relação causal entre elas, será retomada na seção sobre séries temporais mais adiante.

um modelo estrutural invariante sobre os parâmetros "profundos" da economia (preferências, tecnologias e restrições dos agentes).

Propondo uma nova interpretação, Pesaran (1981) expande o modelo de Wallis (1980) para derivar condições de identificação mais gerais para modelos de expectativas racionais. Da mesma forma que Sargent e Lucas, o autor mostra que modelos com expectativas adaptativas estão em equivalência observacional com os modelos de expectativas racionais. Entretanto, para os modelos novo-clássicos atenderem às condições de identificação, seria necessário um conhecimento *a priori* das verdadeiras estruturas de defasagens, o que parece ser inviável teoricamente:

Although in principle it is possible to identify RE models. it is very doubtful that in practice economists could ever be in possession of the type of a priori information that is required for the identification of these models. (Pesaran 1981, 394)

Assim, as principais conclusões dos modelos novo-clássicos estariam à prova dado a fragilidade das hipóteses de identificação, do mesmo jeito como os seus formuadores argumentavam que ocorria com os modelos keynesianos:

This general underidentification of RE models clearly sheds serious doubts on the soundness of the recent attempts by Sargent (1976) Barro (1977, 1978) and others which purport to provide empirical evidence favouring the proposition that monetary and fiscal policies are incapable of influencing the path of real output and employment, even in the short run! (Pesaran 1981, 377)

Yet, it is perhaps ironical that as a result of inadequate a priori information, in general these two models are empirically indistinguishable. (Pesaran 1981, 394)

Apesar de discutida marginalmente, a questão da identificação ainda estava em aberto. Ela foi usada como um dos principais argumentos para Lucas e outros proporem a teoria novo-clássica, em contraponto aos modelos keynesianos, e também seria novamente usada várias vezes por Christopher Sims ao introduzir o novo método de análise de séries temporais durante a década de 1980.

Foi discutido como os novo-clássicos foram responsáveis por uma mudança de paradigma fundamental na teoria macroeconômica. Nos anos que se seguiram à Crítica de Lucas as agendas de pesquisa desta corrente de pensamento foi amplamente desenvolvida e incorporada ao *mainstream* teórico. O arcabouço de equilíbrio geral e as proposições sobre neutralidade e efetividade das políticas perduram e são discutidas até hoje, fazendo parte da teoria fundamental para analisar os ciclos econômicos.

O próximo passo será ver como outros economistas utilizaram esse novo paradigma para introduzir novas técnicas econométricas e novos modelos para tentar explicar os movimentos

nos ciclos econômicos. Os sucessores imediatos dos novo-clássicos foram os modelos de ciclos reais de negócio (RBC) que constituem a base para a formulação do arcabouço DSGE. Além disso, as reações aos novo-clássicos na forma dos modelos novo-keynesianos serão de importância fundamental para a construção da teoria moderna dos ciclos.

3 Os Teóricos dos Ciclos Reais de Negócios

Na década de 1980, Finn E. Kydland e Edward C. Prescott introduziram o que é hoje conhecido como a Teoria dos Ciclos Reais de Negócios (RBC, na sigla em inglês). Kydland e Prescott (1982) apresentam um modelo que instalaria uma nova agenda de pesquisas na macroeconomia à época. Este estudo é considerado canônico, pois conseguiu juntar em um só arcabouço um modelo de equilíbrio geral dinâmico, ligando as teorias de ciclos reais de curto prazo e a teoria de crescimento econômico de longo prazo.¹¹ Além disso, foram responsáveis pela popularização da metodologia da calibração empírica dos modelos macroeconômicos e pela introdução de novas técnicas para lidar e interpretar os componentes das séries temporais.

A teoria RBC foi responsável por grande parte da reviravolta que aconteceu no pensamento macroeconômico na década de 1980, ao lado dos novo-clássicos. Apesar destas duas vertentes apresentarem-se como um contraponto à teoria keynesiana vinda das décadas passadas, há importantes diferenças entre as duas que devem ser exploradas para explicar aspectos fundamentais da modelagem macroeconômica e da metodologia empírica contemporâneas, representadas na forma dos modelos DSGE novo-keynesianos. Assim sendo, esta seção vai se dedicar à análise do modelo canônico de Kydland e Prescott e como sua validação empírica foi defendida, e também criticada, sob a ótica da identificação empírica dos modelos.

Kydland e Prescott citaram constantemente Lucas (1977) em seus principais trabalhos para embasar seu entendimento sobre a natureza dos ciclos de negócios e das flutuações macroeconômicas. O modelo canônico apresentado em Kydland e Prescott (1982) baseia-se na mesma função de produção do modelo de crescimento de Solow. Nesta formulação, a escolha dos autores por formas funcionais específicas para as equações de crescimento ótimo — utilidade do agente representativo, função de produção, propagação dos choques, por exemplo — é central para analisar as consequências do modelo. Uma mudança, em relação ao modelo de Solow, que o artigo apresenta como crucial, é a modificação da estrutura de investimento para levar em conta a passagem de múltiplos períodos para haver criação de capital.

Assumindo um arcabouço de equilíbrio geral dinâmico¹² e resolvendo o modelo para o estado estacionário, chega-se ao equilíbrio que governa o processo de flutuação dos ciclos reais de negócios. Sobre isso, os autores colocam:

The theory implies that when a model economy is confronted with technology, pu-

¹¹ Mais diretamente, a formulação vem de Lucas (1972) com a diferença que, no modelo de Lucas, os choques monetários causam as variações nos ciclos. No modelo RBC este papel é dado aos choques tecnológicos.

¹² Hoover (1995) discute a visão particular da teoria de equilíbrio geral de Kydland e Prescott.

blic finance, and terms-of-trade shocks, it should display business cycle fluctuations of a quantitative nature similar to those actually observed. In other words, modern business cycle models are stochastic versions of neoclassical growth theory. (Kydland e Prescott 1996, 72)

Assim, apenas esses três tipos de choques reais (tecnológico, de finanças públicas ou de termos de troca) são as possíveis causas para as flutuações observadas nos ciclos.

Apesar de não tão explícito na primeira formulação de Kydland e Prescott, os modelos RBC possuem uma consequência forte de neutralidade da moeda, tanto no curto como no longo prazo. Por essa ótica, ao não incluir a moeda nos modelos, os RBC são ainda mais radicais que os novo-clássicos neste aspecto. A argumentação feita em Kydland e Prescott (1990) vai na direção de que o nível de preço apresentou caráter contracíclico na economia norte-americana do pós-guerra, implicando que, para uma dada curva de demanda, deslocamentos na curva de oferta explicam as variações no nível de preço. Assim os RBC se opõem tanto aos neoclássicos da síntese keynesiana como a Lucas, que viam nesta variável um caráter pró-cíclico. Mais diretamente, os autores colocam:

For example, the myth that the price level is procyclical largely accounts for the prevalence in the 1970s of studies that use equilibrium models with monetary policy or price surprises as the main source of fluctuations. At the time, monetary disturbances appeared to be the only plausible source of fluctuations that could not be ruled out as being too small, so they were the leading candidate. (Kydland e Prescott 1990, 7)

There is no evidence that either the monetary base or M1 leads the cycle, although some economists still believe this monetary myth. Both the monetary base and M1 series are generally procyclical and, if anything, the monetary base lags the cycle slightly. (Kydland e Prescott 1990, 14)

Formalmente, Kydland e Prescott defendem este resultado através da técnica de separação dos componentes de uma série temporal entre ciclo e tendência que seria conhecida como filtro Hodrick-Prescott (HP).¹³ A modelagem das séries temporais nos modelos RBC clássicos, a partir da formulação de Kydland e Prescott, utilizam sempre este filtro.¹⁴ Assim, separando o componente cíclico, que é central na análise das flutuações dos ciclos de negócios, pode-se comparar os ciclos retirados dos dados aos resultados obtidos no modelo.

¹³ O trabalho foi publicado formalmente em Hodrick e Prescott (1997), apesar de já circular em versão *working paper* desde o começo da década 1980.

¹⁴ Existem diversas outras formas de modelagem alternativas ao filtro HP. Harvey e Jaeger (1993), por exemplo, estimam, através de um modelo econométrico estrutural para séries de tempo, a tendências e o ciclo conjuntamente; o que parece estar mais de acordo com a proposta inicial de modelagem de Kydland e Prescott.

Assim, selecionando alguns fatos estilizados,¹⁵ Kydland e Prescott (1990) explicitam as correlações e os movimentos cíclicos entre as variáveis macroeconômicas da economia norte-americana e chegam no resultado já citado de neutralidade da moeda.¹⁶

O teste empírico do modelo RBC é também baseado nestes fatos estilizados, utilizando-os para formular as hipóteses básicas. A visão de Kydland e Prescott sobre a validação empírica do modelo deriva da capacidade de imitar os movimentos observados nos dados. Mais diretamente, eles explicitam a ligação entre a teoria e o teste empírico:

The key econometric problem is to use statistical observations to select the parameters for an experimental economy. Once these parameters have been selected, the central part of the econometrics of the general equilibrium approach to business cycles is the computational experiment. This is the vehicle by which theory is made quantitative. The experiments should be carried out within a sensible or appropriate model economy that is capable of addressing the question whose answer is being sought. (Kydland e Prescott 1991, 169)

Kydland e Prescott colocam-se numa posição diferente em relação ao método econométrico mais comumente usado: a estimação dos parâmetros de uma regressão. Os autores valem-se do experimento computacional como ferramenta econométrica alternativa, resumindo-o da seguinte maneira:

With the general equilibrium approach, empirical knowledge is organized around preferences and technology. Given the questions and given existing economic theory and measurement, a researcher creates a model economy. This researcher then determines a quantitative answer to the posed question for the model economy. If the theory is strong and the measurements good, we have confidence that the answer for the model economy will be essentially the same as for the actual economy (Kydland e Prescott 1996, 83)

Este argumento econométrico está fortemente ligado com as visões da natureza ciclo econômico e da própria teoria econômica dos autores (ambas vindas de Lucas), podendo ser resumidas como a tentativa de criar uma imitação de um sistema econômico — uma economia modelo — que seja reproduzível computacionalmente com o objetivo que responder a uma pergunta específica formulada pelo pesquisador. Para que essa imitação seja possível, os autores, através dos dados, usam a calibração como método para combinar o modelo com a economia real, nas dimensões de interesse.

Assim, os autores apresentam uma forma alternativa à estimação clássica dos modelos baseada em sistemas de equações — que vinha desde a tradição de Frisch, passando pela *Cowles*

¹⁵ De maneira similar à forma discutida na teoria de crescimento econômico.

¹⁶ Ver Hoover (1995) e Duarte (2015) para uma discussão da visão sobre fatos estilizados nos modelos RBC.

Comission e pela Crítica de Lucas. O uso de valores pré-determinados, provenientes, por exemplo, da evidência microeconômica ou de fatos estilizados, é a principal característica do método de calibragem que consiste em igualar os valores do comportamento estacionário do modelo às características de longo prazo dos dados. Após isto, seria possível julgar se o modelo replica os principais fatos estatísticos dos dados de uma determinada economia e verificar as implicações de diferentes políticas.¹⁷

Na discussão empírico-teórica feita por Kydland e Prescott há importantes reflexões para a questão da identificação. Argumentam que o modelo, e sua verificação empírica, foram feitos para serem facilmente interpretados e não para corresponder a todos os fatos dos dados. Uma especificação econométrica mais robusta, sob a metodologia padrão de estimação, é feita estimando um modelo sobre várias dimensões, minimizando vários momentos do modelo com os dados, inclusive aqueles que são sabidamente mal explicados pelo modelo, causando uma penalização indevida sobre a validade da análise. Então, sob essa ótica, a calibragem seria uma forma de resolver a complexa forma de identificar os parâmetros num modelo macroeconômico de ciclos econômicos, definindo os parâmetros para responder apenas a perguntas específicas sobre a economia, ou seja, os modelos RBC focam em se ajustar apenas a alguns momentos dos dados, ressaltando as dimensões que são consideradas relevantes e evitando essa penalização excessiva dos modelos que ocorre sob a estimação clássica.

Os autores também colocam-se à favor da abordagem de equilíbrio geral dinâmica, e da utilização do método computacional, em clara oposição ao método de equações simultâneas:

The principal reason for the abandonment of the system-of-equations approach, however, was advances in neoclassical theory that permitted the application of the paradigm in dynamic stochastic settings. Once the neoclassical tools needed for modelling business cycle fluctuations existed, their application to this problem and their ultimate domination over any other method was inevitable. (Kydland e Prescott 1991, 167)

Sob o arcabouço da calibração, não faria sentido, então, a estimação dos parâmetros livres de um modelo na forma como era normalmente feito, já que eles não são relevantes para explicar os momentos centrais dos dados, estando presentes de forma excessiva e apenas para melhor o ajuste geral do modelo estimado a todos os momentos dos dados. Hoover (1995) argumenta que na raiz da diferença entre estimação e calibração está a dominação da teoria sobre o teste empírico na escolha do modelo. Na estimação clássica, os modelos competidores são confrontados com os dados e aceitos ou rejeitados. Na calibração, o núcleo do modelo nunca é questionado, pois, caso haja rejeição empírica, é necessário apenas adaptar o modelo aos dados. Em outros termos, não seria possível distinguir, através da calibração, entre modelos alternativos:

¹⁷ É importante notar que a calibração mantém uma relação forte de dependência com as formas funcionais escolhidas para o modelo.

Calibration does not provide a method that could in principle decide between fundamentally different business-cycle models (e.g. real-business-cycle models or Keynesian business-cycle models) on the basis of empirical evidence derived from the calibration exercise itself. (Hoover 1995, 30)

One interpretation of the use of calibration methods in macroeconomics is that the practitioners recognize that highly aggregated theoretical models must be descriptively false, so that estimates of them are bound to fit badly in comparison to atheoretical econometric models, which are able to exploit large numbers of free parameters. The theoretical models are nonetheless to be preferred because policy evaluation is possible only within their structure. (Hoover 1995, 38)

Analisando dessa forma, o método da calibração não é consistente com a ideia básica da identificação — poder distinguir entre modelos alternativos a partir do método empírico. Dado que a finalidade principal do modelo, para Kydland e Prescott, é sempre o poder para analisar de políticas públicas é fundamental que a calibração seja encarada sob essa ótica. Hansen e Heckman (1996) oferecem uma dessas análises:

Observational equivalence results are pervasive in economics. There are two responses to this state of affairs. One can view the flexibility of the general equilibrium paradigm as its virtue. Since it is hard to reject, it provides a rich apparatus for interpreting and processing data. Alternatively, general equilibrium theory can be dismissed as being empirically irrelevant because it imposes no testable restrictions on market data. (Hansen e Heckman 1996, 87)

The tenuousness of identification of many models makes policy analysis and the evaluation of the welfare costs of programs a difficult task and leads to distrust of aggregate models. Different models that “fit the facts” may produce conflicting estimates of welfare costs and dissimilar predictions about the response of the economy to changes in resource constraints. (Hansen e Heckman 1996, 88)

Os autores questionam a estratégia da calibração como meio válido e científico de analisar modelos econômicos. Num primeiro momento, Kydland e Prescott não entregam um conjunto suficientemente compreensível de testes empíricos sobre seu modelo para que seja aceito amplamente pela comunidade de pesquisadores econômicos. O uso de dados vindos de estudos microeconômicos esconde o fato de que o ambiente teórico da microeconomia é muito diferente do macroeconômico. Dessa forma, é discutível a validade do uso desse tipo de estudo para calibrar os parâmetros de um modelo macroeconômico.

It can be very misleading to plug microeconomic parameter estimates into a macroeconomic model when the economic environments for the two models are

fundamentally different. In fact, many of the micro studies that the “calibrators” draw upon do not estimate the parameters required by the models being simulated. (Hansen e Heckman 1996, 97)

As principais hipóteses do arcabouço do modelo — formas funcionais vindas da teoria de crescimento — devem ser tomadas com cuidado. As restrições sobre as preferências e tecnologias (assumindo preferências com forma separável e homogeneidade entre os tipos de tecnologia) são o principal caminho para se obter a identificação dos parâmetros. Ainda assim, Kydland e Prescott parecem não apresentar uma estrutura coerente para lidar rigorosamente com os dados vindos da teoria microeconômica.

Assim sendo, o uso de microdados estimados em um ambiente econômico diferente daquele que em que serão usados para calibração (entre modelos de equilíbrio parcial e geral, por exemplo) — ou ainda, em uma economia artificial distinta, usando os termos de Kydland e Prescott — pode se mostrar enganoso para um estudo empírico. Além disso, Hansen e Heckman (1996) expressam sua preocupação sobre os possíveis problemas de olhar apenas para certas dimensões de interesse no modelo de ciclos reais:

While putting on empirical “blindfolds” permits a particular line of research to proceed, looking at too narrow of a range of data makes identification problems more severe. A disturbing feature of current practice in the real business cycle literature is that models with the same inputs can produce fundamentally different computed values of welfare loss and quantitative assessments of alternative economic policies. (Hansen e Heckman 1996, 98)

Assim, tratar a identificação de maneira não tão rigorosa pode revelar-se problemático: as consequências analíticas do modelo e suas prováveis recomendações de política podem estar distorcidas, em claro contraste à própria proposta de Kydland e Prescott para analisar os ciclos de negócios.

Alguns trabalhos buscaram testar o modelo de Kydland e Prescott aplicando métodos econométricos “convencionais” em contraposição à estratégia da calibração. Altug (1989) apresenta uma formulação alternativa ao teste empírico padrão baseado na calibração dos parâmetros. O modelo de Kydland e Prescott é testado através de máxima verossimilhança e de um modelo econométrico formal com restrições fortes o suficiente para identificar o modelo. Conclui-se que não há evidência para descartar a formulação original para a forma funcional das preferências e que os choques tecnológicos não conseguem explicar sozinhos as variações nos ciclos como proposto por Kydland e Prescott.

De outra forma, Canova, Finn e Pagan (1994) propõem utilizar uma representação de VAR restrito vinda implicitamente do modelo RBC canônico para testar sua validade quando comparado com os dados em formato de VAR irrestrito e mostram como, nesta forma, o modelo não explica mais os fatos previamente testados por Kydland e Prescott. Questionam, também, se a rejeição é causada pela estrutura do modelo ou pela calibração dos parâmetros:

[...] is the rejection being caused by the model or by the parameter values being supplied to it? That is, does there exist an RBC model of this form that would be compatible with the data but which had a different set of parameter values? It might be argued that the essence of the model is the type of functional forms fed in and not the values of the parameters chosen to calibrate it. (Canova, Finn e Pagan 1994, 242)

O modelo RBC introduzido por Kydland e Prescott é parte central para o entendimento do estado atual da macroeconomia teórica. Não menos importante é a discussão feita sobre os limites e a validade do método da calibração. Os modelos DSGE atuais servem-se de ambas essas fontes, empírica e teórica, ao possuírem o espírito da modelagem de equilíbrio geral dinâmica e a utilização da calibração em um subgrupo de seus parâmetros — sendo o outro subgrupo estimado — em suas formulações e testes empíricos. Todas as características e limitações discutidas nesta seção ainda serão válidas, portanto, quando se discutir os modelos atuais.

4 Christopher Sims e a Abordagem VAR

A metodologia de vetores autorregressivos (VAR) para a análise de séries temporais foi popularizada e metodologicamente inserida para a análise macroeconômica por Christopher Sims na década de 1980.¹⁸ Apresentando-se como uma alternativa à abordagem da *Cowles Commission*, a abordagem do VAR descrita em Sims (1980) discutia todos os problemas de identificação econométricos levantados até então, seja pelos economistas da *Cowles Commission* como pelos novo-clássicos. Sims estava preocupado, como todos os outros, com a questão da verdadeira estrutura do modelo macroeconômico e sua invariância a mudanças de políticas. Nesse sentido, ele reafirma a necessidade de um tratamento mais rigoroso das expectativas e argumenta que elas estariam ligadas intimamente com as hipóteses de identificação:

It used to be that when expected future values of a variable were thought to be important in a behavioral equation, they were replaced by a distributed lag on that same variable. Whatever else may be said for or against it, this practice had the advantage of producing uncomplicated effects on identification. As the basis in economic theory for such simple treatments of expectations has been examined more critically, however, it has become apparent that they are unsound, and that sound treatments of expectations complicate identification substantially. (Sims 1980, 6)

A introdução das expectativas racionais ao debate macroeconômico teria, então, melhorado o tratamento teórico dado as expectativas nos modelos, apesar de aparentar ter complicado ainda mais a discussão sobre identificação.¹⁹ A nova forma de obter-se a identificação, na

¹⁸ Uma versão preliminar desta abordagem pode ser vista em Sargent e Sims (1977)

¹⁹ "It is my view, however, that rational expectations is more deeply subversive of identification than has yet been recognized."(Sims 1980, 7)

forma de restrições cruzadas entre equações, era, de fato, mais complicada matematicamente que as antigas restrições dos modelos de larga escala.

A discussão se o modelo macroeconômico era, de fato, invariante a mudanças de política e se as hipóteses de identificação eram suficientemente críveis para obter a estimação dos parâmetros surgiu novamente como o ponto central da crítica econométrica. Entretanto, Sims decide tomar um caminho alternativo ao dos novo-clássicos, propondo um modelo econométrico “ausente de teoria”, no qual não seria necessário fazer nenhuma restrição de identificação “incrível” como era feito nos modelos da *Cowles Commission*, ou do tipo de restrição usada nos modelos de expectativas racionais.²⁰

Com isso, seria possível uma interpretação baseada mais nos próprios dados do que em restrições questionáveis vindas da teoria. A implicação da abordagem VAR é que cada equação de uma variável de interesse seja função de suas próprias defasagens e das defasagens das outras variáveis — ou seja, todas as variáveis eram tratadas como endógenas. Nesta primeira versão do VAR, conhecida como VAR irrestrito,²¹ Sims propõe que não haja imposição de nenhuma restrição *a priori* vinda arbitrariamente da teoria. Como permite-se que haja efeito contemporâneo entre os choques estruturais das diversas equações de interesse, não é possível estimar as equações estruturais iniciais por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Para contornar este problema, era necessário a estimação da forma reduzida do modelo e a posterior recuperação dos parâmetros estruturais via identificação. A hipótese de identificação proposta inicialmente para completar a estrutura do modelo foi impor uma ordenação de Cholesky, ortogonalizando os choques para que os efeitos contemporâneos de uma inovação em dada equação sejam realizados de forma causalmente recursiva:

The residuals are correlated across equations. In order to be able to see the distinct patterns of movement the system may display it is therefore useful to transform them to orthogonal form. There is no unique best way to do this. What I have done is to triangularize the system, with variables ordered as M[*moeda*], Y[*produto*], U[*desemprego*], W[*salários*], P[*inflação*], PM[*preços de importação*]. Thus the re-

²⁰ "VAR methods have one deep conceptual advantage over current implementations of rational expectations equilibrium models: they make the connection of the model to a reduced form forecasting model completely explicit. This means that one can validate the probability assumptions in the reduced form by giving it a dry run through the historical data, having it generate forecasts with data available at each date in the past. The model's own probability distribution for forecast errors can be compared to the observed sample distribution of forecast errors. In contrast, standard econometric models and, even more so, rational expectations equilibrium models, cannot do this. A major part of the uncertainty about forecasts from both types of models is uncertainty about the fragile identifying assumptions built into them." (Sims 1986, 8)

²¹ A contribuição de Sims não foi apresentar a representação de um modelo na forma VAR, que já era amplamente usada, mas sim desenvolver uma nova metodologia, baseada nesta representação, para analisar as séries temporais: "It should be feasible to estimate large-scale macromodels as unrestricted reduced forms, treating all variables as endogenous. Of course, some restrictions, if only on lag length, are essential, so by 'unrestricted' here I mean 'without restrictions based on supposed a priori knowledge.'" (Sims 1980, 15). Os modelos da tradição da *Cowles Commission* podem ser representados na forma de um VAR restrito. Dessa forma, podemos interpretar a metodologia de Sims como advocando sempre o uso de modelos irrestritos, ou seja, sem restrições *a priori* nos parâmetros.

siduals whose effects are being tracked are the residuals from a system in which contemporaneous values of other variables enter the right-hand-sides of the regressions with a triangular array of coefficients. (Sims 1980,21)

Assim, seria possível prosseguir com a estimação eficiente via MQO dos parâmetros do modelo reduzido, apesar destes parâmetros não terem uma interpretação econômica bem definida.²² A ordenação recursiva proposta por Sims no caso era moeda; produto; desemprego; salários; inflação; preços de importação. Dessa forma, a hipótese de identificação é dada pela seguinte ordenação contemporânea das variáveis: os choques contemporâneos da moeda entram em todas as equações do modelo, os choques no produto entram em todas as equações exceto a da moeda e assim sucessivamente até os choques contemporâneos do preço de importação que afetam apenas a própria variável.

Com o modelo devidamente identificado, é possível analisar como cada variável é afetada por cada tipo de choque através da decomposição da variância do erro de previsão ou do método, mais popular, das funções impulso-resposta (FIR). As FIR são construídas escrevendo o VAR na forma de vetores de médias móveis (VMA) e analisando como os choques em um instante temporal afetam as diversas variáveis do modelo ao longo do tempo. Via análise das FIR, Sims mostrou, por exemplo, como choques na moeda afetavam persistentemente as outras variáveis na economia americana, mas não afetavam as variáveis da economia da Alemanha tão fortemente.

É importante notar como agora a noção de identificação funde-se com outra questão: a da causalidade. Os primeiros trabalhos de Sims, anteriores às exposições da abordagem VAR, questionavam a complexidade de encontrar variáveis estritamente exógenas de forma consistente com a teoria, procedimento que era conduzido sem muito rigor nos modelos macroeconômicos de larga escala. Sims (1972; 1977), inspirado em Granger (1969), desenvolve um teste de causalidade para escolher de forma mais rigorosa — com o objetivo de não depender de hipóteses *a priori* — quais variáveis poderiam ser consideradas exógenas ou não. O autor faz isso no contexto da relação causal entre moeda e renda e todo o debate monetarista que segue-se desta controvérsia. A causalidade no sentido de Granger sugere que, se uma variável X causa outra variável Y, a observação dos valores assumidos por X ajudam a prever os valores futuros de Y. Assim, outra forma de colocar essa definição é que, não havendo relação causal entre duas variáveis, não existe efeito contemporâneo entre elas. Sob este arcabouço, podemos discutir se uma variável é realmente exógena verificando se ela é ou não causalmente anterior à variável endógena.²³

Quin (2013) aponta como a abordagem VAR uniu tanto o arcabouço de Granger para lidar

²² "Autoregressive systems like these are difficult to describe succinctly. It is especially difficult to make sense of them by examining the coefficients in the regression equations themselves." (Sims 1980, 20)

²³ Vale notar que o caso oposto não é válido, ou seja, se não X Granger-causa Y não pode-se afirmar, de certo, que X é exógena. Esta discussão, como apontado anteriormente, é de extrema importância para a análise do arcabouço VAR, porém ela não será discutida em muito mais detalhes. Para uma discussão detalhada ver as próprias referências de Sims citadas.

com causalidade em séries temporais como a definição de identificação usada na abordagem de Box e Jenkins (1970) também para séries temporais — relacionada com a procura de modelos mais parcimoniosos — mostrando como a abordagem VAR caracteriza-se por uma sinergia de outros diversos procedimentos econométricos. No arcabouço de Box-Jenkins, a etapa da identificação está ligada com a determinação das ordens dos processos estocásticos do modelo ARIMA que será usada para a estimação modelo. Claramente esta visão não tem nenhuma ligação com a noção de identificação vista até aqui — a relação entre a forma estrutural e a forma reduzida de um modelo e a possibilidade de estimar os parâmetros estruturais. Não obstante, nota-se que Sims utiliza desta noção alternativa junto com a clássica para introduzir a abordagem VAR, principalmente no que toca a escolha da ordem das defasagens e das ordens de correlação serial.

A ordenação das variáveis no VAR pode ser obtida de diversas forma, não apenas via decomposição de Cholesky. Sims foi, num primeiro momento, indiferente com esse fato, não discutindo a possibilidade de outras forma de identificar o modelo e suas possíveis implicações. Hoover (2012) observa como diferentes possibilidades de ordenação causal das variáveis são todas equivalentes observacionalmente, sendo todas transformações da mesma forma reduzida em que o VAR é formulado. Isso cria uma aparente contradição com a própria argumentação inicial de Sims (1980) em respeito à ausência de teoria econômica para formular o modelo econométrico:

Not only does formal economic theory not often express a preference for a particular contemporaneous ordering, the founding sentiment of the VAR program was that theory was not to be trusted to provide structure. In practice macroeconomists have offered casual, often temporal, arguments to support particular orderings. For example, commodity prices are observed daily but the Federal Reserve's policy action must act slowly, so the commodity-price index must be ordered ahead of the Federal Reserve's targeted interest rate. (Hoover 2012, 102)

Apesar destas possibilidades alternativas de identificação a partir da ordem recursiva terem sido tratadas com indiferença por Sims num primeiro momento — não importava qual ordenação causal se escolhesse as implicações do VAR irrestrito seriam as mesmas —, críticas posteriores de Leamer (1985) e Cooley e LeRoy (1985), que levavam em conta as diferentes formas que o modelo assumia mudando a ordem causal das variáveis, foram incorporadas por Sims (1986; 1992).

Nesta segunda formulação do modelo VAR, Sims qualifica como diferentes ordenações recursivas resultam em diferentes modelos VAR e, subsequentemente, diferentes FIR. Dessa forma, é proposto uma variação do arcabouço original que levasse em conta como diferentes restrições contemporâneas nas variáveis implicavam em diferentes resultados para o modelo, surgindo o VAR Estrutural (SVAR). Agora que as ordenações causais das variáveis eram reconhecidamente cruciais, era necessário voltar às restrições de caráter mais teórico para identificar

o modelo e propor uma ordenação causal que fosse factível.

Sims (1992) inclusive utiliza a abordagem SVAR para debater a questão monetária em relação aos modelos RBC. Sims mostra, via FIR, como a moeda afeta as variáveis nominais do modelo em diversas economias, mostrando o fato de que o produto e o estoque de moeda declinam persistentemente quando há uma inovação na taxa de juros, caso que não era considerado e explicado pelos modelos RBC existentes até então. Criticando que os adeptos da modelagem RBC não levavam a análise multivariada das séries temporais suficientemente a sério, Sims propõem uma união das duas abordagens, VAR e RBC:

To explain the predictive value of nominal interest rates for output from an RBC perspective seems from this paper's results to require recognition that monetary policy-makers attempt to anticipate inflationary pressures and pressures on exchange rate values — and do a better job of anticipating such pressures than can be done with a small aggregate time series model. Such behavior will not be matched by a model that treats monetary policy variables as determined by an exogenous sequence of random draws or by a model that treats it as a simple function of the main aggregates in the economy. A serious treatment of monetary policy behavior and our ignorance about it is required. That is, we will need to see RBC models that recognize and deal with the identification problem that is the source of the continuing disagreement about the effects of monetary policy. (Sims 1992, 996)

O desenvolvimento subsequente do arcabouço SVAR pautou-se, majoritariamente, no desenvolvimento de hipóteses de identificação alternativas, dado que, como foi argumentado, as restrições apresentadas por Sims não eram as únicas alternativas possíveis para se alcançar a identificação do modelo.

Um dos primeiros trabalhos a apresentar uma restrição alternativa foi Blanchard e Quah (1989). Neste caso, em um modelo buscando analisar as flutuações do produto e desemprego, os autores aplicam o que chamam de restrições de longo prazo para identificar o SVAR. Assume-se que há dois tipos de distúrbios afetando o produto e o desemprego, um de caráter permanente (interpretado como um choque de oferta) e outro de caráter transitório (interpretado como um choque de demanda). Dessa forma, prossegue-se analisando as FIR e percebe-se que os efeitos dos choques de demanda apresentam serem dissipados rapidamente, enquanto que os choques de oferta apresentam, de fato, efeito cumulativo no produto e no desemprego.

Entretanto, mesmo as restrições de identificação propostas por Sims ou Blanchard e Quah terem sido amplamente utilizadas pela comunidade acadêmica, elas ainda eram controversas. Pode-se, assim, apresentar outras estratégias de identificação alternativas que analisavam outros tipos de dinâmica ou choques das variáveis macroeconômicas. Galí (1992) amplia a possibilidade do uso das restrições de longo prazo e introduz um SVAR no qual é possível tanto restrições de curto prazo (vistas como restrições contemporâneas aos choques) quanto de longo prazo para obter a identificação do modelo. Blanchard e Perotti (2002) usam tanto as restrições

de longo prazo como as próprias regras institucionais da política fiscal americana para restringir as relações de causalidade temporal entre parâmetros do modelo (no caso assume-se que o nível de atividade não afeta a política fiscal discricionária), utilizando esta estratégia para analisar os efeitos dos choques fiscais no produto.

Bernanke, Boivin e Elias (2004) buscando reduzir o problema de informação limitada nos modelos SVAR, introduzem o VAR com fatores aumentados (FAVAR) utilizando a metodologia de fatores aumentados e componentes principais para estimar um modelo a partir de centenas de variáveis disponíveis. A identificação deste tipo de modelo pode ser obtida através de qualquer um dos diversos métodos discutidos até agora (restrições recursivas ou de longo prazo, por exemplo), sendo assim, mais uma nova abordagem dentro do arcabouço VAR, buscando mais explicitamente corrigir o problema de falta de informação do que apresentando uma hipótese de identificação alternativa.²⁴

Em Demiralp e Hoover (2003) é apontado como o processo de desenvolvimento da abordagem VAR foi pautado sob a discussão das hipóteses de identificação. Os modelos SVAR mais complexos são acompanhados de extensas discussões sobre qual ordenação causal é mais crível, pois raramente podemos tirar alguma conclusão apenas partindo da teoria econômica:

Only rarely does economic theory imply particular contemporaneous causal orderings. Generally, practitioners of SVAR methods appeal to plausible stories about which variables could or could not affect which other variables in the course of a month or quarter, depending on the periodicity of the data. The problem with this approach is that sometimes equally plausible stories can be told for competing causal orderings. Not only does such story-telling not inspire much confidence, but it is also ironic that a method that originated as a way of getting away from incredible identifying restrictions relies so heavily on hardly more credible stories to identify contemporaneous causal ordering. (Demiralp e Hoover 2003, 747)

Assim, vemos como o arcabouço SVAR é majoritariamente utilizado para a estimação de modelos relacionados à teoria dos ciclos econômicos, em particular interessados ainda nos efeitos da política monetária e em toda a controvérsia que ronda este tópico ao longo da história do pensamento macroeconômico. Apesar dos desenvolvimentos iniciais de Sims sugerirem a aplicação do arcabouço VAR como alternativa ao uso das restrições “incríveis” para identificar os modelos macroeconômicos a partir da teoria econômica, a evolução que se observou nessa abordagem ao longo dos 20 anos que se seguiram foi justamente a tentativa de introduzir restrições alternativas que fossem úteis, e suficientemente robustas aos olhos dos pesquisadores, para identificar diversos modelos SVAR alternativos que teriam, como notou-se, implicações diferentes a depender das restrições postas em prática.

²⁴ Argumentando que a abordagem FAVAR inicial não possui identificação nos fatores e também apontando falta de interpretação econômica do modelo, Belviso e Milani (2006) introduzem o FAVAR Estrutural (SFAVAR)

Vale notar que também há um claro problema de parametrização excessiva nos modelos VAR. O número de parâmetros cresce rapidamente conforme se adicionam mais defasagens de uma variável e mais séries econômicas que serão analisadas. Isso pode causar imprecisões nas estimativas e variabilidade excessiva nas previsões do modelo, apesar dele se ajustar bem aos dados — um problema conhecido como sobreajustamento —, que o faz não refletir adequadamente as relações estruturais.²⁵ Visando contornar essas distorções, Litterman (1979) propôs utilizar a abordagem Bayesiana, que consiste em tratar cada parâmetro do modelo como uma variável aleatória, atribuindo a cada um deles uma distribuição de probabilidade *a priori* que serve tanto para resumir as crenças ou conhecimentos do pesquisador sobre o parâmetro e questão como para encolher o espaço dos parâmetros. Após a escolha da distribuição *a priori*, elas são confrontadas com os dados e com a função de verossimilhança e as distribuições *a posteriori* são obtidas através do Teorema de Bayes. Essa nova abordagem foi denominada de VAR Bayesiano (BVAR) e foi amplamente desenvolvida como parte do arcabouço geral do VAR.

A proposta inicial de Litterman (1979) foi considerar uma distribuição *a priori* que assumia três características: a primeira é que cada série é tratada como sendo um passeio aleatório; a segunda que os valores passados mais recentes trazem mais informações acerca do valor corrente da variável em questão do que valores mais antigos; a terceira que as defasagens da própria variável são geralmente mais importantes para explicar seu valor corrente do que defasagens das demais variáveis. Com isso, Litterman derivou um modelo BVAR capaz de realizar previsões mais precisas que a de um VAR comum.

Os desenvolvimentos seguintes foram feitos por Doan, Litterman e Sims (1984), Litterman (1986) e Sims (1993) que estenderam os trabalhos anteriores de Litterman e desenvolveram e formalizaram outros tipos de distribuições *a priori*, como a *a priori* de Minnesota. Entretanto, vale ressaltar que os modelos BVAR eram puramente estatísticos e sempre foram desenvolvidos visando a realização de previsões. Esse tipo de abordagem não lidava com a questão da identificação, não se importando com a recuperação e interpretação dos parâmetros estruturais. Dessa forma, não é possível realizar análise de políticas econômicas nem derivar funções impulso-resposta a partir de um BVAR. A tarefa de incorporar fundamentações teóricas para a abordagem Bayesiana nos modelos VAR ficaria a cargo, mais adiante, da abordagem empírica desenvolvida e comumente usada no contexto dos modelos DSGE.

De certa forma, pode-se argumentar que a crítica de Sims foi sucedida tanto ao implementar uma nova abordagem que é amplamente usada atualmente, como em tornar explícito a importância de se discutir à fundo as hipóteses de identificação. Se, à época da *Cowles Commission*, as restrições de identificação ou eram pouco discutidas ou consideradas “irreais”, em todos os

²⁵ Sims (1980) chamava atenção para esse problema, já sugerindo o uso da abordagem Bayesiana: "If every variable is allowed to influence every other variable with a distributed lag of reasonable length, without restriction, the number of parameters grows with the square of the number of variables and quickly exhausts degrees of freedom."(Sims 1980, 16). "Even with a small system like those here, forecasting, especially over relatively long horizons, would probably benefit substantially from use of Bayesian methods or other mean-square-error shrinking devices to improve on what is obtained with raw estimates of 144 unconstrained coefficients."(Sims 1980, 33)

trabalhos recentes discutidos acima os autores dedicam uma considerável parte do trabalho discutindo as hipóteses teóricas que inspiram suas restrições de identificação. Assim, vemos como, ao menos na literatura SVAR, houve um avanço metodológico nesta questão.

O próprio Sims ainda sugere uma nova agenda de pesquisa que leve em conta os avanços positivos da abordagem keynesiana, VAR e RBC — uma descrição que se assemelha muito à abordagem DSGE que será o próximo foco da análise deste trabalho:

As already outlined in the previous section, this paper's results suggest an agenda of improvements in RBC modeling. Such modeling could combine the economic theoretical rigor of RBC models with the unblinkered confrontation of the data of identified VARs. But ideally there should be a similar movement from the monetarist/ISLM side of this discussion. It should be quite possible to formulate models with complete dynamics and explicit treatment of disequilibrium elements — workers who search rather than freely adjust their level of work effort, firms that advertise and adjust firm-specific wages rather than freely adjust their level of employment for example. If such a model could generate the monetarist/ISLM policy implications, while matching the facts of nominal as well as real aggregate fluctuations, it would provide a more direct challenge to the RBC models than existing informal appeals to time series facts. (Sims 1992, 998)

Dessa forma, a abordagem VAR serviu de um lado para ampliar a discussão sobre o efeito das diversas variáveis macroeconômicas, mais notadamente da política monetária, e apresentar um arcabouço rigoroso, que levava em conta explicitamente a questão da identificação — abrindo um amplo espaço para a discussão de hipóteses alternativas de identificar os modelos —, para ser usado na análise macroeconômica. Com isso, o modelo VAR de Sims foi essencial como arcabouço empírico para criar a ligação entre os modelos RBC e novo-keynesianos, como sugerido na citação acima. O resultado dessa união seria o surgimento dos modelos DSGE.

5 A Abordagem Moderna: Os Modelos DSGE

5.1 Novo-Keynesianos: Primeira Geração

Durante meados da década de 1980 e o começo dos anos 1990, diversas reações à Crítica de Lucas foram sendo articuladas por economistas buscando formas alternativas para explicar as flutuações econômicas. A mais estruturada e proeminente delas foi desenvolvida por economistas que buscavam voltar às origens da teoria keynesiana, enfatizando novamente o papel da rigidez dos preços e salários sobre os ciclos econômicos, a presença de imperfeições nos mercados e a existência de desemprego involuntário; desenvolvendo modelos microfudamentados e com expectativas racionais que procuravam abordar estas questões: "Because wage and price rigidities are often viewed as central to Keynesian economics, much effort was aimed at showing

how these rigidities arise from the microeconomics of wage and price setting."(Mankiw e Romer 1991, 1). Como o papel das imperfeições de mercado era enfatizado como causa das flutuações econômicas, abria-se espaço para atuação ativa das políticas monetária e fiscal sobre a economia.²⁶

Mankiw e Romer (1991) apresentam um compilado dos trabalhos considerados centrais para essa nova abordagem de análise dos ciclos econômicos, nomeando-a teoria novo-keynesiana, em distinção à teoria novo-clássica. Os autores colocam a visão novo-keynesiana tanto em termos da dicotomia clássica — se flutuações em variáveis nominais afetam ou não as flutuações das variáveis reais — como em relação a importância do papel dado às falhas de mercado no núcleo da teoria e sua utilidade para explicar as flutuações. Como nova escola de pensamento macroeconômico, a teoria novo-keynesiana violaria a dicotomia clássica, em contraponto às teorias novo-clássica e RBC, ao incorporar preços rígidos e ajustes nominais incompletos no modelo e usar as imperfeições de mercado para explicar como os ciclos econômicos podem ser afetados por essas distorções.

Mankiw (1985) analisa como a presença de custos de menu pode ser um dos motivos para as firmas não ajustarem seus preços instantaneamente. Sendo assim, custos adicionais que as firmas enfrentam para informarem os consumidores dos novos preços resultam em um ajuste mais lento dos mesmos. Individualmente esse efeito pode ser considerado pequeno, mas no agregado das firmas, argumenta Mankiw, a presença de custos de menu pode ajudar a explicar as flutuações econômicas de curto prazo. Akerlof e Yellen (1985) e Parkin (1986) também mostram como pequenas barreiras para a flexibilidade dos preços nominais ao nível microeconômico (ajustamentos de preços custosos) podem gerar uma rigidez nominal da demanda agregada de maior grau. Mankiw e Romer (1991) expõem como esses resultados são cruciais para a teoria novo-keynesiana:

Economic theory (and common sense) tells us that agents should be concerned primarily with real rather than nominal magnitudes; thus it appears that nominal shocks and barriers to nominal adjustment could not be the source of, for example, large recessions and the obvious large costs they entail. Mankiw, Akerlof and Yellen, and Parkin answer this objection by building models in which frictions in price adjustment at the level of individual firms cause shifts in aggregate demand to have large real effects. (Mankiw e Romer 1991, 4)

²⁶ Nesta seção, será usada a distinção terminológica entre primeira e segunda gerações de novo-keynesianos, assim como feito em De Vroey (2016). A primeira geração diz respeito aos modelos analisados em Mankiw e Romer (1991), ou seja, aqueles que discutiam o papel das rigidezes nominais e reais na economia (como elas abriam espaço para uma discussão da política monetária), normalmente sob um arcabouço de equilíbrio parcial e sem grandes testes empíricos. Como segunda geração entende-se o "consenso" formado através da junção de aspectos da teoria novo-keynesiana da primeira geração com a teoria novo-clássica, RBC e com a abordagem empírica dos modelos VAR. Este segundo momento dos modelos novo-keynesianos será considerado e nomeado neste trabalho como modelagem DSGE. Apesar de De Vroey já considerar as extensões dos modelos RBC desenvolvidas na década de 1990 como modelos DSGE, aqui não será feita esta distinção, sendo nomeados de DSGE apenas aqueles resultantes do consenso.

Outros diversos tipos de fricções nos ajustes nominais fazem parte do arcabouço novo-keynesiano de primeira geração. A presença de contratos de longo prazo podem levar as firmas a não mudarem seus preços simultaneamente, efeito conhecido como escalonamento dos preços. Assim, esse efeito tem consequências reais sobre a demanda agregada; modelos deste tipo são analisados por Fischer (1977) e Phelps e Taylor (1977). A explicação da teoria novo-keynesiana para as flutuações econômicas serem geradas por essas pequenas barreiras no nível microeconômico também passa pela presença de competição imperfeita discutida em Blanchard e Kiyotaki (1987) em um modelo de competição monopolística.

Modelos de falha de coordenação inspirados em Diamond (1982) mostram como, considerando que cada agente leva em conta as ações dos outros agentes para tomar sua decisão, falhas de coordenação entre eles podem também influenciar os ciclos econômicos. No caso, por exemplo, de uma expansão monetária, há aumento generalizado nos preços apenas se as firmas tiverem sucesso em coordenar um reajuste positivo nos preços entre todas elas. Entretanto, caso haja falha na coordenação, o aumento geral nos preços decorrente da política monetária não ocorre, pois algumas firmas mantêm seus preços constantes devido a presença de custos de menu. Há, então, a presença de equilíbrios múltiplos: mesmo sendo desejável para os agentes o caso em que os preços são flexíveis, as falhas de coordenação podem levar ao cenário no qual isto não ocorre.

Outra parte importante da teoria novo-keynesiana apontada na introdução de Mankiw e Romer (1991) é a análise de mercados específicos. No mercado de trabalho, é dado destaque para os modelos de salário de eficiência e como eles podem explicar o desemprego involuntário e a rigidez salarial. Yellen (1984) oferece uma compilação desta literatura. No mercado de crédito, a presença de informação assimétrica entre os credores e tomadores pode gerar alguns efeitos inesperados como racionamento de crédito e necessidade de intermediação financeira. Esses tipos de imperfeição acabam resultando em um mecanismo de transmissão monetária menos eficiente, como analisado por Bernanke e Blinder (1988) e Mankiw (1986). No mercado de bens, Okun (1975) e Stiglitz (1984) discutem o caráter cíclico do *markup* das firmas e também as relações entre as imperfeições reais e nominais e o custo social da inflação.

Empiricamente, os modelos novo-keynesianos não apresentaram nenhuma inovação econométrica da magnitude que as outras abordagens, novo-clássica e RBC, trouxeram. Como aponta De Vroey (2016), o volume compilado por Mankiw e Romer (1991) era de conteúdo fortemente teórico e apenas alguns poucos artigos apresentavam uma seção empírica. Além disso, as técnicas econométricas, quando usadas, não representavam as abordagens *mainstream* utilizadas na época para se analisar as flutuações econômicas, como a abordagem VAR. Como De Vroey (2016) também coloca, o rigor empírico só foi elaborado posteriormente na segunda geração de modelos novo-keynesianos que levou em conta a metodologia empírica vinda dos RBC:

[...] Kydland and Prescott re-installed macroeconomics in its status of applied field, the validity of theoretical models being gauged by their empirical replication ability. In this respect, first-generation new Keynesians were wrong footed since their

models were mainly qualitative. A decade later, second-generation new Keynesians proved able to take it account. (De Vroey 2016, 239)

Por consequência, as questões de identificação não foram discutidas durante os desenvolvimentos novo-keynesianos da primeira geração, apesar deles terem sido fundamentais para o surgimento dos modelos DSGE. Apenas com a construção do novo arcabouço, unindo a abordagem empírica dos modelos VAR com os desenvolvimentos novo-keynesianos e RBC, a questão da identificação seria novamente abordada em modelos macroeconômicos.

5.2 O Surgimento dos Modelos DSGE

Entre o final da década de 1990 e o começo dos anos 2000, a abordagem dos novo-keynesianos de primeira geração foi absorvida pelos modelos dinâmicos e de equilíbrio geral, vindos da tradição RBC, mais avançados do período, dando início aos modelos conhecidos como dinâmicos, estocásticos e de equilíbrio geral (*dynamic stochastic general equilibrium* — DSGE). Esse arcabouço, comumente denominado de segunda geração novo-keynesiana, representa um momento crucial na história do pensamento macroeconômico recente.²⁷

Como apontam Goodfriend e King (1997), este novo momento da teoria *mainstream* pode ser caracterizado como um consenso — assim como ocorreu na síntese neoclássica da década de 1960 —, no qual uniram-se duas modelagens de tradições distintas, a novo-keynesiana com a novo-clássica e RBC.²⁸ Enquanto que as duas últimas eram caracterizadas pelo arcabouço de preços flexíveis, equilíbrio geral dinâmico e expectativas racionais, a novo-keynesiana foca nos ajustes nominais incompletos e nas falhas de mercado em contexto estático para explicar a existência dos ciclos econômicos e analisar o efeito de políticas macroeconômicas ativas.²⁹

O resultado desse novo consenso foi uma classe de modelos com microfundamentação e expectativas racionais, que davam papel de destaque para a política monetária e para o arcabouço de competição imperfeita. Como aponta De Vroey (2016):

First, after the RBC episode, money is reintroduced into the picture, and for that matter in a much richer way than in the past. The objective pursued by the central bank in particular is spelled out more rigorously. Second, the non-neutrality of money is attributed to the existence of nominal price rigidity, sluggishness. Third,

²⁷ De Vroey, também considera este caso como terceiro momento da modelagem RBC: "As a result of these developments, RBC came to be viewed like a thing of the past. This impression is incorrect, however: second-generation new Keynesian modeling is an outgrowth of RBC modeling. It abides by DSGE standards as defined by Lucas and augmented by Kydland and Prescott. Both second generation new Keynesian and RBC modeling belong to the DSGE program of which they constitute two successive transformations."(De Vroey 2016, 308)

²⁸ Para uma discussão sobre esses dois consensos, ver Duarte (2012).

²⁹ "The New Neoclassical Synthesis inherits the spirit of the old, in that it combines Keynesian and classical elements. Methodologically, the new synthesis involves the systematic application of intertemporal optimization and rational expectations as stressed by Robert Lucas. In the synthesis, these ideas are applied to the pricing and output decisions at the heart of Keynesian models, new and old, as well as to the consumption, investment, and factor supply decisions that are at the heart of classical and RBC models."(Goodfriend e King 1997, 232)

to have the latter, it is necessary to move away from the assumption that agents are price-takers and assume price-making agents. This, in turn, involves a shift from a perfect to an imperfect competition structure. (De Vroey 2016, 308)

Para incorporar todos esses novos aspectos em apenas um arcabouço, os modelos DSGE utilizam extensivamente de diversas outras contribuições. Uma delas é modelo de preços de Calvo (1983), usado para invocar a rigidez nominal nos preços. Neste caso, as firmas não ajustam seu preço de forma sincronizada, sendo que em cada período apenas uma proporção determinada aleatoriamente das firmas podem ajustar seus preços, gerando escalonamento nos contratos entre os períodos. A modelagem *à la* Calvo é crucial na derivação da Curva de Phillips Novo-Keynesiana (*New Keynesian Phillips Curve* — NKPC). Para modelar a competição monopolística da economia, o outro arcabouço normalmente utilizado é o de Dixit e Stiglitz (1977).³⁰ Considera-se, também, uma regra monetária na abordagem mais básica do modelo DSGE, sendo a mais comum a regra proposta por Taylor (1993), que assume uma função de reação dos juros nominais de curto prazo a desvios da inflação e do produto em relação a seus níveis naturais (normalmente assumidos como os níveis atingidos quando há preços perfeitamente flexíveis na economia).

Clarida, Galí e Gertler (1999) oferecem um modelo DSGE simples que incorpora todos esses arcabouços e pode ser utilizado para analisar a política monetária, explicitando a relação com as diferentes tradições de análise macroeconômica:

Within the model, monetary policy affects the real economy in the short run, much as in the traditional Keynesian IS/LM framework. A key difference, however, is that the aggregate behavioral equations evolve explicitly from optimization by households and firms. One important implication is that current economic behavior depends critically on expectations of the future course of monetary policy, as well as on current policy. In addition, the model accommodates differing views about how the macroeconomy behaves. In the limiting case of perfect price flexibility, for example, the cyclical dynamics resemble those of a real business cycle model, with monetary policy affecting only nominal variables. (Clarida, Galí e Gertler 1999, 1665)

Podemos representar um modelo DSGE simplificado de três equações da seguinte forma:

$$\tilde{y}_t = E_t \{ \tilde{y}_{t+1} \} - \frac{1}{\sigma} (i_t - E_t \{ \pi_{t+1} \} - r_t^n) \quad (5)$$

$$\pi_t = \beta E_t \{ \pi_{t+1} \} + \kappa \tilde{y}_t \quad (6)$$

$$i_t = \rho i_{t-1} + (1 - \rho) (\phi_\pi \pi_t + \phi_y \tilde{y}_t) + v_t \quad (7)$$

³⁰ Blanchard e Kiyotaki (1987) utilizaram dessa abordagem no contexto de um modelo estático.

onde \tilde{y}_t representa o hiato do produto no instante t ; ³¹ E_t denota o operador de expectativa condicional; π_t é a taxa de inflação no instante t ; i_t é a taxa de juros; r_t^n é a taxa natural de juros; ³² v_t é um choque monetário; o parâmetro σ reflete a elasticidade intertemporal do gasto; β mede a taxa de desconto; os parâmetros ϕ_π e ϕ_y representam as reações em cada instante do banco central aos desvios de inflação e do produto (não representam exatamente os pesos dados pelo banco central aos desvios em sua função de perda, mas sim como eles interagem ao longo do tempo dado a estrutura de defasagem); ρ é o grau de suavização da taxa de juros.

A equação (5) representa a curva IS dinâmica, derivada do equilíbrio no mercado de bens, considerando a maximização de utilidade de um agente representativo que vive por infinitos períodos. A equação (6) é a Curva de Philips Novo-Keynesiana (NKPC), derivada da maximização de lucro das firmas sob competição imperfeita. (7) representa a Regra de Taylor.

No lado empírico, Rotemberg e Woodford (1997) oferecem um dos primeiros testes para a abordagem DSGE. A ideia principal do trabalho é derivar um critério, baseado em uma função de perda quadrática em relação aos desvios do produto e da inflação de seus níveis naturais, com o qual seja possível analisar as variações bem-estar agregado da economia. Quando os preços são constantes (taxa de inflação igual a zero), a perda de bem-estar é mínima, o que leva, também, à estabilização do produto. Assim sendo, é possível fornecer uma análise contrafactual em questão de variação do bem-estar, verificando o efeito de choques estruturais de política monetária sobre o produto e a inflação.

Neste modelo, um subgrupo dos parâmetros estruturais do modelo são obtidos minimizando a distância das FIR teórica e empírica, ou seja, entre respostas obtidas do modelo para um choque monetário e as respostas obtidas pela estimação de um VAR irrestrito. Entretanto, como nem todos os parâmetros podem ser identificados pela FIR via um choque monetário, é proposto a calibração do subgrupo restante de parâmetros estruturais. Da mesma forma como era feito na tradição RBC, Rotemberg e Woodford propõem atribuir valores exatos aos parâmetros desse subgrupo, para os quais há mais consenso empírico sobre o valor numérico exato. Os autores também optam por calibrar o parâmetro da taxa de desconto β , pois ele é identificado diretamente dos primeiros momentos dos dados:

The parameter β is calibrated as well, not because it is not identifiable from the impulse responses, but because it is identifiable more directly from first moments of our data, and thus cannot plausibly be treated as a free parameter when trying to fit the second moments. (Rotemberg e Woodford 1997, 321)

Mais adiante, Christiano, Eichenbaum e Evans (1999) analisam profundamente a natureza da interpretação dos choques monetários em modelos macroeconômicos. Como observou-se uma grande proliferação de estratégias de identificação do choque monetário após a introdução da abordagem VAR e, mais recentemente, com o surgimento dos modelos DSGE, os autores

³¹ Dado pela diferença entre o produto efetivo e o natural: $\tilde{y}_t = y_t - y_t^n$

³² Dada por $r_t^n = \sigma E_t (y_{t+1}^n - y_t^n)$

propõem um arcabouço unificado que ajude a escolher entre estratégias alternativas. São expostas algumas das principais estratégias usadas na literatura, sendo a primeira a identificação via hipótese de recursividade, na qual assume-se que as variáveis presentes na regra monetária do banco central não sofrem efeito contemporâneo do choque de política monetária.³³ Como já discutido, a hipótese de recursividade não é única e também depende da ordem causal contemporânea imposta ao modelo, como visto no SVAR de Sims (1986). A segunda é a abordagem de Romer e Romer (1989) utilizando atas históricas do FED americano para identificar momentos nos quais ocorreram choques monetários exógenos.³⁴ A terceira e última é assumir que os choques monetários não afetam a economia no longo prazo.

O arcabouço proposto por Christiano *et al.* (1999) baseia-se em comparar as FIR de uma dada hipótese de identificação com todas as outras FIR dos modelos alternativos em questão. Caso elas sejam inconsistentes com todos os outros modelos, rejeita-se esta hipótese de identificação. Assim, os autores chegam a uma série de fatos estilizados presentes na maioria dos diversos modelos de análise de política monetária. Essa classe de fatos seria, então, útil para discriminar entre as alternativas de identificação em questão.³⁵

Juntando os arcabouços teóricos de Clarida *et al.* (1999) e empírico de Rotemberg e Woodford (1997) e Christiano *et al.* (1999), foi possível construir modelos DSGE mais complexos que possuíam grande apelo junto aos acadêmicos e formuladores de políticas monetárias por possibilitar uma análise contrafactual.³⁶ Buscando explicar os fatos estilizados de seu trabalho anterior e aplicar esse novo arcabouço, Christiano, Eichenbaum e Evans (2005) formularam uma expansão do modelo básico DSGE que existia até então, adicionando mais distorções como formação de hábito nas preferências por consumo, custos de ajustamento nos investimentos e utilização do capital variável.³⁷ A abordagem empírica utilizada novamente é obter os valores de um subgrupo de parâmetros estruturais minimizando a distância entre a FIR teórica e a obtida de um SVAR identificado via hipótese recursiva, com o outro subgrupo de parâmetros sendo calibrado.

O avanço seguinte na literatura seria feito por Smets e Wouters (2003), com um modelo

³³ Esta é a hipótese usada, inclusive, por Rotemberg e Woodford (1997).

³⁴ Abordagem conhecida como método da narrativa.

³⁵ "How should we select between competing identifying assumptions? We suggest one selection scheme: eliminate a policy shock measure if it implies a set of impulse response functions that is inconsistent with every element in the set of monetary models that we wish to discriminate between. This is equivalent to announcing that if none of the models that we are interested in can account for the qualitative features of a set of impulse response functions, we reject the corresponding identifying assumptions, not the entire set of models." (Christiano, Eichenbaum e Evans 1999, 70)

³⁶ Era notável que o modelo DSGE mais básico falhava em explicar alguns fatos estilizados: "As it stands, the baseline model does not deliver: (a) it fails to exhibit the hump-shaped pattern displayed in the data, (b) it predicts that inflation and output peak at the same time as the shock, and (c) it lacks persistence." (De Vroey 2016, 323)

³⁷ De Vroey (2016) chama a atenção para como esse aumento de complexidade representa um afastamento em relação a visão de parcimônia nos modelos econômicas vinda de Lucas: "The drawback, however, is that the number of distortions increases significantly from the baseline model, making the model more complex and thereby drifting away from the parsimony requirement that Lucas and Prescott had favored." (De Vroey 2016, 324)

para analisar a Zona do Euro, apresentando duas novas contribuições. A primeira é a inclusão de diversos choques estruturais além do monetário — o único utilizado por Christiano *et al.* (2005) —, como choques de tecnologia, preferência e *markup*:³⁸

We introduce a full set of structural shocks to the various structural equations. Next to five shocks arising from technology and preferences (a productivity shock, a labor supply shock, a shock to the household's discount factor, a shock to the investment adjustment cost function, and a government consumption shock), we add three “cost-push” shocks (modelled as shocks to the markup in the goods and labor markets and a shock to the required risk premium on capital) and two monetary policy shocks. (Smets e Wouters 2003, 1124)

A segunda trata-se de uma nova abordagem empírica, baseada em métodos Bayesianos, que consiste em minimizar a distribuição *a posteriori* dos parâmetros estruturais a partir da representação de espaço de estado linearizada do modelo.³⁹ Com isso, compara-se a performance das previsões do modelo com as de um BVAR e utiliza-se o modelo estimado para analisar as origens dos ciclos econômicos na Zona do Euro.

A metodologia empírica adotada por Smets e Wouters tem sua fundamentação em Ingram e Whiteman (1994) e DeJong, Ingram e Whiteman (2000). Estes trabalhos tinham o objetivo de oferecer uma base empírica mais robustas para os modelos RBC utilizados até então através de métodos Bayesianos. A ideia era usar o modelo teórico estrutural para conseguir informações para as distribuições *a priori* dos parâmetros. Para isso, é preciso combinar a distribuição *a priori* com a função de verossimilhança para obter as distribuições *a posteriori*. Entretanto, como a forma da função de verossimilhança é normalmente desconhecida, utiliza-se o Filtro de Kalman para obtê-la e, assim, prosseguir com a computação da análise *a posteriori*. Este método é colocado em clara oposição à calibração praticada nos modelos RBC — pois esta não possuiria fundamentos estatísticos rigorosos —, estando assim mais próximo ao BVAR pelo uso abordagem Bayesianiana, com a diferença de agora utilizar o modelo teórico para o cômputo das distribuições, não sendo tão puramente estatístico como os modelos com a *priori* de Litterman.

Del Negro e Schorfheide (2004) transpõem o trabalho Ingram e Whiteman (1994) para o arcabouço DSGE. Dessa forma, utilizam as distribuições *a priori* vindas dos parâmetros do próprio modelo para identificar os parâmetros do VAR em forma reduzida. Após computar os resultados das distribuições posteriores, é possível comparar as previsões com as de um VAR irrestrito e de um BVAR. A abordagem descrita por Del Negro e Schorfheide é denominada DSGE-VAR e, assim como utilizada por Smets e Wouters, serve para reconciliar a estratégia empírica Bayesianiana com a interpretação de um modelo estrutural e a abordagem VAR.

³⁸ Apesar de ter sido publicado em 2005, o trabalho de Christiano *et al.* já circulava na comunidade acadêmica desde 1999 e foi usado como referência por Smets e Wouters.

³⁹ Para uma discussão da incorporação recente dos métodos Bayesianos na macroeconometria, ver Fernández-Villaverde (2010).

Vale notar ainda que a calibração como metodologia empírica não é rejeitada completamente. Apesar de estarem em desacordo com as práticas comuns nos modelos RBC, DeJong, Ingram e Whiteman (1996) propõem também uma abordagem Bayesiana para a calibração. Como a prática empírica padrão no caso RBC ainda não ajustava completamente o modelo a todas as dimensões dos dados observados, sendo validada apenas em alguns momentos específicos, decidiu-se modelar os parâmetros dentro de uma distribuição *a priori* na qual haja a possibilidade de alguma incerteza sobre o valor real do parâmetro, em vez de impor com exatidão um valor ao mesmo.

Dessa forma, observa-se que nos modelos DSGE atuais normalmente é utilizada a calibração, mas não da forma comumente associada aos modelos RBC. A calibração é agora entendida como a escolha das distribuições *a priori* dos parâmetros⁴⁰ que serão combinadas com a função de máxima verossimilhança para se obter a distribuição *a posteriori*. Entretanto, Smets e Wouters (2003) acabam por calibrar no sentido antigo alguns dos parâmetros, fixando a eles valores exatos, argumentando que se trata de uma distribuição *a priori* “muito estrita”.⁴¹

Em Del Negro e Schorfheide (2008), os autores fornecem um método mais robusto para a escolha das distribuições *a priori* entre diferentes classes de parâmetros. A escolha dessas distribuições deve ser feita de forma clara, pois, como é apresentado no trabalho, existe a presença de equivalência observacional em relação as diferentes formas de modelar as rigidezes nominais nos modelos DSGE.

A popularização dos modelos DSGE após as publicações de Christiano *et al.* (2005) e Smets e Wouters (2003; 2007), mostrando a capacidade do modelo de se adequar aos dados ao mesmo tempo que provém previsões tão boas quanto as de um BVAR, atraiu a atenção dos bancos centrais para esse tipo de modelagem. Começaram, então, a orientar esforços para a construção de modelos DSGE específicos para a economia de cada país.⁴² Como colocam Del Negro e Schorfheide (2006):

Dynamic stochastic general equilibrium (DSGE) models are becoming increasingly popular in central banking circles. The number of central bank–sponsored conferences on DSGE modeling and the amount of staff resources devoted to DSGE model development and estimation have risen dramatically over the past five years. This trend has affected monetary policy authorities around the globe, including the Federal Reserve System, the Bank of Canada, the European Central Bank, the Sveriges Riksbank, and the Reserve Bank of New Zealand. While few central banks are currently using DSGE models to generate forecasts and policy scenarios that

⁴⁰ Vale notar que essas distribuições ainda eram escolhidas com base em outros estudos específicos, da mesma forma como era feito na calibração clássica para escolher os valores dos parâmetros.

⁴¹ "A number of parameters were kept fixed from the start of the exercise. This can be viewed as a very strict prior. Most of these parameters can be directly related to the steady-state values of the state variables and could therefore be estimated from the means of the observable variables (or linear combinations of them)." (Smets e Wouters 2003, 1140)

⁴² Para uma discussão dos diversos modelos DSGE desenvolvidos pelos bancos centrais, ver Sergi (2017).

provide the basis for interest rate decisions, many are contemplating doing so in the near future. (Del Negro e Schorfheide 2006, 21)

Entretanto, é discutível o alcance que os modelos DSGE realmente teriam na prática da política monetária.⁴³

Dynamic stochastic general equilibrium (DSGE) models are popular nowadays in macroeconomics. They are taught in virtually every economics Ph.D. program, and represent a predominant share of publications in the field. Yet, when it comes to policy making, these models are scarcely used—at least from a quantitative point of view. The main quantitative workhorse for policy making at the Federal Reserve System is FRB-US, a macroeconometric model built in the Cowles foundation tradition [. . .] (Del Negro e Schorfheide 2004, 643)

Assim, nota-se que o surgimento dos modelos DSGE significou uma volta ao desejo de se estimar os parâmetros estruturais de uma economia da, mesma forma como era feito na época da *Cowles Commission*, como apontam Duarte e Hoover (2012). A união dos arcaísmos novo-keynesiano, novo-clássico, RBC e VAR resultou num tipo de abordagem que se tornou consensual entre os macroeconomistas *mainstream* e que possibilitou diversos outros avanços, como o desenvolvimento da estimação por métodos Bayesianos, dentro dela. Entretanto, mesmo diferindo muito tanto, no aspecto teórico como no empírico, os modelos DSGE ainda são tão suscetíveis à críticas sobre sua identificação como seus antepassados da *Cowles Commission*.

5.3 O Problema da Identificação nos Modelos DSGE

Beyer e Farmer (2004) foram um dos primeiros a questionar a identificação dos modelos DSGE. No cenário básico do modelo novo-keynesiano de três equações, os autores mostram como em cada equação do modelo há problemas de identificação. Na regra monetária, quando se permite que os valores passados e expectativas dos valores futuros entrem na função de reação, os parâmetros da equação não são identificados e não é possível distinguir entre modelos alternativos. Na especificação da NKPC do modelo canônico, assumem-se elementos para lidar tanto com valores futuros como passados e, dessa forma, a equação também não é identificada sem fazer o uso de restrições de exclusão arbitrárias sobre os parâmetros.⁴⁴

Mais adiante, Canova e Sala (2009) fazem uma das críticas mais cruciais à identificação dos parâmetros nos modelos DSGE, considerando os modelos mais avançados. Até o momento, a

⁴³ Mankiw (2006) considera que a macroeconomia acadêmica estudada na fronteira do pensamento tem pouca penetração nas práticas de política econômica: "The real world of macroeconomic policy making can be disheartening for those of us who have spent most of our careers in academia. The sad truth is that the macroeconomic research of the past three decades has had only minor impact on the practical analysis of monetary or fiscal policy." (Mankiw 2006, 19)

⁴⁴ Ver Cochrane (2007) para um tratamento específico da identificação da regra monetária dos primeiros modelos DSGE. Para uma análise da NKPC, ver Mavroeidis (2003).

questão era tratada de forma secundária pelos macroeconomistas que desenvolviam o arcabouço DSGE. Como o modelo agora era muito mais complexo, o mapeamento entre os parâmetros e a função objetivo é não-linear e, na maioria das vezes, feito apenas por métodos numéricos, complicando a checagem das condições de identificação.⁴⁵

Os autores mostram como a prática usual, misturando estimação com calibração, gera problemas de identificação quando a validade dos valores usados para calibração não é amplamente checada:

Since an improper setting of partially identified parameters may lead to uninterpretable estimates of parameters originally free of identification problems, care should be exercised in interpreting estimates obtained with mixed calibration–estimation approaches and robustness checks extensively performed to verify the robustness of substantive economic conclusions to variations in the calibrated parameters. (Canova e Sala 2009, 435)

Os métodos Bayesianos posteriormente aplicados por Smets e Wouters (2003; 2007) também sofrem dos problemas de identificação fraca e parcial e equivalência observacional. Como os parâmetros são apenas identificados conjuntamente, mesmo se as densidades das distribuições *a priori* deles tiverem formatos diferentes, há uma grande chance dos parâmetros não serem identificados individualmente. O cenário piora ainda mais quando considera-se que esses modelos são construídos principalmente para oferecer conselhos de política econômica e para fazer previsões. A existência de equivalência observacional nesses casos joga dúvidas sobre a verdadeira capacidade estrutural de interpretar a economia dos modelos DSGE.

Parte da crítica de Canova e Sala (2009) serve para, novamente, chamar a atenção dos macroeconomistas para o problema da identificação. A questão sempre esteve presente nas diversas críticas que moldaram o pensamento macroeconômico desde a década de 1950, mas parece ter sido deixada de lado na nova modelagem:

Since then models have dramatically evolved; microfoundations have been added; and general equilibrium features taken into account. Still, it appears that a large class of popular DSGE structures are only very weakly identified; observational equivalence is widespread; and reasonable estimates are obtained not because the model and the data are informative but because auxiliary restrictions make the likelihood of the data (or a portion of it) informative. In these situations, structural parameter estimation amounts to sophisticated calibration and this makes model evaluation and economic inference hard. Since DSGE models have never being

⁴⁵ Sabe-se que a checagem das condições de identificação nos modelos DSGE não é tão simples quanto as condições de ordem e posto dos modelos de equações simultâneas. Komunjer e Ng (2011) fornecem um estudo formal para analisar as condições no contexto DSGE, chegando à condições de posto e ordem que podem ser usadas para analisar a identificação local nesses modelos. Iskrev (2010) também apresenta outro método para verificar a identificação dos modelos DSGE numericamente que é inclusive usado por alguns *softwares* estatístico. Ver StataCorp (2017). Para um tratamento da identificação global, ver Naghi (2016).

built with an eye to the identification of their parameters, finding that they are subject to information deficiencies is far from surprising. Perpetuating such a practice, however, can only lead to sterile outcomes. (Canova e Sala 2009, 448)

Assim como na literatura VAR, deve-se, também, considerar a identificação dos choques estruturais como questão central para a análise empírica. Uma das primeiras críticas à questão da identificação nos DSGE foi feita por Chari, Kehoe e McGrattan (2009) que argumentam a favor de modelos que sigam a tradição “neoclássica”, na qual a modelagem deve manter-se simples, com um número de parâmetros pequenos e bem motivados pelas evidências microeconômicas, evitando o que chamam de inclusão de “parâmetros livres”. Modelos desse tipo não deveriam, então, ajustar-se a todos as dimensões dos dados, sendo suficiente que ele explique apenas simples questões propostas, da mesma maneira que era argumentando pelos novo-clássicos e RBC. Do outro lado, estão os modelos novo-keynesianos da tradição DSGE, construídos de modo a ajustarem-se o melhor possível aos dados macroeconômicos. Dessa forma, há a inclusão de diversos parâmetros livres, como os diferentes choques estruturais de Smets e Wouters (2003; 2007), para ajudar neste ajuste.

A crítica de Chari *et al.* segue, então, na direção de questionar a identificação de alguns choques estruturais do modelo de Smets e Wouters (2007): os choques de *markup* (salários e preços), gasto do governo e prêmio de risco. Substituindo esses choques estruturais por choques em forma reduzida, como feito em Chari, Kehoe e McGrattan (2007), não se alteram as implicações do modelo de Smets e Wouters. Como os choques em forma reduzida não podem ser usados para análise de políticas, por não serem estruturais, a equivalência dos dois modelos — um com choques considerados estruturais e o outro com choques na forma reduzida — torna o modelo DSGE de Smets e Wouters duvidosamente estrutural, afetando sua verdadeira capacidade de servir como base para análise contrafactual de políticas econômicas.⁴⁶

Schorfheide (2011) oferece uma análise compreensiva dos principais desafios da literatura empírica para os modelos DSGE.⁴⁷ A identificação é colocada como questão crucial para entender a existência de problemas de especificação nos modelos. Dessa forma, problema de diversas ordens em relação a estimação dos parâmetros, presença de incerteza agregada, ajustamento estatístico e análises de política econômica surgem em consequência da falta de identificação, comprometendo a utilidade do modelo. Schorfheide mostra como, apesar de a abordagem Bayesiana não depender diretamente das condições de identificação, um modelo com identificação parcial sob estimação Bayesiana é sensível à escolha das distribuições *a priori*, necessitando de uma escolha de distribuições cuidadosa, sistemática e bem documentada.⁴⁸

⁴⁶ "In our critique, we will argue that the wage markup shock in the New Keynesian model is essentially the labor wedge in our accounting framework. As such, not surprisingly, it plays an important role in accounting for employment. We argue that the wage markup shock is no more structural than the labor wedge. That result suggests that the New Keynesian model is not useful for policy analysis."(Chari, Kehoe e McGrattan 2009, 246)

⁴⁷ Ver também o *survey* de Paccagnini (2017) para uma extensa apresentação dos problemas de especificação dos modelos DSGE.

⁴⁸ "What matters for inference is the curvature in the likelihood function, as priors do not get updated in directions

Mais recentemente, observou-se uma grande proliferação de trabalhos que lidam com as questões da identificação nos modelos DSGE, inspirados nas contribuições analisadas até agora. Podemos citar entre elas Koop, Pesaran e Smith (2013) que propõem indicadores para checar a identificação dos modelos DSGE sob estimação Bayesiana. Consolo, Favero e Paccagnini (2009), inspirados em Spanos (1990), aplicam os métodos para avaliar a identificação dos modelos de equações simultâneas na metodologia DSGE-VAR, propondo uso de um DSGE-FAVAR para melhorar a especificação do modelo, garantindo um maior desempenho nas previsões. Reicher (2015) mostra como um modelo DSGE pode ser não identificado quando o processo gerador dos choques segue um VAR irrestrito.

De forma mais incisiva, Romer (2016) faz uma crítica à forma como o problema da identificação foi encarado desde a Crítica de Lucas. Romer chama a atenção para como, no modelo de Smets e Wouters (2007), o choque monetário não possui papel central para explicar as variações na inflação e no produto. Romer interpreta a presença de diversos choques estruturais no modelo DSGE mais avançado como “forças imaginárias” que não podem ser medidas, mas que são mudadas para acomodar e flexibilizar o modelo conforme o desejo do pesquisador e constituem um elemento tão irrealístico para a modelagem macroeconômica como a falta do lado monetário para explicar as flutuações no caso RBC.

De acordo com Romer (2016), o tratamento da identificação hoje seria tão negligente como foi no começo da teoria novo-clássica.⁴⁹ Em um modelo com expectativas racionais, o número de parâmetros que necessitam serem identificados com base na teoria dobra em relação a um modelo sem expectativas racionais. Romer argumenta que a identificação nas últimas décadas foi tratada muitas vezes com omissão, escondendo os fatos usados para identificar um modelo. Esse problema foi tomando proporções cada vez maiores conforme os modelos foram ficando mais complexos. A abordagem Bayesiana também serve para suprimir a discussão sobre a identificação quando a distribuição *a priori* para os parâmetros é escolhida de forma a ajustar artificialmente o modelo aos dados:

The prior specified for one parameter can have a decisive influence on the results for others. This means that the econometrician can search for priors on seemingly unimportant parameters to find ones that yield the expected result for the parameters of interest. (Romer 2016, 7)

A discussão sobre a identificação, como posta por Romer, é de fundamental importância para a macroeconometria e reflete um problema maior sobre a sociologia da profissão, em relação tanto a aceitação de uma teoria científica por seus pares como ao questionamento de figuras

in which the likelihood function is at. This leads to a number of practical challenges. First, inference becomes more sensitive to the choice of prior distributions, thereby making a careful, systematic, and well-documented choice of prior distribution important for compelling empirical work. Second, lack of identification may complicate the generation of parameter draws from the posterior distribution."(Schorfheide 2011, 18)

⁴⁹ "I agree with the harsh judgment by Lucas and Sargent (1979) that the large Keynesian macro models of the day relied on identifying assumptions that were not credible. The situation now is worse. Macro models make assumptions that are no more credible and far more opaque."(Romer 2016, 19)

de autoridade no assunto em questão. A procura pela verdade científica pode ser vista na macroeconomia como a procura pela verdadeira estrutura da economia que possa ser explicada por um modelo condizente com os fatos. Entretanto, essa procura é muitas vezes deixada de lado pela comodidade em tratar a modelagem econômica como irreal, insistindo em erros passados e ignorando fatos claros, fechando, assim, a profissão em torno de uma metodologia que não condiz com as práticas científicas. Como Romer conclui:

To me, this reveals a disturbing blind spot. The trouble is not so much that macroeconomists say things that are inconsistent with the facts. The real trouble is that other economists do not care that the macroeconomists do not care about the facts. An indifferent tolerance of obvious error is even more corrosive to science than committed advocacy of error. (Romer 2016, 22)

Dessa forma, é possível ver como a discussão sobre identificação voltou a ser pautada nos últimos anos como parte da discussão que surgiu após a crise de 2008 sobre a validade dos modelos DSGE.⁵⁰ A questão da identificação parece apresentar-se, neste momento mais recente, da mesma forma como foi abordada durante a Crítica de Lucas e na introdução do arcabouço VAR para propor novas alternativas e criticar os modelos já existentes. Apesar da análise sobre os problema de identificação ficar exponencialmente mais complicada conforme os modelos macroeconômicos aumentam em complexidade, o cerne da questão ainda é o mesmo daquele apresentado no início deste trabalho e resulta nas mesmas discussões acerca da validade de um dado modelo e da sua capacidade de oferecer uma interpretação estrutural da economia.

6 Considerações Finais

Procurou-se mostrar como o problema de identificação econométrico — interpretado de maneira mais geral como a capacidade de oferecer interpretação estrutural a um dado modelo teórico — esteve sempre presente na evolução do pensamento macroeconômico. As primeiras caracterizações do problema surgiram simultaneamente à própria criação da econometria como área de estudo econômico pelos trabalhos de Ragnar Frisch e Jan Tinbergen. A questão de recuperar os parâmetros estruturais de um simples modelos de oferta e demanda a partir de sua forma reduzida foi extensamente discutida pelos pioneiros dos estudos econométricos. O ponto fundamental nesse tipo de discussão, por mais matematicamente formalizada que se apresentasse, era o da interpretação estrutural dos modelos que conferia a eles sentido econômico claro.

O primeiro ponto crucial da discussão deu-se na formalização da identificação por Haavelmo e Koopmans em trabalhos feitos na *Cowles Commission*. Havia na época uma confluência de dois fatores: a síntese neoclássica e o desenvolvimento de modelos econométricos com

⁵⁰ Dessa forma, a crítica em relação a identificação dos modelos DSGE é apenas um aspecto da grande gama de críticas que surgiram a este tipo de modelagem após a crise de 2008. Ver De Vroey (2016) para uma análise mais detalhadas de alguns outros aspectos da crítica teórica aos DSGE.

inspirações keynesianas para o estudo dos ciclos econômicos. Percebia-se o esforço de construir modelos macroeconômicos com base na teoria keynesiana que fossem aptos a auxiliar a tomada de decisão sobre políticas econômicas. Rapidamente, então, diversos modelos foram sendo desenvolvidos com essa finalidade, sob o arcabouço econométrico de equações simultâneas e utilizando as hipóteses de identificação comuns a ele. Um dos modelos mais famosos, e também pioneiro, foi desenvolvido por Lawrence Klein para a economia americana dentro da *Cowles Commission*, e acabou tornando-se o paradigma para se analisar este momento do pensamento macroeconômico.

Entretanto, este tipo de modelo macroeconômico apresentava hipóteses de identificação questionáveis que não eram sempre discutidas de forma rigorosa. Como a forma mais comum até então de se obter a identificação dos modelos era via restrições de exclusão de parâmetros (restrições zero), raramente a discussão sobre a validade deste tipo de restrição era discutida a fundo, tornando sua interpretação estrutural duvidosa.

Isso abriu caminho para o surgimento da escola novo-clássica, cuja argumentação, sintetizada na Crítica de Lucas, atacava justamente as hipóteses de identificação dos modelos macroeconômicos keynesianos. Sugerindo que se deixasse de lado o excessivo número de restrições zero aos parâmetros dos modelos e se implementasse a hipótese de expectativas racionais, que implicava tanto em uma hipótese considerada mais estrutural para a formação das expectativas dos agentes como em novas restrições do tipo *cross-equation* ao modelo econométrico, os novo-clássicos introduziram um novo paradigma para o estudo dos ciclos econômicos. A noção de estrutura de Lucas estava ligada, então, ao desenvolvimento de modelos de equilíbrio geral que não gerassem “parâmetros livres”, como aqueles presentes de forma excessiva nos modelos de larga escala. Assim, era necessário que um modelo fosse microfundamentado para possuir parâmetros de fato estruturais que refletissem as “preferências e tecnologias” da economia.

Kydland e Prescott, apresentaram uma alternativa ao método empírico até então utilizado, que descendia diretamente da análise de Haavelmo (1994), para analisar os modelos macroeconômicos. A questão da identificação tinha sido usada para criticar os modelos de larga escala, sendo a formalização feita pela *Cowles Commission* ainda consensual entre os economistas como é visto nos próprios trabalhos de Hansen e Sargent para a estimação de modelos com expectativas racionais. Entretanto, nos modelos RBC de Kydland e Prescott, o problema da identificação foi subvertido. O uso da calibração para ajustar o modelo a momentos específicos dos dados pressupõem fortes hipóteses de identificação sobre a estrutura do modelo. Assume-se que a verdadeira estrutura da economia é conhecida (sua fórmula matemática exata) bem como sua verdadeira parametrização. A abordagem probabilística de Haavelmo, bem como a discussão sobre identificação era abandonada neste caso.

Simultaneamente aos desenvolvimentos novo-clássicos e RBC, Sims propôs um novo arcabouço econométrico para lidar com as questões da macroeconomia. Similarmente, Sims criticou as hipóteses de identificação dos modelos keynesianos, chamando-as de “incríveis”, mas, em vez de optar por discutir novos tipos de restrições de identificação sob um mesmo arcabouço,

introduziu a abordagem VAR que buscava analisar os efeitos das variáveis macroeconômicas sob um número mínimo de restrições de identificação, uma vez que o foco da análise eram os choques estruturais e não os parâmetros. Sendo necessário identificar apenas esses choques, o número de restrições necessárias para identificar o modelo era de fato menor que nos modelos de larga escala e também assumia hipóteses mais “fracas” sobre a estrutura da economia. O interesse era agora avaliar como choques estruturais, como um de política monetária, afetariam a evolução do restante das variáveis. Como ficou claro rapidamente, o arcabouço VAR não estava tão livre da discussão sobre identificação como esperava-se. Na derivação proposta por Sims era crucial impôr uma ordem de recursividade às variáveis do modelo. Tal ordenação exigia algum tipo de teoria econômica para ser decidida, que era obtida de forma raramente consensual.

O próximo passo foi desenvolver uma extensão do modelo VAR inicial que deixasse de forma mais clara as restrições teóricas necessárias para se atingir a identificação dos choques estruturais e prosseguir com as análises de impulso-resposta. Novamente, percebeu-se que a identificação via ordenação recursiva, seja ela qual fosse, também não era a única forma de se identificar o modelo, podendo haver restrições de longo prazo, por exemplo. A literatura que se originou dessas discussões sobre as estratégias de identificação foi denominada SVAR e foi extensivamente usada para analisar o efeito de diversos tipos de choques sobre a economia (com foco maior na política monetária). Outros problemas também foram alvo de análise, como a parametrização excessiva presente nos modelos VAR, que deu início aos modelos do tipo BVAR que procuravam resolver as implicações negativas originadas desta questão.

Após o surgimento dos modelos DSGE com a síntese das teorias novo-keynesiana, novo-clássica e RBC com a abordagem empírica do modelo VAR, observou-se a formação relativamente rápida de um novo consenso entre os macroeconomistas *mainstream* em torno da modelagem DSGE. Diversos bancos centrais desenvolveram modelos DSGE de média ou larga escala para suas economias locais baseados principalmente nos desenvolvimentos de Christiano, Eichenbaum e Evans e Smets e Wouters. A estimação dos modelos por métodos Bayesianos tornou-se prática comum entre os pesquisadores e não estava mais restrita a modelos de caráter puramente estatístico como o BVAR.

Com o ressurgimento da construção de modelos de “larga escala”, o foco voltou-se a estimação dos parâmetros estruturais, assim como na época da *Cowles Commission*. Da mesma forma, o problema da identificação também voltou a receber mais atenção dos economistas. Apesar de, na maioria dos trabalhos (Smets e Wouters, por exemplo), a questão da identificação não ser sequer citada, diversos economistas, principalmente aqueles que pesquisam a fundo os métodos empíricos utilizados nos modelos DSGE (sejam eles o DSGE-VAR ou abordagem Bayesiana) trouxeram a questão da identificação estrutural dos modelos de volta ao debate, utilizando-a para formular uma das principais críticas aos modelos DSGE — a falta de identificação estrutural em alguns de seus parâmetros e também nos choques — no período pós-crise econômica de 2008.

7 Bibliografia

- Akerlof, George A., e Janet L. Yellen. 1985. "A Near-Rational Model of the Business Cycle, With Wage and Price Inertia." *The Quarterly Journal of Economics* 100 (Supplement 1985): 823–38.
- Altug, Sumru. 1989. "Time-to-Build and Aggregate Fluctuations: Some New Evidence." *International Economic Review* 30 (4): 889–920.
- Barro, Robert J. 1976. "Rational Expectations and the Role of Monetary Policy." *Journal of Monetary Economics* 2 (1): 1–32.
- Bernanke, Ben S., e Alan S. Blinder. 1988. "Credit, Money, and Aggregate Demand." *The American Economic Review* 78 (2): 435–39.
- Bernanke, Ben S., Jean Boivin, e Piotr Elias. 2005. "Measuring the Effects of Monetary Policy: A Factor-Augmented Vector Autoregressive (FAVAR) Approach." *The Quarterly Journal of Economics* 120 (1): 387–422.
- Beyer, Andreas, e Roger E. Farmer. 2004. "On The Indeterminacy of New-Keynesian Economics." *ECB Working Paper Series*.
- Blanchard, Olivier J., e Nobuhiro Kiyotaki. 1987. "Monopolistic Competition and the Effects of Aggregate Demand." *The American Economic Review* 77 (4): 647–66.
- Blanchard, Olivier J., e Roberto Perotti. 2002. "An Empirical Characterization of the Dynamic Effects of Changes in Government Spending and Taxes on Output." *The Quarterly Journal of Economics* 117 (4): 1329–68.
- Blanchard, Olivier J., e Danny Quah. 1989. "The Dynamic Effects of Aggregate Demand and Supply Disturbances." *The American Economic Review* 79 (4): 655–73.
- Box, George, e Gwilym Jenkins. 1970. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. San Francisco: Holden-Day.
- Brayton, Flint, Andrew Levin, Ralph Tryon, e John C. Williams. 1997. "The Evolution of Macro Models at the Federal Reserve Board." *Carnegie-Rochester Conference on Public Policy*, 1–42.
- Calvo, Guillermo. 1983. "Staggered Prices in a Utility Maximizing Framework." *Journal of Monetary Economics* 12 (3): 383–98.
- Canova, Fabio, M. Finn, e Adrian R. Pagan. 1994. "Evaluating a Real Business Cycle Model." *Nonstationary Time Series Analysis and Cointegration*. Oxford University Press.
- Canova, Fabio, e Luca Sala. 2009. "Back to Square One: Identification Issues in DSGE Models." *Journal of Monetary Economics* 56 (4): 431–49.
- Chari, V. V., Patrick J. Kehoe, e Ellen R. McGrattan. 2007. "Business Cycle Accounting." *Econometrica* 75 (3): 781–836.
- Chari, V. V., Patrick J. Kehoe, e Ellen R. McGrattan. 2009. "New Keynesian Models: Not yet Useful for Policy Analysis." *American Economic Journal: Macroeconomics* 1 (1): 242–66.
- Christiano, Lawrence J., Martin Eichenbaum, e Charles L. Evans. 1999. "Monetary Policy

- Shocks: What Have We Learned and to What End?" In *Handbook of Macroeconomics*, 1:65–148. Elsevier Science B.V.
- Christiano, Lawrence J., Martin Eichenbaum, e Charles L. Evans. 2005. "Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy." *Journal of Political Economy* 113 (1): 1–45.
- Clarida, Richard, Jordi Galí, e Mark Gertler. 1999. "The Science of Monetary Policy: A New Keynesian Perspective." *Journal of Economic Literature* 37 (4): 1661–1707.
- Cochrane, John H. 2007. "Identification with Taylor Rules: A Critical Review." *National Bureau of Economic Research Working Paper Series*.
- Consolo, Agostino, Carlo A. Favero, e Alessia Paccagnini. 2009. "On the Statistical Identification of DSGE Models." *Journal of Econometrics* 150 (1): 99–115.
- Cooley, Thomas F., e Stephen F. Leroy. 1985. "Atheoretical Macroeconometrics: A Critique." *Journal of Monetary Economics* 16 (3): 283–308.
- DeJong, David N., Beth F. Ingram, e Charles H. Whiteman. 1996. "A Bayesian Approach to Calibration." *Journal of Business and Economic Statistics* 14 (1): 1–9.
- DeJong, David N., Beth F. Ingram, e Charles H. Whiteman. 2000. "A Bayesian Approach to Dynamic Macroeconomics." *Journal of Econometrics* 98 (2): 203–23.
- Del Negro, Marco, e Frank Schorfheide. 2004. "Priors from General Equilibrium Models for VARs." *International Economic Review* 45 (2): 643–73.
- Del Negro, Marco, e Frank Schorfheide. 2006. "How Good Is What You've Got? DGSE-VAR as a Toolkit for Evaluating DSGE Models." *Economic Review, Federal Reserve Bank of Atlanta*, no. Q2: 21–37.
- Del Negro, Marco, e Frank Schorfheide. 2008. "Forming Priors for DSGE Models (and How It Affects the Assessment of Nominal Rigidities)." *Journal of Monetary Economics* 55 (7): 1191–1208.
- Demiralp, Selva, e Kevin D. Hoover. 2003. "Searching for the Causal Structure of a Vector Autoregression." *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 65: 745–67.
- De Vroey, Michel. 2016. *A History of Macroeconomics from Keynes to Lucas and Beyond*. Cambridge University Press.
- Diamond, Peter A. 1982. "Aggregate Demand Management in Search Equilibrium." *Journal of Political Economy* 90 (5): 881–94.
- Dixit, Avinash K., e Joseph E. Stiglitz. 1977. "Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity." *The American Economic Review* 67 (3): 297–308.
- Doan, Thomas, Robert B. Litterman, e Christopher A. Sims. 1986. "Forecasting and Conditional Projection Using Realistic Prior Distributions." *Federal Reserve Bank of Minneapolis Research Department Staff Report* 93.
- Duarte, Pedro G. 2012. "Not Going Away? Microfoundations in the Making of a New Consensus in Macroeconomics." *Department of Economics, FEA/USP*.
- Duarte, Pedro G. 2015. "From Real Business Cycle and New Keynesian to DSGE Macroeconomics."

- nomics: Facts and Models in the Emergence of a Consensus.” *Department of Economics, FEA/USP Working Paper Series*, 1–37.
- Duarte, Pedro G., e Kevin D. Hoover. 2012. “Observing Shocks.” *History of Political Economy* 44 (Supplement 1): 226–49.
- Fernández-Villaverde, Jesús. 2010. “The Econometrics of DSGE Models.” *SERIEs I* (1–2): 3–49.
- Fischer, Stanley. 1977. “Long-Term Contracts, Rational Expectations, and the Optimal Money Supply Rule.” *Journal of Political Economy* 85 (1): 191–205.
- Fisher, Franklin M. 1966. *The Identification Problem in Econometrics*. New York: McGraw-Hill.
- Frisch, Ragnar. 1933. “Pitfalls in the Statistical Construction of Demand and Supply Curves.” *Veröffentlichungen Der Frankfurter Gesellschaft Fur Konjunkturforschung*.
- Galí, Jordi. 1992. “How Well Does the IS-LM Model Fit Postwar U.S. Data?” *The Quarterly Journal of Economics* 107 (2): 709–38.
- Goodfriend, Marvin, e Robert G. King. 1997. “The New Neoclassical Synthesis and the Role of Monetary Policy.” *NBER Macroeconomics Annual*. Vol. 12. MIT Press.
- Granger, C. W. J. 1969. “Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods.” *Econometrica* 37 (3): 424.
- Griliches, Zvi. 1968. “The Brookings Model Volume: A Review Article.” *The Review of Economics and Statistics* 50 (2): 215–34.
- Haavelmo, Trygve. 1944. “The Probability Approach in Econometrics.” *Supplement to Econometrica* 12.
- Hansen, Lars P., e Thomas J. Sargent. 1980. “Formulating and Estimating Dynamic Linear Rational Expectations Models.” *Journal of Economic Dynamics and Control* 2 (1): 7–46.
- Harvey, Andrew C., e A. Jaeger. 1993. “Detrending, Stylized Facts and the Business Cycle.” *Journal of Applied Econometrics* 8 (3): 231–247.
- Heckman, James J., e Lars P. Hansen. 1996. “The Empirical Foundations of Calibration.” *Journal of Economic Perspectives* 10 (1): 87–104.
- Hodrick, Robert J., e Edward C. Prescott. 1997. “Postwar U.S. Business Cycles : An Empirical Investigation.” *Journal of Money, Credit and Banking* 29 (1): 1–16.
- Hoover, Kevin D. 1995. “Facts and Artifacts: Calibration and the Empirical Assessment of Real-Business-Cycle Models.” *Oxford Economic Papers* 47 (1): 24–44.
- Hoover, Kevin D. 2012. “Economic Theory and Causal Inference.” In *Philosophy of Economics*, 89–113. Elsevier B.V.
- Ingram, Beth F., e Charles H. Whiteman. 1994. “Supplanting the ‘Minnesota’ Prior: Forecasting Macroeconomic Time Series Using Real Business Cycle Model Priors.” *Journal of Monetary Economics* 34 (3): 497–510.
- Iskrev, Nikolay. 2010. “Local Identification in DSGE Models.” *Journal of Monetary Economics* 57 (2): 189–202.

- Klein, Lawrence R. 1950. "Economic Fluctuations in the United States 1921-1941." In *Cowles Commission Monograph No. 11*. New York: Wiley.
- Klein, Lawrence R., e A. Goldberger. 1955. *An Econometric Model of the United States, 1929-1952*. Amsterdam: North-Holland.
- Komunjer, Ivana, e Serena Ng. 2011. "Dynamic Identification of Dynamic Stochastic General Equilibrium Models." *Econometrica* 79 (6): 1995-2032.
- Koop, Gary, Hashem M. Pesaran, e Ron P. Smith. 2013. "On Identification of Bayesian DSGE Models." *Journal of Business and Economic Statistics* 31 (3): 300-314.
- Koopmans, Tjalling C. 1949. "Identification Problems in Economic Model Construction." *Econometrica* 17 (2): 125-44.
- Koopmans, Tjalling C., e O. Reiersøl. 1950. "The Identification of Structural Characteristics." *The Annals of Mathematical Statistics* 21 (2): 165-81.
- Koopmans, Tjalling C., H. Rubin, e R. B. Leipnik. 1950. "Measuring the Equation Systems of Dynamic Economics." In *Cowles Commission Monograph No. 10*, 53-237.
- Kydland, Finn E., e Edward C. Prescott. 1982. "Time to Build and Aggregate Fluctuations." *Econometrica* 50 (6): 1345-70.
- Kydland, Finn E., e Edward C. Prescott. 1990. "Business Cycles: Real Facts and a Monetary Myth." *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review* 14 (2): 3-18.
- Kydland, Finn E., e Edward C. Prescott. 1991. "The Econometrics of The General Equilibrium Approach to Business Cycles." *The Scandinavian Journal of Economics* 93 (2): 161-78.
- Kydland, Finn E., e Edward C. Prescott. 1996. "The Computational Experiment: An Econometric Tool." *Journal of Economic Perspectives*. 10(1): 69-86.
- Leamer, Edward E. 1985. "Vector Autoregressions for Causal Inference?" *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* 22: 255-304.
- Litterman, Robert B. 1979. "Techniques of Forecasting Using Vector Autoregressions." *Manuscript*
- Litterman, Robert B. 1986. "Forecasting With Bayesian Vector Autoregressions—Five Years of Experience." *Journal of Business and Economic Statistics* 4 (1): 25-38.
- Lucas, Robert E. 1972. "Expectations and the Neutrality of Money." *Journal of Economic Theory* 4 (2): 103-24.
- Lucas, Robert E. 1975. "An Equilibrium Model of the Business Cycle." *Journal of Political Economy* 83 (6): 1113-44.
- Lucas, Robert E. 1976. "Econometric Policy Evaluations: A Critique." *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* 1: 257-84.
- Lucas, Robert E. 1977. "Understanding Business Cycles." *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, Elsevier 5 (1): 7-29.
- Lucas, Robert E. 1980. "Methods and Problems in Business Cycle Theory." *Journal of Money, Credit and Banking* 12 (4): 696-715.
- Lucas, Robert E., e Thomas J. Sargent. 1979. "After Keynesian Macroeconomics." In *After The*

- Phillips Curve: Persistence of High Inflation and High Unemployment*. Federal Reserve Board of Boston.
- Mankiw, N. Gregory. 1985. "Small Menu Costs and Large Business Cycles: A Macroeconomic Model of Monopoly." *The Quarterly Journal of Economics* 100 (2): 529.
- Mankiw, N. Gregory. 1986. "The Allocation of Credit and Financial Collapse." *Quarterly Journal of Economics* 101 (3): 455–70.
- Mankiw, N. Gregory. 2006. "The Macroeconomist as Scientist and Engineer." *Journal of Economic Perspectives* 20 (4): 29–46.
- Mankiw, N. Gregory, e David Romer. 1991. "Introduction." In *New Keynesian Economics*, vol. 1, 1–26. MA, Cambridge MIT Press.
- Mavroudis, Sophocles. 2003. "Identification and Mis-Specification Issues in Forward-Looking Models." *UvA Econometrics Discussion Paper*.
- Morgan, Mary S. 1990. *The History of Econometric Ideas*. Cambridge University Press.
- Muth, John F. 1961. "Rational Expectations and the Theory of Price Movements." *Econometrica* 29 (3): 315–35.
- Naghi, Andrea A. 2016. "Global Identification Failure in DSGE Models and Its Impact on Forecasting." *Manuscript*
- Okun, Arthur M. 1975. "Inflation: Its Mechanics and Welfare Costs." *Brookings Papers on Economic Activity*, no. 2: 351–402.
- Paccagnini, Alessia. 2017. "Dealing with Misspecification in DSGE Models: A Survey." *Munich Personal RePEc Archive*.
- Parkin, Michael. 1986. "The Output-Inflation Trade-off When Prices Are Costly to Change." *Journal of Political Economy* 94 (1): 200–224.
- Pesaran, M.H. 1981. "Identification of Rational Expectations Models." *Journal of Econometrics* 16: 375–98.
- Phelps, Edmund S., e John B. Taylor. 1977. "Stabilizing Powers of Monetary Policy under Rational Expectations." *Journal of Political Economy* 85 (1): 163–90.
- Qin, Duo. 1989. "Formalization of Identification Theory." *Oxford Economic Papers* 41 (1): 73–93.
- Qin, Duo. 2013. *A History of Econometrics: The Reformation from the 1970s*. Oxford University Press.
- Reicher, Claire. 2016. "A Note on the Identification of Dynamic Economic Models with Generalized Shock Processes." *Manuscript*
- Romer, Christina, e David Romer. 1989. "Does Monetary Policy Matter? A New Test in the Spirit of Friedman and Schwartz." In *NBER Macroeconomic Annual*, 121–70. MIT Press.
- Romer, Paul. 2016. "The Trouble With Macroeconomics." *Mimeo*.
- Rotemberg, Julio, e Michael Woodford. 1997. "Econometric An Optimization-Based the Evaluation Framework of for Monetary Policy." *NBER Macroeconomics Annual* 12 (1997): 297–346.

- Rothenberg, Thomas J. 1971. "Identification in Parametric Models." *Econometrica* 39 (3): 577–91.
- Sargent, Thomas J. 1976. "A Classical Macroeconometric Model for the United States." *Journal of Political Economy* 84 (2): 207–38.
- Sargent, Thomas J. 1976. "The Observational Equivalence of Natural and Unnatural Rate Theories of Macroeconomics." *Journal of Political Economy* 84 (3): 631–40.
- Sargent, Thomas J., e Christopher A. Sims. 1977. "Business Cycle Modeling Without Pretending to Have Too Much A Priori Economic Theory." *Federal Reserve Bank of Minneapolis Working Paper*. 1977.
- Sargent, Thomas J., e Neil Wallace. 1974. "Rational Expectations and the Theory of Economic Policy." *Manuscript*
- Sargent, Thomas J., e Neil Wallace. 1981. "Some Unpleasant Monetarist Arithmetic." *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review*. Vol. 5.
- Schorfheide, Frank. 2011. "Estimation and Evaluation of DSGE Models: Progress and Challenges." *NBER Working Paper Series*.
- Sergi, Francesco. 2017. "The Standard Narrative on History of Macroeconomics: Central Banks and DSGE Models." *In Annual Meeting of the History of Economics Society*.
- Sims, Christopher A. 1972. "Money, Income, and Causality." *The American Economic Review* 62 (4): 540–52.
- Sims, Christopher A. 1977. "Exogeneity and Causal Orderings in Macroeconomic Models." *New Methods in Business Cycle Research: Proceedings from a Conference, Federal Reserve Bank of Minneapolis*, no. 76: 22–43.
- Sims, Christopher A. 1980. "Macroeconomics and Reality." *Econometrica* 48 (1): 49.
- Sims, Christopher A. 1986. "Are Forecasting Models Usable for Policy Analysis?" *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review* 10 (1): 2–16.
- Sims, Christopher A. 1992. "Interpreting the Macroeconomic Time Series Facts: The Effects of Monetary Policy." *European Economic Review* 36 (5): 975–1011.
- Sims, Christopher A. 1993. "A Nine-Variable Probabilistic Macroeconomic Forecasting Model." *In Business Cycles, Indicators and Forecasting*. University of Chicago Press.
- Smets, Frank, e Rafael Wouters. 2003. "An Estimated Stochastic Dynamic General Equilibrium Model Of The Euro Area." *Journal of the European Economic Association* 1 (5): 1123–75.
- Smets, Frank, e Rafael Wouters. 2007. "Shocks and Frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach." *The American Economic Review* 97 (3): 586–606.
- Spanos, Aris. 1990. "The Simultaneous-Equations Model Revisited: Statistical Adequacy and Identification." *Journal of Econometrics* 44 (1–2): 87–105.
- StataCorp. 2017. *Stata Linearized Dynamic Stochastic General Equilibrium Reference Manual: Release 15*. Stata Press. <https://www.stata.com/manuals/dsge.pdf>.
- Stiglitz, Joseph E. 1984. "Price Rigidities and Market Structure." *The American Economic Review* 74 (2): 350–55.

- Taylor, John B. 1993. "Discretion versus Policy Rules in Practice." *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* 39 (C): 195–214.
- Tinbergen, Jan. 1939. *Statistical Testing of Business-Cycle Theory*. Geneva: League of Nations.
- Wallis, Kenneth F. 1980. "Econometric Implications of the Rational Expectations Hypothesis." *Econometrica* 48 (1): 49–73.
- Yellen, Janet L. 1984. "Wage Models of Unemployment." *The American Economic Review* 74 (2): 200–205.