



Munich Personal RePEc Archive

# **The theoretical structure of inter regional model for the Brazilian economy - MIBRA**

Guilhoto, Joaquim José Martins and Hasegawa, Marcos and Lopes, Ricardo Luis

Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade Estadual de Maringá

2002

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/54019/>  
MPRA Paper No. 54019, posted 05 Mar 2014 16:20 UTC

## A estrutura teórica do Modelo Inter-regional para a Economia Brasileira - MIBRA

*Joaquim José Martins Guilhoto<sup>1</sup>*  
*Marcos Minoru Hasegawa<sup>2</sup>*  
*Ricardo Luis Lopes<sup>3</sup>*

**Resumo:** Os modelos de equilíbrio geral ganharam importância na década de 70 por apontar tendências, até então, não experimentadas pela economia. Um dos exemplos foi a primeira crise do petróleo que os modelos econométricos não conseguiram prever com base nas séries temporais. Os modelos de equilíbrio geral, por sua vez, conseguiram mostrar essa tendência por terem toda a estrutura da economia modelada, o que permitiu realizar análises de situações não enfrentadas anteriormente. Apesar de atualmente existirem várias linhas de trabalho sobre a modelagem de equilíbrio geral, destacam-se os modelos que trabalham com as equações linearizadas e resultados em taxa de crescimento, denominados modelos de equilíbrio geral da classe JOHANSEN/ORANI, e os que tratam as equações na forma não-linear e resultados em nível como os de Scarf, de Adelman & Robinson, de Dervis, Melo & Robinson. Partindo do modelo ORANI, os seus autores desenvolveram o modelo de equilíbrio geral MONASH em nível nacional, ambos voltados para a economia australiana. A partir deste modelo foi criado o MONASH-MRF em nível regional, também para Austrália, com a finalidade de realizar análise estática comparativa e obter previsões econômicas. Baseando-se no modelo MONASH-MRF, foi desenvolvido o modelo inter-regional para a Economia Brasileira – MIBRA, com dezesseis setores e cinco macrorregiões, utilizando a matriz insumo-produto de 1995. O MIBRA apresenta cinco módulos: 1) o núcleo, com as equações referentes à estrutura produtiva da economia; 2) finanças do governo, que reúnem as equações sobre as finanças públicas em níveis federal e regional; 3) investimento e acumulação de capital, que trata sobre a alocação dos investimentos entre os setores e regiões; 4) acumulação da dívida externa; e 5) população e migração, cujas equações tratam o crescimento populacional e a migração regional. A estrutura teórica do modelo MIBRA é apresentada neste trabalho.

**Palavras-chave:** Modelos Aplicados de Equilíbrio Geral, economia regional, Brasil.

### 1.Introdução

A obtenção de previsões de variáveis econômicas é importante tanto para o setor privado como para o setor público da economia de qualquer país. É com base nas previsões que as empresas podem realizar o planejamento das suas atividades durante o ano fiscal e no período maior que um ano fiscal para posicionarem-se no mercado, realizarem ou não novos investimentos. É com base nas previsões que o setor público pode planejar os seus investimentos, orientar as suas políticas para os diferentes setores da economia e para os diferentes grupos da população.

---

<sup>1</sup> Professor Associado do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP e professor pesquisador adjunto do Regional Economics Applications Laboratory – REAL at University of Illinois at Urbana-Champaign.

<sup>2</sup> Aluno do Doutorado em Economia Aplicada na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP.

<sup>3</sup> Aluno do Doutorado em Economia Aplicada na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP e professor da Universidade Estadual de Maringá – UEM.

De uma forma geral, as previsões de variáveis econômicas têm sido obtidas através dos modelos econométricos e dos modelos de séries temporais. Apesar do bom desempenho destes modelos na realização de previsões, estes modelos simplificam a realidade e por isso muitos detalhes são perdidos. Além disso, qualquer mudança em termos de preços relativos, como, por exemplo, o aumento dos custos com energia devido à crise do petróleo ocorrida na década de setenta pode ser captadas pela função de produção dos diferentes setores (Dixon e Parmenter, 1996). Utilizando-se os modelos aplicados de equilíbrio geral intersetorial e inter-regional, consegue-se obter informações mais detalhadas que podem ser mais interessante tanto para a empresa como para o governo. Para a empresa é interessante, por exemplo, por que é possível fazer previsões sobre o comportamento do seu setor de forma específica nas várias regiões do país. Para o governo é interessante por que permite, por exemplo, verificar previamente como os diferentes setores da economia bem como as variáveis econômicas reagiriam ao longo do tempo a uma determinada política.

Desta forma, os modelos de previsão com base em modelos aplicados de equilíbrio geral (MAEG) têm sido muito atraentes por serem mais ricos em informações e a capacidade computacional não ser mais restritiva para os cálculos destes modelos.

Dentro dos MAEG destaca-se os modelos que seguem a tradição de Johansen ou também denominados MAEG da classe Johansen-Orani. Neste tipo de MAEG as equações são linearizadas e por isso os resultados apresentados na forma de taxas de crescimento.

O modelo inter-regional para a economia brasileira (MIBRA), desenvolvido desde 1999 pelo Departamento de Economia Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”-USP, segue a tradição de Johansen e tem gerado resultados interessantes em termos de análise de estática comparativa (Casimiro Filho et al., 2000). Pois o modelo MONASH-MRF desenvolvido para a economia australiana, no qual é baseado o modelo MIBRA, tem sido utilizado tanto para a análise de estática comparativa como para a obtenção de previsões setoriais regionais (Naqvi e Peter, 1996).

Assim sendo, o objetivo deste trabalho é apresentar a estrutura teórica do Modelo Inter-regional da Economia Brasileira (MIBRA) para a obtenção de previsões para a economia brasileira e análise de políticas econômicas ao longo do tempo.

### **1.1 Modelos Aplicados de Equilíbrio Geral**

Na modelagem econômica existem os modelos específicos e os modelos de uso geral. Os modelos específicos são aqueles construídos para o estudo de um problema econômico particular, para

uma dada situação particular. Os modelos de uso geral são aqueles utilizados na análise e previsão da economia como um todo. Ou seja, são modelos gerais da economia.

Os modelos de uso geral são agrupados em modelos econométricos e modelos aplicados de equilíbrio geral. Os modelos econométricos de uso geral estudam os agregados econômicos, apresentam resultados agregados ou globais da economia, são voltados para simulação e previsão de variáveis econômicas ao longo do tempo, descrevem as principais relações entre os agregados macroeconômicos e diferem dos modelos aplicados de equilíbrio geral (AEG) por considerar o lado monetário do sistema econômico. Ou seja, os modelos econométricos de uso geral tratam a moeda dentro do sistema e por isso a produção é afetada pela moeda. Os modelos AEG consideram o lado real do sistema econômico. Nos modelos AEG a quantidade de moeda na economia não afeta os preços relativos sendo que o índice de preços dos modelos AEG capta somente as mudanças de preços relativos. De acordo com a teoria neoclássica, a moeda tem a função de meio de troca e reserva de valor no sistema econômico. Por isso não afeta a produção. Os modelos AEG apresentam resultados desagregados. Existe um outro grupo de modelos que resulta da integração dos modelos econométricos e dos modelos AEG. Os modelos integrados são interessantes por proporcionarem uma dinâmica aos modelos AEG e permitirem uma análise setorial ao longo do tempo. Se o modelo AEG é inte-regional<sup>4</sup>, ou seja, divide a economia analisada em várias regiões, é possível analisar, não só as relações intersetoriais, mas também as relações inter-regionais e as relações intersetoriais entre diferentes regiões.

## **1.2 Um pouco de história sobre os MAEG e Modelos Econométricos**

A discussão sobre o uso dos modelos econométricos e dos modelos AEG começou na década de setenta. Por isso é interessante resgatar alguns fatos históricos que ocorreram no desenvolvimento da modelagem aplicada em equilíbrio geral e da modelagem econométrica que explicam a situação da pesquisa para cada uma delas atualmente. Este breve histórico é baseado em Dixon e Parmenter (1996).

De acordo com estes autores, o primeiro modelo AEG (ou computável de equilíbrio geral) foi o de Johansen (1974)<sup>5</sup>. A década de sessenta foi um período em que os economistas desenvolveram e refinaram as proposições teóricas sobre a unicidade, o ótimo e a estabilidade das soluções para os modelos de equilíbrio geral. Por isso, houve uma longa pausa na modelagem de equilíbrio geral na

---

<sup>4</sup> Uma discussão mais detalhada sobre os modelos regionais pode ser encontrada em Isard et al. (1998).

<sup>5</sup> Note que o trabalho de Johansen foi publicado inicialmente em 1960 e depois foi revisado e publicado novamente em 1974. Portanto trata-se do mesmo modelo.

década de sessenta depois da contribuição de Johansen, interrompida com o trabalho de Scarf (1967)<sup>6</sup> citado por Dixon e Parmenter (1996) e Scarf (1973).

Scarf desenvolveu um algoritmo com propriedades de convergência finita, ou seja, para uma extensa classe de modelos de Equilíbrio Geral, que garantia uma solução aos modelos especificados numericamente com um número finito de passos ligando a aplicação à teoria dos modelos AEG. Dixon e Parmenter (1996) destacam que o método de solução de Johansen, desenvolvido antes da técnica de Scarf, é simples e eficiente na solução de modelos AEG relativamente grandes.

Apesar da década de sessenta não ter sido um período ativo na modelagem aplicada em equilíbrio geral, foi uma década chave no desenvolvimento dos modelos econométricos da economia com um todo e de grande escala. Em relação aos modelos AEG, os modelos econométricos deram menos importância à teoria econômica e mais atenção aos dados das séries de tempo. Nos modelos AEG, as especificações das funções de oferta e de demanda são completamente consistentes com a teoria do comportamento otimizador dos atores econômicos. Nos modelos econométricos, o papel das teorias de otimização do comportamento dos atores econômicos individuais ficava restrito a sugestão das variáveis para serem testadas nas equações de regressões. Na década de sessenta, a filosofia da abordagem econométrica de deixar os dados falarem por si, pareceu bastante atrativa para os economistas aplicados. Esta razão pode ser parte da explicação da pausa no desenvolvimento da abordagem dos modelos AEG. Na década de setenta dois fatores estimularam o interesse na abordagem AEG, além do trabalho de Scarf.

O primeiro foi a existência de choques importantes para a economia mundial incluindo uma repentina alta dos preços de energia, uma acentuada mudança no sistema monetário internacional e um rápido crescimento das taxas de salário real. Sem uma especificação teórica adequada, os modelos econométricos não poderiam prover simulações úteis dos efeitos de choques tais quais levaram economias para fora das tendências estabelecidas. Os modelos AEG são frequentemente vulneráveis à crítica que as suas especificações comportamentais (isto é, maximização da utilidade e minimização do custo) são impostos sem validação empírica. Entretanto, com estas especificações estabelecidas, os modelos AEG podem oferecer informações novas dentro dos efeitos de choques para os quais não se tem experiência histórica.

Por exemplo, até 1973 não existia experiência com mudanças acentuadas no preço do petróleo. Conseqüentemente equações de regressões baseadas em dados de séries de tempo anteriores a 1973,

---

<sup>6</sup> SCARF, H. E. The approximation of fixed points of a continuous mapping. **SIAM Journal of applied Mathematics**, v.15, n.5, p. 328-343. 1967.

tinham coeficientes associados ao preço do petróleo não significativos ou iguais a zero. Assim os modelos que confiavam pesadamente na análise de séries de tempo indicariam que os movimentos no preço do petróleo não seriam importantes determinantes na atividade econômica. Nos modelos AEG insumos proveniente do petróleo aparecem como variáveis em funções de produção. Por isso através dos cálculos de minimização dos custos, os aumentos nos preços do petróleo atuariam sobre a atividade econômica em simulações dos modelos AEG da mesma forma como os aumentos de preços de outros insumos.

Por isso houve um aumento significativo do interesse na modelagem AEG na década de setenta, após os economistas aplicados terem reconhecido o poder das pressuposições de otimização em traduzir experiência de um modo geral em previsões plausíveis dos efeitos de um choque particular para os quais pode-se não ter experiência.

O segundo fator que tem orientado o crescimento da modelagem AEG nos últimos vinte anos tem sido o aumento da habilidade de manusear detalhes. Os ingredientes chaves, como disponibilidade de microdados, têm melhorado as bases de dados e os programas também têm evoluído significativamente. Como os modeladores AEG aprenderam a manusear mais detalhes, resultados dos modelos AEG tornam-se interessantes tanto para o setor público como para o setor privado que estão preocupados com as questões como: setores de atividades, regiões, emprego, educação e treinamento, distribuição de renda, bem estar social e meio ambiente. Portanto a modelagem AEG é, de acordo com Dixon e Parmenter (1996), um campo estabelecido da economia aplicada.

Entre os modelos do tipo Johansen/Orani destacam-se o próprio modelo ORANI desenvolvido por Dixon et al. (1982), o modelo MONASH em nível nacional por Adams et al. (1994), o modelo MONASH-MRF por Peter et al. (1996a). Entre os outros modelos aplicados de equilíbrio geral, não se pode deixar de citar Dervis, Melo e Robinson (1982) na linha do Banco Mundial, Boadway e Treddenick (1978), Deardoff and Stern (1981), Miller e Spencer (1977) e Whalley (1982). Os dois primeiros citados anteriormente são modelos que consideram um único país e os demais consideram vários países (Shoven e Whalley, 1995).

Estes modelos citados por Shoven e Whalley (1995) serviram como base para o desenvolvimento dos modelos dinâmicos e regionais que são discutidos mais a frente.

### **1.3 Modelos AEG desenvolvidos para a Economia Brasileira**

Para a economia brasileira, foram desenvolvidos vários modelos AEG com diferentes enfoques. Com base em Guilhoto (1995) e levantamento dos trabalhos realizados de 1995 a 2001, os principais modelos AEG para a economia brasileira podem ser divididos em vários grupos: a) modelos de

consistência<sup>7</sup> cujos resultados são apresentados em nível, como os de Rijckeghem (1969), Werneck (1984), Garcia (1988), Moreira (1992) e Moreira e Urani (1994); b) modelos AEG que têm a sua solução dada em taxas de crescimento e o método de solução é linear como os de Guilhoto (1986), Guilhoto (1995), Haddad (1999), Casimiro Filho et al. (2000) e Haddad e Domingues (2001); c) modelos AEG em que o método de solução é não linear e os seus resultados são apresentados em nível: Lysy e Taylor (1980), Adelman e Robinson (1988), Sousa (1985), Sousa (1987a), Sousa e Hidalgo (1988), Najberg et al. (1995), Willunsen e Cruz (1990), Willunsen et al. (1997), Ferreira Filho (1997), Rodrigues et al. (1998), Teixeira (1998); Ferreira Filho (1999); d) modelos híbridos que utilizam o enfoque descrito no item “c” e a análise de atividades com resultados em nível: Sousa (1987b); e) modelos que utilizam o enfoque do valor de transação e os seus resultados são em nível: Kadota e Prado (1985); f) modelos que incorporam elementos monetários na estrutura do modelo AEG e com resultados são em nível: Urani (1993); g) modelos AEG intertemporais com resultados em nível: Mercenier e Sousa (1994); Cavalcante e Mercenier (1999); h) modelos AEG que consideram a economia de escala e o mercado imperfeito e, os seus resultados são em nível: Campos Filho (1998) e; i) modelos AEG que incorporam a mobilidade no mercado de trabalho: Gonzaga et al. (1998).

Alguns trabalhos anteriormente citados são detalhados um pouco mais na seqüência por serem relevantes para a discussão do trabalho.

Guilhoto (1986) construiu um modelo AEG do tipo Johansen (Johansen, 1974) para o uso de planejamento e análise econômica para a economia brasileira. O método de solução foi linear e os seus resultados apresentados na forma de taxa de crescimento. O autor baseou-se no modelo ORANI, um modelo AEG para a economia australiana e o ano da matriz de insumo-produto utilizada foi a do ano de 1975.

Tendo como objeto de estudo o setor agrícola, Guilhoto (1995) desenvolveu um modelo AEG para o planejamento e análise de políticas agrícolas (PAPA) na economia brasileira que apresenta a solução em taxas de crescimento. O modelo PAPA é baseado no modelo ORANI, construído para a economia australiana, e por isso pode ser utilizado para estudar o impacto de políticas agrícolas não só sobre o setor agrícola como também sobre outros setores e sobre a economia como um todo. Da mesma forma, o modelo também permite que se estude o impacto de políticas não agrícolas sobre o setor agrícola.

Note que os modelos AEG de Guilhoto (1986) e Guilhoto (1995) são modelos nacionais que ainda não tem a abordagem multirregional incorporada. Por isso, Haddad (1999) desenvolveu o modelo

---

<sup>7</sup> Em inglês é denominado *requirement analysis*.

aplicado de equilíbrio geral B-MARIA (*Brazilian Multisectoral and Regional/Interregional Analysis Model*) para três regiões, quarenta setores em cada região e calibrado para o ano de 1985. O B-MARIA é um modelo AEG interregional relativamente detalhado e por isso é um dos primeiros modelos AEG inter-regional para o Brasil. É baseado no modelo MONASH-MRF (*Multiregional Multisectoral Model of Australian Economy*) e voltado para previsão e análise de políticas sendo que o seu principal objetivo foi analisar as diferenças regionais e as mudanças estruturais da economia brasileira.

Na mesma linha do modelo MONASH-MRF, Casimiro Filho et al. (2000) apresentaram um modelo AEG inter-regional, MIBRA, construído para os 16 setores mais importantes na economia, assim como para as cinco macro-regiões brasileiras (regiões norte, nordeste, centro-oeste, sudeste e sul) e calibrado para o ano de 1995. Este modelo segue a tradição do modelo MONASH-MRF construído para a economia australiana. O principal objetivo deste trabalho foi desenvolver um instrumento para a avaliação do impacto das políticas econômicas sobre o desenvolvimento regional da economia brasileira.

Mais recentemente, Haddad e Domingues (2001) desenvolveram o modelo EFES (*Economic Forecasting Equilibrium System*) um modelo de equilíbrio geral computável, determinista e em tempo discreto, para o Brasil. O modelo foi utilizado para projetar um cenário consistente de médio prazo para o período 1999-2004, com base na combinação de projeções macroeconômicas derivadas de um modelo satélite de consistência macroeconômica, de projeções de exportações, de mudanças tecnológicas e “*expert advice*”.

Como é possível verificar através da literatura, ainda não existe um modelo AEG dinâmico recursivo e inter-regional de previsão para a economia brasileira. Os modelos AEG regionais, dinâmicos e de previsão, bem como os principais trabalhos empíricos realizados para a aplicação destes modelos são discutidos com mais detalhes na seção seguinte.

A linha dos modelos do tipo Johansen/Orani tem proporcionado inúmeras aplicações incorporando o caráter dinâmico, o detalhamento interssetorial e inter-regional e, a capacidade de geração de previsões para variáveis econômicas. Estes modelos têm como características o uso do método de solução numérica linear através da linearização das equações e apresentar resultados na forma de taxas de crescimento (Dixon et al., 1992 e Peter et al. 1996a).

#### **1.4 Os modelos MAEG do tipo Johansen-Orani**

Nesta seção é apresentada a evolução dos modelos de equilíbrio geral partindo-se do modelo de Johansen até o modelo MIBRA (figura 1). Na década de sessenta foi desenvolvido o modelo de Johansen (1974) que deu origem a linha dos modelos do tipo Johansen/Orani que trabalha com



resultados em taxas de crescimento e o método de solução trabalha com a linearização das equações. Na sequência Dixon et al. (1997) desenvolve o modelo ORANI, um modelo de equilíbrio geral para a economia australiana em nível nacional seguindo a abordagem de Johansen. A partir do modelo ORANI, Adams et al. (1994) desenvolveram o modelo MONASH, um modelo de equilíbrio geral para a economia australiana em nível nacional. Também baseado no modelo ORANI, Guilhoto (1995) desenvolveu o modelo PAPA citado anteriormente.

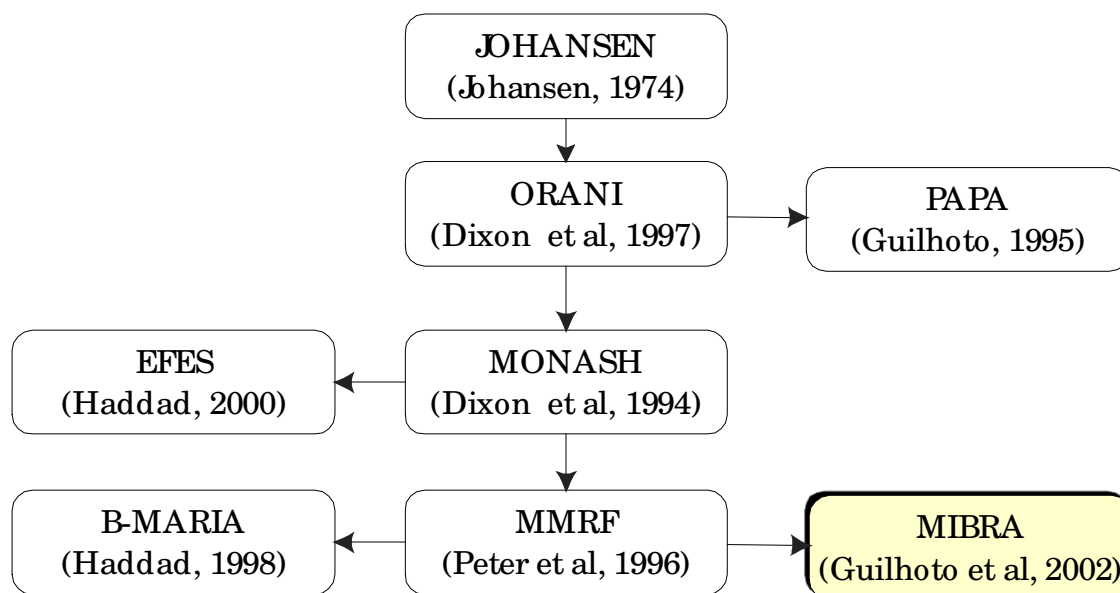


Figura 1 – Evolução dos modelos da classe Johansen-Orani: do modelo de Johansen ao modelo MIBRA.

A partir do modelo ORANI foi desenvolvido o modelo MONASH em nível nacional. Adams et al. (1994) utilizaram o modelo MONASH para obter previsões para a economia australiana para o período de 1990-91 a 1996-97. Isto foi antes de Peter et al. (1996a) ter definido a estrutura teórica do MONASH-MRF, quando os autores ainda não tinham uma adequada especificação do investimento. Por isso em cada cálculo dos resultados anuais através do modelo MONASH o crescimento do investimento agregado era tomado exogenamente a partir de previsões macroeconômicas obtidas da *Syntec Economic Services* e de algumas variáveis estruturais do *Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics* (ABARE), do *Bureau of Tourism Research* (BTR) e do *Industry Commission* (IC). A alocação entre os setores era orientada pelas taxas de retorno esperadas que, por simplificação, os autores consideraram estáticas por pressuposição. Mas o principal ponto fraco levantado pelos autores neste trabalho foi a condição *ad hoc* das conexões entre o modelo AEG, o modelo de previsão macroeconômica e as perspectivas de comércio do ABARE, do BTR e do IC. Tal fato criava dificuldades na realização de análise de sensibilidade sobre as previsões. Ou seja, existia dificuldade

em decidir como as mudanças nas definições de políticas afetariam as variáveis que são tomadas como exógenas nos cálculos do modelo AEG. Os autores sugeriram uma integração das partes na forma de um único sistema.

Peter e Rimmer (1996) geraram previsões de produto e emprego para 112 setores australianos para o período de 1994-95 a 2002-03 utilizando o modelo MONASH com um conjunto de variáveis exógenas derivadas das mesmas fontes utilizadas por Adams et. al. (1994). Peter e Rimmer (1996) destacaram a necessidade de estar revisando as previsões através de correções e re-interpretações de dados. Pois os modelos dependem de um conjunto de dados diversos e freqüentemente inconsistentes. Outro ponto levantado pelos autores é a necessidade de previsões confiáveis e desagregadas a um nível que permita aos formuladores de políticas, investidores e famílias formarem expectativas realistas levando em conta a composição setorial e regional da atividade econômica e a composição ocupacional do emprego. Assim os modelos AEG apresentam duas características que, de acordo com os autores, os tornam potencialmente atrativos como ferramentas geradoras destas previsões: sua transparente e consistente estrutura teórica e sua habilidade de manusear detalhes.

Navqi e Peter (1996) realizaram uma aplicação do modelo MONASH-MRF na análise do impacto do investimento estadual em infraestrutura rodoviária para a cidade de Melbourne. Esta aplicação mostrou a importância das relações inter-regionais através do comércio de produtos, fluxos de fatores e as restrições de recursos na economia como um todo. As restrições de ofertas globais e padrões de demanda específica da região, explicaram a expansão da economia do estado de Victoria a custas das economias de outros estados. Variações no desempenho das economias estadual não vitorianas foram explicadas pela estrutura setorial das economias e padrões de fluxos de comércio. Os autores destacaram a dificuldade de aplicação de modelos como o MONASH-MRF devido à dependência da disponibilidade de dados regionais. A dinâmica do modelo MONASH-MRF está confinada nas relações de acumulação conectando o setor de estoque de capital com o setor de investimento, população regional com crescimento natural na população e migrações estrangeira e inter-regional e a dívida externa com a balança comercial. Os autores destacaram que nos modelos do tipo *bottom-up* que é o caso do MONASH-MRF, o comportamento dos agentes econômicos é especificado em nível regional sendo que os resultados em nível nacional são as somas dos resultados regionais. Assim, atendem-se as necessidades dos formuladores de políticas e dos tomadores de decisões das empresas na análise de mudanças e desenvolvimento não só em uma região ou duas regiões, mas em todas as regiões simultaneamente. Outro aspecto interessante do modelo é o fato das economias regionais estarem relacionadas através do fluxo de comércio, movimento da população e da

política econômica. Como o ano base dos dados utilizados nesta aplicação foi 1990-1991, foram feitas previsões de 1996/97 a 2000/01.

Adams et al. (1997) utilizaram os modelos AEG GTAP e MONASH para simular a eliminação das barreiras de comércio entre os membros da APEC (*Asian-Pacific Economy Countries*). Estes modelos enfocam, respectivamente, as relações de comércio global e as detalhadas dimensões regionais, ocupacionais e setoriais da economia australiana. Uma limitação da combinação destes dois modelos foi a não capacidade de seguir o curso da propriedade dos ativos. Por isso aumentos no PIB não necessariamente implicam aumentos do bem estar.

Dixon e Rimmer (1998) aplicaram o modelo MONASH para previsão e análise de política no setor automotivo australiano para o período de 1987 a 2016. Estes autores demonstraram através desta aplicação que os modelos AEG podem ser usados para previsão e que as previsões são importantes para análise de políticas.

Utilizando o modelo MONASH, Dixon e Rimmer (1999) analisaram os efeitos das variações dos impostos indiretos sobre a economia australiana. Este autores destacaram a vantagem da abordagem dinâmica sobre a análise estático-comparativa por permitir analisar os efeitos de uma política ao longo tempo.

Haddad (1999) desenvolveu o modelo B-MARIA para a economia brasileira tomando como base o modelo MONASH-MRF. O modelo B-MARIA foi desenvolvido para as regiões norte, nordeste e centro-sul do Brasil utilizando-se a matriz insumo-produto de 1985.

Haddad e Domingues (2001) desenvolveram e aplicaram o modelo EFES para geração de projeções setoriais da economia brasileira de 1999 a 2004. Os autores baseando-se em Adams et al. (1994) e Dixon e Rimmer (1996) combinaram o modelo AEG com projeções macroeconômicas derivados do modelo de consistência macroeconômica desenvolvido pela parceria entre o Banco Mundial e a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE), das previsões de exportações, das mudanças tecnológicas e das informações de especialistas.

Como foi possível verificar nesta breve revisão de literatura sobre os modelos AEG para a economia brasileira, ainda não existe um modelo inter-regional AEG para a economia brasileira cuja dinâmica, recursiva ou não, seja obtida através das relações de acumulação de capital e do investimento. Haddad (1999) argumenta que os resultados obtidos não são coerentes com a realidade quando a dinâmica origina-se do próprio modelo AEG devido principalmente a disponibilidade de dados regionais. Mas como exemplo de que é possível gerar um caminho de soluções ao longo do tempo, pode-se citar o trabalho de Dixon e Rimmer (1998). Estes autores demonstraram que os

modelos AEG podem ser utilizados em previsões e que as previsões são relevantes para a análise de políticas através da aplicação do modelo MONASH para o setor automobilístico. A sua dinâmica foi gerada pelo próprio modelo através de equações de investimento e de acumulação de capital. Mas é importante observar que o modelo MONASH não é multirregional. Peter et al. (1996a) faz uma abordagem teórica de como é incorporada a dinâmica necessária ao modelo AEG inter-regional MONASH-MRF para a realização de previsões de variáveis econômicas.

Rocha et al. (2000) avaliaram, utilizando a parte central do modelo MIBRA, os diferentes impactos causados pelas mudanças na taxa de câmbio e nas tarifas sobre a economia brasileira e as suas cinco macro-regiões. Os seus resultados mostraram que a desvalorização da taxa de câmbio ou o aumento das tarifas podem causar um aumento no nível de emprego bem como no nível de atividades.

Casimiro Filho et al. (2000) destaca que o maior detalhamento regional é muito importante, uma vez que há diferenças bastante evidentes entre as regiões consideradas quanto à evolução de seu desenvolvimento, a participação dos setores na economia, distribuição de renda entre as classes sociais, e, as condições de infra-estrutura e mão de obra.

## **2. O modelo MIBRA**

O MIBRA é um modelo multirregional e multisetorial da economia brasileira que está sendo desenvolvido na ESALQ-USP desde 1999 (Casimiro Filho et al., 1999). A estrutura básica é formada a partir do modelo de previsão multirregional MONASH-MRF (Peter et al., 1996a), desenvolvido para a economia australiana.

Assim, de acordo com Casimiro Filho et al. (2000), o modelo MIBRA apresenta as equações em cinco módulos: módulo central do modelo, finanças do governo, capital e investimento, acumulação de débitos e, mercado de trabalho e migração regional.

O módulo central é separado em quatro blocos principais de equações determinando: demandas do consumidor, preços do produtor e ao consumidor, condições de equilíbrio do mercado, variáveis macroeconômicas como somatórios das variáveis microeconômicas.

O módulo de capital e investimento e acumulação de débito são adicionados como forma de tornar endógenas as mudanças no investimento total e no estoque de capital num dado período previsto e o acúmulo de dívida externa.

O módulo mercado de trabalho e de migração regional define equações que determinam a população regional considerando o crescimento natural, a migração inter-regional e a migração estrangeira. O módulo inclui também equações que determinam mudanças nas taxas regionais de desemprego.

Como o sistema de equações na forma de mudanças percentuais do modelo MIBRA é baseado no sistema de equações do modelo MONASH-MRF e é bastante extensa, as equações, as suas variáveis, os seus coeficientes e parâmetros e, as denominações das dimensões das variáveis, coeficientes e parâmetros não são apresentadas neste trabalho de pesquisa devido a limitação de páginas e podem ser conseguidos com os autores<sup>8</sup>.

Alguns detalhes sobre as equações nos módulos Central, finanças do governo, acumulação de capital, acumulação da dívida externa e mercado de trabalho e migração regional são discutidas nas próximas seções. Os módulos de acúmulo de capital e de acúmulo da dívida externa dão a dinâmica ao modelo que possibilita a geração de previsão das variáveis.

## 2.1 Módulo Central

A estrutura teórica inclui: equações de demanda requeridas para seis usuários, equações de determinação de preços dos produtos e fatores; equações de equilíbrio; definições de taxas de imposto de produto. As equações do módulo central para o modelo MIBRA podem então ser divididas nos seguintes grupos: a) Demandas das indústrias pelos insumos intermediários ; b) Demandas por fatores primários, preços e ofertas; c) Demandas por insumos para formação de capital; d) Demandas das famílias; e) Impostos; f) Preços de compra dos produtos; g) Receitas dos impostos; h) Demandas por exportações; i) Demandas Regionais de produtos para outros gastos; j) Margens de produtos; k) Equilíbrio de oferta e demanda por produtos domésticos e importados; l) Preços básicos; m) PIB regional, real e nominal e seus componentes; n) PIB nacional, real e nominal e seus componentes; o) Índices de preços regional e nacional; p) Salários; q) Definições diversas de preços de fatores; r) Agregados de Emprego. Na sequência algumas equações relacionadas a estrutura de produção aninhada do módulo central são discutidas mais detalhadamente.

O modelo MIBRA considera dois tipos de insumos: bens intermediários e fatores primários. Pressupõe-se que as firmas em cada setor regional escolha a combinação de de insumos que minimiza os custos de produção para os seus níveis de produtos. As escolhas de suas combinações de insumos são restringidas por uma tecnologia de produção aninhada em três níveis como mostra a figura 2. No primeiro nível, as quantidades de insumos intermediários e fatores primários são usadas em proporções fixas para produção. Estas quantidades de insumos intermediários são formadas no segundo nível. Os insumos intermediários são combinações com elasticidade de substituição constante entre bens domésticos e importados estrangeiros. O fator primário é a combinação com elasticidade de

---

<sup>8</sup> O sistema de equações pode ser conseguido contatando os autores Joaquim J. M. Guilhoto pelo e-mail [guilhoto@usp.br](mailto:guilhoto@usp.br), Marcos M. Hasegawa pelo e-mail [mmhasega@esalq.usp.br](mailto:mmhasega@esalq.usp.br) e; Ricardo Luis Lopes pelo e-mail [rllopes@uem.br](mailto:rllopes@uem.br).

substituição constante de trabalho, capital e terra. No terceiro nível, insumos de bens domésticos são formados como combinações de bens provenientes de cada uma das  $q$  regiões e o insumo trabalho é formado com a combinação de elasticidade de substituição constante entre insumos de trabalho de  $m$  categorias de trabalho.

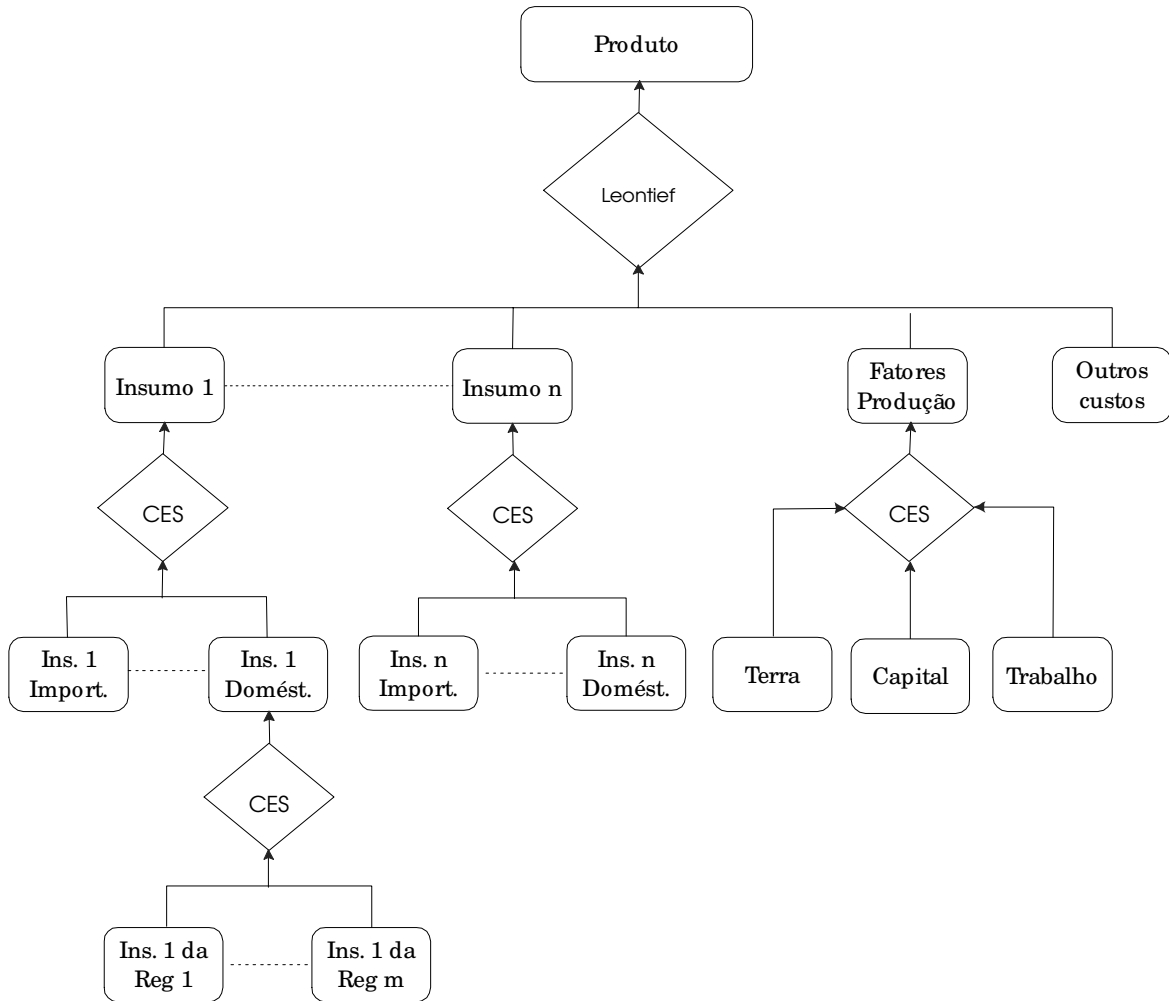


Figura 2 – Tecnologia de produção para os setores regionais no modelo MIBRA.  
Fonte: Adaptado de Peter et al. (1996a).

Na base do aninhamento a indústria  $j$  na região  $q$  escolhe insumo intermediário do tipo  $i$  proveniente da região  $s$  para minimizar os custos

$$\sum_s P_{i,s,j,q} X_{i,s,j,q} \quad (1)$$

de uma composição doméstica

$$X_{i,j,q} = \text{CES}(X_{i,s,q}). \quad (2)$$

Na equação (1), a função CES implica que os insumos de um mesmo tipo de mercadoria produzido em diferentes regiões não são substitutos perfeitos um para outro. Esta especificação é

chamada de especificação de Armington (1969), tipicamente imposta no de mercadorias produzidas domesticamente e de mercadorias importadas estrangeiras em modelo AEG nacionais.

Resolvendo o problema de minimização para as equações (1) e (2), são geradas as equações de demandas dos setores por insumos intermediários produzidos domesticamente.

No próximo nível de produção aninhado, firmas decidem sobre suas demandas por mercadorias compostas domésticas e mercadorias importadas estrangeiras seguindo um padrão semelhante ao aninhamento anterior. Aqui as firmas escolhem uma combinação de minimização de custo entre mercadoria composta doméstica e mercadoria importada estrangeira

$$P1A_{i,estrangeira,j,q} X1A_{i,estrangeira,j,q} + P1C_{i,j,q} X1C_{i,j,q} \quad (3)$$

onde o subscrito “estrangeira” refere-se ao importado estrangeiro, sujeito a função de produção

$$X1O_{i,j,q} = CES(X1A_{i,estrangeira,j,q}, X1C_{i,j,q}). \quad (4)$$

A pressuposição de Armington é considerada sobre o composto doméstico e o importado estrangeiro através da função CES na equação (4).

Resolvendo o problema de otimização para as equações (3) e (4), obtém-se as funções de demanda de insumo por compostos domésticos e importados estrangeiros na sua forma em variação percentual.

No nível mais baixo da produção aninhada na ramificação do fator primário da figura 2, os produtores escolhem os insumos de trabalho de modo a minimizar os custos de um dado insumo agregado de trabalho composto. As equações de demanda por trabalho dos vários tipos de ocupação são derivadas do seguinte problema de otimização para o j-ésimo setor na q-ésima região: escolhe-se insumos de m tipos de ocupação de trabalho,  $X1LABOI_{j,q,m}$  minimizando o custo total do trabalho

$$\sum_{m=1} P1LABOI_{j,q,m} X1LABOI_{j,q,m}$$

sujeito a

$$EFLAB_{j,q} = CES(X1LABOI_{j,q,m}),$$

considerando como exógeno o problema do preço pago pelo j-ésimo setor regional para cada tipo de ocupação de trabalho ( $P1LABOI_{j,q,m}$ ) e a demanda dos setores regionais para o insumo trabalho efetivo ( $EFLAB_{j,q}$ ). A solução deste problema na forma de variação percentual fornece a demanda por trabalho e ao preço do trabalho.

Ainda no nível da ramificação do fator primário da produção aninhada, determina-se a composição da demanda por fatores primários que segue o mesmo padrão da produção aninhada discutida anteriormente. Ou seja, o total dos custos dos fatores primários

$$P1LAB_{j,q} EFLAB_{j,q} + P1CAP_{j,q} CURCAP_{j,q} + P1LAND_{j,q} N_{j,q}$$

onde  $P1CAP_{j,q}$  e  $P1LAND_{j,q}$  são os custos unitários do capital, terras agrícolas e  $CURCAP_{j,q}$  e  $N_{j,q}$  são demandas de setores por capital e terras agrícolas, são minimizados sujeito a função de produção

$$X1PRIM_{j,q} = CES(EFFLAB_{j,q}/A1LAB_{j,q}, CURCAP_{j,q}/A1CAP_{j,q}, N_{j,q}/A1LAND_{j,q})$$

onde  $X1PRIM_{j,q}$  é a demanda geral setorial por fatores primários. A função de produção anterior permite-se impor variações tecnológicas fator-específicas através das variáveis  $A1LAB_{j,q}$ ,  $A1CAP_{j,q}$  e  $A1LAND_{j,q}$ .

A solução para este problema de minimização de custos na forma de variação percentual fornece as equações de demanda por trabalho, capital e terra.

Na sequência é discutida a demanda por fatores primários e mercadorias compostas no topo da produção aninhada da figura 2. Mercadorias compostas, composto de fatores primários e outros custos são combinados usando uma função de produção Leontief dada por

$$Z_{j,q} = (1/A1_{j,q})\text{mínimo}(X1O_{i,j,q}, X1PRIM_{j,q}/A1PRIM_{j,q}, X1OCT_{j,q}/A1OCT_{j,q}) .$$

Nesta função de produção,  $Z_{j,q}$  é o produto do  $j$ -ésimo setor da  $q$ -ésima região, o  $A1_{j,q}$  são os termos de variação tecnológica neutra de Hicks,  $X1OCT_{j,q}$  são as demandas dos setores por outros custos e  $A1OCT_{j,q}$  que são as variações tecnológicas setorial específicas aos setores associados aos outros custos. Como consequência da especificação de Leontief na função de produção, cada uma das três categorias de insumos identificadas no topo da produção aninhada (figura 2) são demandadas em proporção direta a  $Z_{j,q}$ . Como consequência da especificação Leontief da função de produção, cada uma das três categorias de insumos identificadas no nível mais alto da produção aninhada são demandadas em proporção direta a  $Z_{j,q}$ .

Criadores de capital para cada setor regional combina insumos para formar unidades de capital. Na escolha destes insumos os criadores de capital minimizam custo sujeito a tecnologias similares a figura 2. A figura 3 mostra a estrutura aninhada para produção de novas unidades de capital fixo. Capital é assumido ser produzido com insumos de mercadorias produzidas domesticamente e importadas estrangeiras. Fatores primários não são usados diretamente como insumos na formação de capital. O uso de fatores primários na criação de capital é reconhecido através de insumos de mercadoria de construção (serviços).



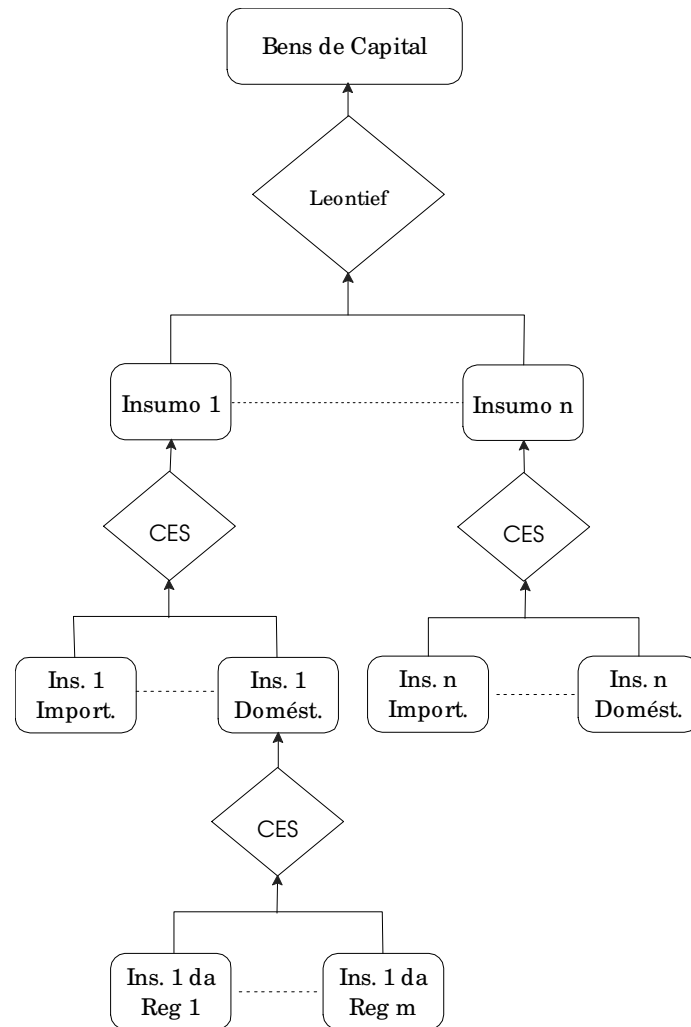


Figura 3 – Estrutura da demanda de Investimento.

Fonte: Adaptado de Peter et al. (1996a).

As equações de investimento do modelo são derivadas a partir das soluções par o problema de minimização de custos do investidor em três partes. No nível base o custo total dos compostos de mercadorias domésticas do bem  $i$  ( $X2C_{i,j,q}$ ) é minimizado sujeito a função de produção CES

$$X2C_{i,j,q} = \text{CES}(X2A_{i,s,j,q})$$

onde o  $XAC_{i,s,j,q}$  são as demandas pelo  $j$ -ésimo setor na  $q$ -ésima região pela  $i$ -ésima mercadoria proveniente da  $s$ -ésima região doméstica para uso na criação de capital.

Similarmente, no segundo nível da estrutura aninhada, o custo total do composto doméstico/importado estrangeiro ( $X2O_{i,j,q}$ ) é minimizado sujeito a função de produção CES

$$X2O_{i,j,q} = \text{CES}(X2A_{i,\text{estrangeira},j,q}, X2C_{i,j,q})$$

onde  $X2A_{i,estrangeira,j,q}$  são demandas por importados estrangeiros. As equações que descrevem a demanda para insumos de origem específica são similares as correspondentes equações de demanda por insumos intermediários par produção corrente.

No topo da estrutura aninhada (figura 3), o custo total de compostos de mercadoria é minimizado sujeito a função Leontief

$$Y_{j,q} = \text{mínimo}(X2O_{i,j,q}/A2IND_{i,j,q})$$

onde a quantidade total de investimento em cada setor ( $Y_{j,q}$ ) é exógeno ao problema de minimização de custo e os  $A2IND_{i,j,q}$  são variáveis de mudança tecnológica no uso de insumos na criação de capital. As equações resultantes de insumos compostos par criação de capital corresponde as equações de demanda para os insumos compostos para a produção corrente.

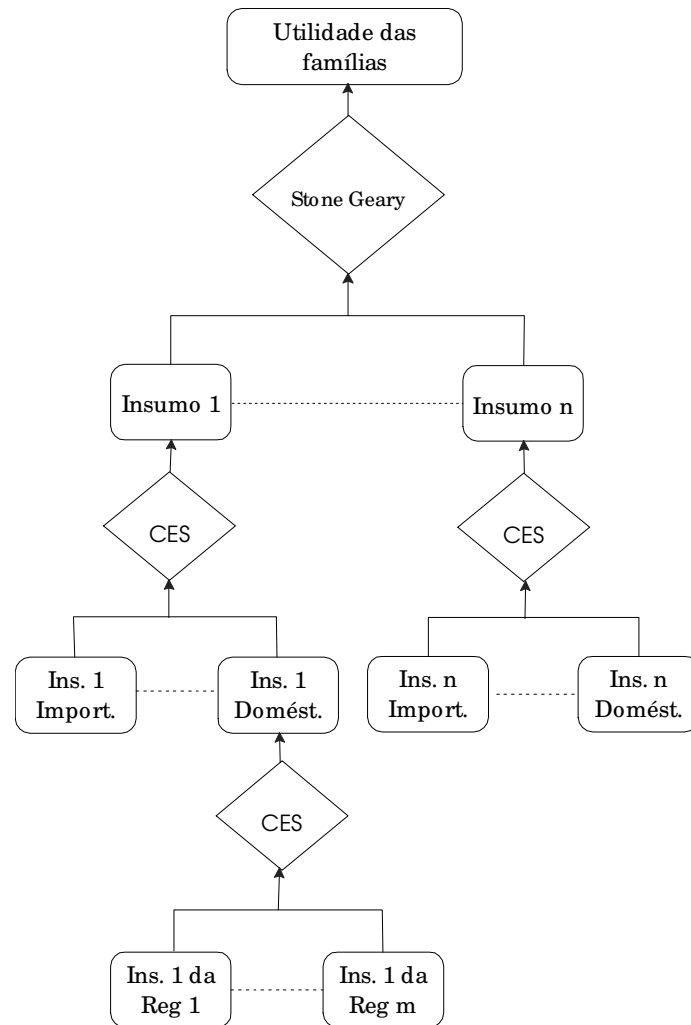


Figura 4 – Estrutura da Demanda das famílias no modelo MIBRA.

Fonte: Adaptado de Peter et al. (1996a).

No que diz respeito a demanda das famílias, cada família regional determina a composição ótima do seu consumo através das escolha de mercadorias para maximizar a função de utilidade Stone-

Geary sujeita a restrição orçamentária das famílias. Uma função de consumo keynesiana determina as despesas das famílias regionais com uma função da renda disponível das famílias. A figura 4 revela que a estrutura da demanda das famílias tem padrão de aninhamento semelhante que a da demanda por investimento. A única diferença é que compostos de mercadoria são agregadas pela função Stone-Geary em vez da função Leontief implicando em um sistema de gastos linear. Com a finalidade de analisar a função de utilidade Stone-Geary, é interessante separar o consumo total de cada composto de mercadoria ( $X3O_{i,q}$ ) em dois componentes: uma parte de subsistência ( $X3SUB_{i,q}$ ) e a parte de luxúria ( $X3LUX_{i,q}$ )

$$X3O_{i,q} = X3SUB_{i,q} + X3LUX_{i,q}$$

Uma característica da função Stone-Geary é que somente os componentes de luxúria afetam a utilidade por famílias (UTILITY), que tem a forma Cobb-Douglas

$$UTILITY_q = 1/QHOUS_q \sum_i (X3LUX_{i,q})^{A3LUX_{i,q}}$$

onde

$$\sum_i A3LUX_{i,q} = 1$$

Porque a forma Cobb-Douglas aumenta para participação de orçamento exógeno para gastos em luxúrias

$$P3O_{i,q} X3LUX_{i,q} = A3LUX_{i,q} LUXEXP_q$$

$A3LUX_{i,q}$  pode ser interpretado como fração do orçamento marginal do total gasto em luxúria ( $LUXEXP_q$ ).

No que diz respeito a modelagem da demanda por exportações, mercadorias no modelo MIBRA são divididos em dois grupos: exportações tradicionais e exportações não-tradicionais. As mercadorias das exportações tradicionais ( $X4R_{i,s}$ ) são modeladas confrontando funções de demanda por exportação estrangeira com inclinação negativa

$$X4R_{i,s} = FEQ_i (P4R_{i,s} / FEP_i \text{NATFEP})^{EXP\_ELAST_i} \quad (5)$$

onde  $EXP\_ELAST_i$  é a elasticidade preço constante da demanda de exportação estrangeira. Como  $EXP\_ELAST_i$  é negativa, a equação (5) diz que as exportações tradicionais são uma função negativa de seus preços no mercado mundial ( $P4R_{i,s}$ ). A solução do problema de otimização proporciona as equações que tratam a mercadoria composta das exportações não tradicionais, a demanda total para as exportações tradicionais e exportações não tradicionais.

## 2.2 Módulo de Finanças Governamentais

Neste bloco de equações, são determinados o déficit orçamentário dos governos regional e federal, o consumo das famílias agregado regional e Produtos estaduais brutos. Para o cálculo dos déficits do

governo, é elaborado o sumário das transações financeiras (SOFT) que contém a renda do governo proveniente de várias origens e gastos em diferentes contas. Para a obtenção do consumo das famílias agregado de cada região é calculada a renda das famílias disponível regional e definida a função de consumo regional. O valor adicionado em cada região é determinado com o módulo central do modelo. Dentro do bloco das finanças do governo, são equações que dividem o valor agregado das regiões entre renda pública e renda privada. Neste processo os Produtos Estaduais Brutos, são também calculados do lado da renda e do lado dos gastos. O módulo de finanças governamentais é composto de cinco grupos de equações:

- a) Valor adicionado desagregado;
- b) Sumário das Transações Financeiras (SOFT);
- c) Renda Disponível das famílias;
- d) Produto Regional Bruto e;
- e) Miscelânea das finanças governamentais.

### **2.3 Módulo de Acumulação de Capital e Investimento**

Os módulos de acumulação de capital e investimento, acumulação da dívida externa e mercado de trabalho e migração regional, facilitam os estudos de previsão de médio e longo prazo e os movimentos entre a versão estático-comparativa e a versão de previsão do modelo. As equações ligam variáveis de fluxo chaves com suas respectivas variáveis estoques.

A dinâmica do MIBRA, à semelhança do MONASH-MRF, está confinada nas relações de acumulação conectando estoque de capital setorial com investimento setorial, população regional com crescimento natural regional da população e migração inter-regional e estrangeira e, dívida externa com balanço de pagamento. Também são incluídas nestes módulos alternativas estático-comparativas para equações de previsão. As equações de investimento e capital, tem uma versão para a estática comparativa e a versão para previsão. Nas outras equações tais como balanço de pagamento e dívida externa, passa-se da versão estático-comparativa para a versão de previsão através de diferentes conjuntos de variáveis exógenas dentro de um conjunto de equações comum.

Assim o modelo MIBRA pode produzir tanto simulações de estática comparativa como de previsão. Simulações de estática comparativa são usualmente interpretadas como mensuração tanto dos efeitos de curto prazo como dos efeitos de longo prazo de uma mudança de política. O que difere o curto prazo do longo prazo nas simulações de estática comparativa é o tratamento do capital setorial. As simulações são caracterizadas pela pressuposição de que os estoques de capital setorial são fixos.

Ou seja, os estoques de capital são mantidos nos seus níveis pré-choque. Assim a estática comparativa é muito útil para a análise de políticas.

Entretanto, os planejadores do governo e do setor privado necessitam de previsões para produção, preços, e outras variáveis para embasar as suas tomadas de decisões. A simulação estática comparativa usualmente mostra o efeito de uma ou poucas mudanças exógenas. Já a simulação de previsão normalmente mostra os efeitos de todas as mudanças exógenas pressupostas ocorrer ao longo de todo o período de tempo da simulação. O modelo da forma como foi concebido originalmente, necessita de valores obtidos externamente ao modelo, geralmente variáveis macroeconômicas, para gerar as projeções. Ou seja, o modelo é dinâmico com solução recursiva, mas o investimento ainda é exógeno ao modelo. O ideal é que o próprio modelo conseguisse definir a distribuição dos investimento entre os setores e macrorregiões. Uma discussão teórica é sobre o tratamento do investimento no modelo AEG é apresentada mais adiante.

#### **2.4 Módulo da Acumulação da Dívida Externa**

Este módulo contém as equações que modelam a dívida externa do país. Estas equações relacionam a dívida com os déficits da balança comercial acumuladas. As equações deste módulo, são derivadas de uma forma bastante semelhante que as equações das relações de acumulação de capital e investimento.

#### **2.5 Mercado de Trabalho e Migração Regional**

Este módulo contém equações que calculam a população regional a partir do crescimento natural, da migração estrangeira e da migração inter-regional. O módulo também inclui várias relações de mercado de trabalho regional. Para cada região, o sistema é construído para permitir também: a) uma determinação exógena da população regional, com uma determinação endógena de no mínimo uma variável do mercado de trabalho regional, escolhido entre desemprego regional, taxa de participação regional ou salários relativos regionais; b) uma determinação exógena de todas as variáveis mencionadas anteriormente do mercado de trabalho regional e uma determinação endógena da migração regional, e por esta razão, da população regional. O mecanismo de acumulação da população é similar aos mecanismos de acumulação do capital, do investimento e da dívida externa.

### **3. Tratamento do Investimento**

Nesta seção é apresentada as diferentes formas de tratamento do investimento no modelo MIBRA sendo que a única utilizada até então é a que trata o investimento de forma exógena ao modelo.

De acordo com Parmenter e Dixon (1996), existe quatro possibilidades de solução multi-periódica dos modelos AEG do tipo Johansen.

A primeira forma o investimento é exógeno ao modelo e a solução é recursiva. A apresentação teórica do MONASH-MRF feita por Peter et al. (1996) considera esta solução multi-periódica e por isso o caminho futuro da previsão depende de valores, geralmente de variáveis macroeconômicas, obtidos externamente ao modelo. O modelo EFES de Haddad e Domingues (2001) gera previsões para economia brasileira em nível nacional baseadas projeções macroeconômicas obtidas de um modelo a parte.

Na segunda forma, o investimento passa a ser endógeno mas a solução continua sendo recursiva. Ou seja, a solução do modelo é obtida ano a ano. Este tipo de solução multi-periódica é apresentado e aplicado por Dixon e Rimmer (1998) no modelo MONASH e por Adams et al. (2000) no modelo MMRF-GREEN.

Na terceira forma o investimento é endógeno ao modelo e a solução do modelo passa a ser não recursiva. Nesta situação, a solução do modelo é efetivamente intertemporal e a obtenção da solução é realizada considerando todos os períodos ou anos da análise ou previsão simultaneamente. Em nível nacional, Malakellis (2000) aplicou esta forma de solução multi-periódica para a economia australiana utilizando o modelo ORANI.

A quarta forma, ainda não implementada na prática, é a solução não recursiva com incorporação da otimização do comportamento do investimento. Ou seja, nesta forma, a teoria de otimização do comportamento dos diferentes atores econômicos em relação ao investimento é incorporada no modelo AEG na derivação das equações de investimento. Esta seria a forma mais interessante de solução multi-periódica mas infelizmente existem alguns problemas na obtenção da solução que são amplamente discutidos por Dixon e Parmenter (1996).

Na sequência a primeira forma de solução multi-periódica é detalhada com base em Dixon e Parmenter (1996).

### **Investimento exógeno e solução recursiva**

Considere um modelo com a seguinte forma:

$$H(\tilde{V}_1(t), \tilde{V}_2(t), Q(t), \Pi(t), I(t), K(t-1))=0, \quad t=1,2,\dots,T \quad (6)$$

e

$$K(t) = (I-D)K(t-1) + I(t) \quad t=1,2,\dots,T \quad (7)$$

Onde,

$Q(t)$  é um vetor que fornece setorialmente os aluguéis ou lucros por unidade de capital no ano  $t$  ( ou seja,  $Q(t)$  é o aluguel por unidade de capital na indústria  $j$ );

$\Pi(t)$  é um vetor que fornece os custos no ano  $t$  da unidade de construção de capital para as diferentes indústrias;

$I(t)$  é um vetor de níveis de investimento no ano  $t$  para as indústrias;

$K(t-1)$  é um vetor de estoques de capital setorial no final do ano  $t-1$  e disponível para uso durante o ano  $t$ ;

$D$  é uma matriz diagonal de taxas de depreciação;

$\tilde{V}_1(t)$  e  $\tilde{V}_2(t)$  são outras variáveis para o ano  $t$ .  $\tilde{V}_1(t)$  é o vetor de variáveis endógenas tais como preços domésticos e insumos e  $\tilde{V}_2(t)$  é o vetor de variáveis exógenas tais como preços mundiais de mercadorias, impostos e coeficientes tecnológicos.

Para dado valor de  $t$ , por exemplo  $t = \tau$ , a equação (6) especifica um típico modelo AEG de um período. Isso impõe condições tais como demandas iguais as ofertas, preços iguais a custos e demanda e oferta são consistente com o comportamento otimizador pelos vários atores econômicos.  $K(\tau-1)$ , disponibilidade de capital no ano  $\tau$ , pode ser considerado como um vetor de variáveis exógenas ou variáveis pré-determinadas no modelo AEG do ano  $\tau$ .

A equação (7) diz que o capital disponível para uso na indústria  $j$  no ano  $t+1$  ( $K_j(t)$ ) é igual ao capital disponível no ano  $t$  depreciado ao uma taxa  $D_j$  ( $(1-D_j)K_j(t-1)$ ) mais o investimento no ano  $t$  ( $I_j(t)$ ). A figura 5 ilustra a distribuição no tempo dos eventos.

	Ano t	Ano t+1	Ano t+2
	$Q(t)$	$Q(t+1)$	$Q(t+2)$
$K(t-1)$	$\Pi(t)$	$\Pi(t+1)$	$\Pi(t+2)$
	$K(t)$	$K(t+1)$	$K(t+2)$
	$I(t)$	$I(t+1)$	$I(t+2)$
	$\tilde{V}(t)$	$\tilde{V}(t+1)$	$\tilde{V}(t+2)$

Figura 5 – Duração e distribuição dos eventos no tempo no modelo multi-periódico.

Assume-se que o modelo ano  $\tau$  não contenha teoria de investimento, mas que se  $I(\tau)$  é definido exogenamente, então o modelo ano  $\tau$ , juntamente com os valores pré-determinados para  $K(\tau-1)$  e valores exogenamente dados para  $\tilde{V}_2(t)$ , é suficiente para determinar as outras variáveis para o ano  $\tau$ :  $Q(\tau), \Pi(\tau)$  e  $\tilde{V}_1(\tau)$ . Isto significa que se é conhecido  $K(0)$  e tem um caminho no tempo para o investimento especificado exogenamente,  $I(1), I(2), \dots, I(T)$ , então o modelo descrito em (6) e (7) pode ser resolvido como uma série de cálculos computacionais usuais para um modelo AEG de um período.

Primeiro utiliza-se (6) para computar o caminho no tempo para o estoque de capital,  $K(1), K(2), \dots, K(T)$ . Então dado  $\tilde{V}_2(\tau)$ , pode-se, em princípio computar  $\tilde{V}_1(\tau), Q(\tau)$  e  $\Pi(\tau)$  resolvendo-se o modelo AEG de um período especificado por (346) com  $t = \tau$ .

Para realizar os cálculos computacionais pode-se utilizar a abordagem de Johansen/Euler. Considerando que (6) mantém-se em cada ano, verifica-se que taxas de crescimento do ano  $t$  para o ano  $t+1$  satisfazem, para uma aproximação de primeira ordem, o seguinte sistema:

$$H_1(t)\tilde{v}_1 v_1(t+1) + H_2(t)\tilde{v}_2(t+1) + H_q(t)q(t+1) + H_\pi(t)\pi(t+1) \\ + H_i(t)i(t+1) + H_k(t)k(t) = 0, t = 1, 2, \dots, T-1. \quad (8)$$

A equação (8) é uma versão de (6) em variação percentual com os coeficientes  $H_1, H_2, H_q, H_\pi, H_i$  e  $H_k$  calculado na solução para o ano  $t$ , ou seja, os  $H$ s calculados em

$$V(t) = (\tilde{V}_1(t), \tilde{V}_2(t), Q(t), \Pi(t), I(t), K(t-1)). \quad (9)$$

As variáveis em letras minúsculas em (8) são taxas de crescimento nas correspondentes variáveis em letra maiúscula. Por exemplo  $q(t+1)$  é o vetor de taxas de crescimento percentual entre os anos  $t$  e  $t+1$  em aluguéis:

$$q_j(t+1) = 100(Q_j(t+1) - Q_j(t)) / Q_j(t).$$

As letras em minúsculas na equação (8) podem também ser interpretados como desvios percentuais a partir de uma solução inicial para uma solução o modelo no ano  $(t+1)$ . Esta solução inicial é  $V(t)$  dado por (9).

Sob a pressuposição de que o modelo ano  $(t+1)$ , juntamente com  $K(t), I(t+1)$  e  $\tilde{V}_2(t+1)$ , é suficiente para determinar  $Q(t+1), \Pi(t+1)$ , pode-se rearranjar (8) como:

$$v_1(t+1) = B(t)v_2(t+1), t = 1, \dots, T-1, \quad (10)$$

onde

$$v'_1(t+1) = [\tilde{v}'_1(t+1), q'(t+1), \pi'(t+1)], t = 1, \dots, T-1 \\ v'_2(t+1) = [\tilde{v}'_2(t+1), q'(t+1), \pi'(t+1)], t = 1, \dots, T-1$$

e

$$B(t) = -[H_1(t), H_q(t), H_\pi(t)]^{-1}[H_2(t), H_i(t), H_k(t)], t = 1, \dots, T-1.$$

Com os caminhos no tempo do investimento em cada setor/indústria dados exogenamente, pode-se computar  $i(2), i(3), \dots, i(T)$ , e com  $K(0)$  conhecido pode-se usar (7) no cálculo de  $k(1), k(2), \dots, k(T)$ . Finalmente assume-se que os dados de insumo-produto e outros dados para o período base nos fornece uma solução para (6) para  $t = 1$ , isto é, assumindo-se que  $V(1)$  é conhecido.



Agora é possível proceder recursivamente. Usando  $V(1)$  é possível calcular  $B(1)$ . Então a partir de (10) pode-se computar  $v_I(2)$ . Na sequência calcula-se  $V(2)$  pelo uso da fórmula na forma:

$$V^{(j)}(2) = V^{(j)}(1)(1+v^{(j)}(2)/100),$$

Onde  $V^{(j)}(t)$  é o valor da  $j$ -ésima variável no ano  $t$ . Com  $V(2)$  no lugar, pode-se calcular  $B(2)$  e computar  $v_I(3)$  e assim por diante.

#### 4. Comentários Finais

Como o investimento é exógeno ao modelo MIBRA, o próximo passo é a endogenização do investimento de forma que o modelo não dependa mais de informações macroeconômicas externas ao modelo. Além disso, as equações de demografia que se referem a população e a migração regional também devem ser melhoradas. Pois o que se tem observado, é que se tem dado pouca importância as questões demográficas nas análises econômicas utilizando-se modelos aplicados de equilíbrio geral.

#### Referências Bibliográficas

- ADAMS, P.D.; DIXON, P.B.; McDONALD, D.; MEAGHER, G.A.; PARMENTER, B.R. Forecasts for Australian economy using the Monash model. **International Journal of Forecasting**, v.10, p.557-571, 1994.
- ADAMS, P. D.; HUFF, K. M.; McDOUGALL, R.; PEARSON K. R.; POWELL, A. A. Medium and Long Run Consequences for Australia of APEC free-trade area: CGE analysis using the GTAP and MONASH models. **Asia Pacific Economic Review**, v. 3, n. 1, p.19-42. 1997.
- ADAMS, P.D.; HORRIDGE, J.M.; PARMENTER, B.R.; **MMRF-GREEN: A Dynamic, Multi-sectoral, Multi-regional Model of Australia**. Clayton: Centre of Policy Studies, 2000. 23p. (Preliminary Working Paper, OP-94)
- ADELMAN, I.; ROBINSON, S. **Income Distribution Policies in Developing Countries**. Stanford: Stanford University Press. 1978. 346p.
- ADELMAN, I.; ROBINSON, S. Macroeconomic Adjustment and Income Distribution. **Journal of Development Economics**, v. 29, n.1, p. 23-44. 1988.
- ARMINGTON, P.S. The Geographic Pattern of Trade and the Effects of Price Changes. Whashington: **IMF Staff Papers**, v. 16, p.176-199. 1969.
- BOADWAY, R.W.; TREDDENICK, J.; A General Equilibrium Computation of the Effects of the Canadian Tariff Structure. **Canadian Journal of Economics**, v.11, p.424-426. 1978.

- CAMPOS FILHO, L. Unilateral Liberalisation and Mercosul: implications for resource allocation. **Revista Brasileira de Economia**, v.52, n.4, p.601-636. out./dez. 1998.
- CARDOSO, C. E. L.; ISTAKE, M.; HASEGAWA, M. M.; MARTINS, P. C.; LOPES, R. L.; ZEN, S. **Modelo Inter-regional Brasileiro: MIBRA**. Piracicaba, 2000. 47p. (Relatório Final da disciplina de Modelos Aplicados de Equilíbrio Geral)
- CASIMIRO FILHO, F; ROCHA, M. T.; LIMA, P. V. P. S.; MIRANDA, S. H. G.; GUILHOTO, J. J. M. MIBRA, An interregional Applied Equilibrium Model for the Brazilian Economy. In: The 6<sup>th</sup> World Congress of the Regional Science Association International, Lugano, 2000. **Anais (CD-ROM)**. Lugano: Università della Svizzera Italiana, 2000. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, rio de Janeiro, 2000. **Anais (CD-ROM)**. Rio de Janeiro: SOBER, 2000.
- CASIMIRO FILHO, F.; ROCHA, M. T.; LIMA, P.V.P.S.; MIRANDA, S.H.G. **Modelo Inter-regional Brasileiro – MIBRA USP**. Piracicaba, 1999. 50p. (Relatório Final da disciplina de Modelos Aplicados de Equilíbrio Geral)
- CAVALCANTE, J.; MERCENIER, J. Uma avaliação dos ganhos dinâmicos do Mercosul usando equilíbrio geral. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 29, n. 2, p.153-184. Ago.1999.
- DEARDOFF, A.V., STERN, M. A disaggregated Model of World Production and Trade: An estimate of the Impact of the Tokyo Round. **Journal of Policy Modelling** , v.3, p.345-358. 1981.
- DERVIS K.; MELO J.; ROBINSON, J. **General Equilibrium Models for Development Policy**. Cambridge: Cambridge Press. 1982. 526p.
- DIXON, P. B.; PARMENTER, B. R. Computable General Equilibrium Modelling for Policy Analysis and Forecasting. In: AMMAN, H. M.; KENDRICK, D. A.; RUST, J. **Handbook of Computational Economics**. Amsterdam: Elsevier Science, capítulo 1, p.3-85. 1996.
- DIXON, P. B.; PARMENTER, B. R.; POWELL, A. A.; WILCOXEN, P. J. **Notes and Problems in Applied General Equilibrium Economics**. Amsterdam: Elsevier Science pub., 1992. 392p. (Advanced Textbooks in Economics, 32)
- DIXON, P. B.; PARMENTER, B.R.; SUTTON, J.; VINCENT, D.P.; **ORANI: A multisectoral Model of the Australian Economy**. Amsterdam: North-Holland. 1997. 371p.
- DIXON, P. B.; RIMMER, M. T. Monash Forecasts of Output and Employment for Australian Industries: 1994-95 to 2002-03. **Australian Bulletin of Labour**, v. 22, n. 4, Dec. 1996.
- DIXON, P. B.; RIMMER, M. **Forecasting and Policy Analysis with a Dynamic CGE model of Australia**. Clayton: Centre of Policy Studies, 1998. 76p. (Preliminary working paper, OP-90)

- DIXON, P.B.; RIMMER, M.T. Changes in Indirect Taxes in Australia: A Dynamic General Equilibrium Analysis. **The Australian Economic Review**, v. 32, n. 4, p. 327-348. 1999.
- DIXON, P. B.; RIMMER, M. T. An Overview of MONASH. In: Third Conference on Global Economic Analysis, Lafayette, 2000. Anais(internet) GTAP, 2000. <http://www.monash.edu.au/policy/conf/66Dixon.pdf>. (29 de outubro de 2001).
- FERREIRA FILHO, J. B. S. Ajuste estrutural e agricultura na década de 80: uma abordagem de equilíbrio geral. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.27, n. 2, p.397-432. Ago. 1997.
- FERREIRA FILHO, J. B. S. Trade Liberalization, the Mercosur integration Process and the Agriculture-Industry Transfers: A General Equilibrium Analysis. **Revista Brasileira de Economia**, v.53, n.4, p.499-522. Out/dez. 1999.
- GARCIA, M. G. P. Um modelo de Consistência Multissetorial para a Economia Brasileira. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.18, n. 2, p.401-452., ago. 1988.
- GONZAGA, G. M.; TERRA, M. C. T.; CAVALCANTE, J. O impacto do mercosul sobre o emprego setorial no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.28, n.3, p.475-508. Dez 1998.
- GUILHOTO, J. J. M. A Model for Economic Planning and Analysis for The Brazilian Economy. Urban-Champaign, 1986. 267p. Tese (Doutorado) – University of Illinois - (EUA).
- GUILHOTO, J.J.M. Um Modelo Computável de Equilíbrio Geral para Planejamento e Análise de Políticas Agrícolas (PAPA) na Economia Brasileira. Piracicaba, 1995. 258p. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- GUILHOTO, J. J. M. **Matriz Inter-Regional das Cinco Macro-Regiões do Brasil, 1995**. DEAS-ESALQ-USP. Mimeo.1998.
- ISARD, W.; AZIS, I. J.; DRENNAN, M. P.; MILLER, R. E.; SALTZMAN, S.; THORBECKE, E. **Methods of Interregional and Regional Analysis**. Aldershot: Ashgate, 1998. 490p.
- HADDAD, E.A. **Regional Inequality and Structural Changes: Lessons from the Brazilian experience**. Aldershot: Ashgate, 1999. 209p.
- HADDAD, E. A.; DOMINGUES, E. P. EFES - Um Modelo Aplicado de Equilíbrio Geral para a Economia Brasileira: Projeções Setoriais para 1999-2004. **Estudos Econômicos**, v. 31, n. 1, p. 89-125. 2001.
- HORRIDGE, J.M.; PARMENTER, B.R.; PEARSON, K.R. ORANI-F: A General Equilibrium Model of the Australian Economy. **Economic and Financial Computing**, p.71-140, Summer. 1993.
- JOHANSEN, L. **A Multi-sectoral Study of Economic Growth**. Amsterdam: North-Holland. 1974. 274p.

- KADOTA, D.K.; PRADO, E.F.S. **Modelo de Equilíbrio Geral para Análise da Política Industrial**. Rio de Janeiro: IPEA/INPES.1985. 184 p. (Estudos de Política Industrial e Comércio Exterior, n.4).
- LYSY, F. J.; TAYLOR, L. A General Equilibrium Income Distribution Model for Brazil. In: TAYLOR, L. et. al. *Models of Growth and Distribution for Brazil*. New York: Oxford University Press. 1980. 355 p.
- MERCENIER, J.; SOUSA, M. C. S. Structural adjustment and Growth in a Highly Indebted Market Economy: Brazil. In: MERCENIER, J.; SRINIVASAN, T.N. **Applied General Equilibrium and Economic Development: Present Achievements and Future Trends**. Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1994. capítulo 9, p. 281-315: Structural Adjustment and Growth in a Highly Indebted Market Economy: Brazil.
- MOREIRA, A.R.B. Um modelo multisetorial de consistência da economia brasileira. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 22, n. 3, p.401-436.
- MOREIRA, A. R. B.; URANI, A. **Um Modelo Multissetorial de Consistência para a Região Nordeste**. Rio de Janeiro: IPEA, 1994. 58p. (Texto para Discussão, n. 352).
- MILLER, M. H.; SPENCER, J.E. The Static Economic Effects of the U.K. Joining the EEC: A General Equilibrium Approach. **Review of Economic Studies**, v.44, p.71-93. 1977.
- MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis: Foundations and Extensions**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1985. 464p.
- NAQVI, F.; PETER, M.W. A multiregional, multisectoral model of the Australian economy with illustrative application. **Australian Economic Papers**, v. 35, n. 66, p.94-113, jun/1996.
- NAJBERG, S.; RIGOLON, F. J. Z.; VIEIRA, S. P. Modelo de Equilíbrio Geral Computável com instrumento de política econômica: uma análise de câmbio x tarifas. Rio de Janeiro: BNDES, 1995. 24p. (Texto para Discussão, n. 30)
- PARTRIDGE, M.D.; RICKMAN, D.S. Regional Computable General Equilibrium Modelling: A Survey and Critical Appraisal. **International Regional Science Review**, v.21, n.3, p.205-248. 1998.
- PETER, M. W.; HORRIDGE, M.; MEGHER, G. A.; NAQVI, F.; PARMENTER, B. R. **The Theoretical Structure of MONASH-MRF**. Clayton: Centre of Policy Studies, 1996a. 121p. (Preliminary working paper, OP-85)
- PETER, M. W.; HAN, S. H.; MEAGHER, G. A.; NAQVI, F. **The database of MONASH-MRF**. Clayton: Centre of Policy Studies, 1996b. 44p. (draft).

- RIJCKEGHEM, W. An intersectorial Consistency Model for Economic Planning in Brazil. In: ELLIS, H. S. The economy of Brazil. Berkeley: University of California Press, 1969. p.376-402.
- ROBINSON, S. Multisectorial Models. In: CHENERY, H.; SRINIVASAN, T. N. **Handbook of Development Economics, Volume II**. Amsterdam: Elsevier Science Pub., 1989. cap.18, p.885-947: Multisectorial Models. (Handbooks in Economics, 9)
- ROCHA, M. T.; G.; GUILHOTO, J. J. M.; LIMA, P. V. P. S.; CASIMIRO FILHO, F; MIRANDA, S. H. MIBRA, Exchange Rate vs. Tariff Policies in Brazil: Results from MIBRA, an Interregional Applied General Equilibrium Model of the Brazilian Economy. In: The 47<sup>th</sup> North American Meetings of the Regional Science Association International – RSAI, Chicago, 2000. **Anais**. Chicago, 2000.
- RODRIGUES, R. L.; SILVEIRA, S.F.R.; SAMPAIO, A.V.; GUILHOTO, J.J.M.; DMR-BR: um modelo aplicável de equilíbrio geral utilizado para análise dos efeitos de políticas econômicas no Brasil. **Pesquisa Planejamento Econômico**, v.28, n. 1, p.159-206. Abr. 1998.
- SCARF, H. E.; HANSEN, T. **The computation of economic Equilibrium**. New Haven CT: Yale University Press, 1973. 249p.
- SHOVEN, J. B.; WHALLEY, J. **Applying General Equilibrium**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 299p.
- SOUSA, M. C. S. Impactos de Políticas Econômicas Alternativas sobre o desempenho na Agricultura: Uma análise de Equilíbrio Geral. **Estudos Econômicos**, v.15, n. 1, p.109-125. jan./abr. 1985.
- SOUSA, M. C. S. Proteção, crescimento e distribuição de renda no Brasil – uma abordagem de equilíbrio geral. **Revista Brasileira de Economia**, v.41, n. 1, p.99-116. jan./mar. 1987a.
- SOUSA, M. C. S. Avaliação econômica do Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL): uma análise de equilíbrio geral. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 17, n. 2, p.381-410. ago. 1987b.
- SOUSA, M. C. S.; HIDALGO, A. B. Um modelo de equilíbrio geral computável para o estudo de políticas de comércio exterior no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.18, n.2, p.379-400. ago. 1988.
- TEIXEIRA, E. C. Impact of the Uruguai Round Agreement and Mercosul on the Brazilian Economy. **Revista Brasileira de Economia**, v.52, n.3, p.441-462. jul./set. 1998.
- URANI, A. Políticas de estabilização e equidade no Brasil: uma análise contrafactual – 1981/83. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.23, n.1, p.65-98. Abr. 1993.

- WERNECK, R. L. F. Desequilíbrio Externo e Reorientação do Crescimento e dos Investimentos na Economia Brasileira. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.14, n.1, p.311-352, 1984.
- WHALLEY , J. An evaluation of the Recent Tokyo Round Trade Agreement Using General Equilibrium Computational Methods. **Journal of Policy Modelling**, v.4, p.341- 361. 1982.
- WILLUNSEN, M. J. F.; CRUZ, R. O impacto das exportações sobre a distribuição de renda no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 20, n. 3, p. 557-580. dez. 1990.
- WILLUNSEN, M. J.; CRUZ, R. D.; TROTTIER, A. Economic activities and deforestation in Brazil's Carajás region. Examining production deforestation linkages. **Economia Aplicada**, v.1, n.2, p. 169-198. abr./jun. 1997.