

NOTA TÉCNICA

Nº 72 – fevereiro/2021

MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL PARA ECONOMIA CEARENSE: *MODELO MARES/CE*

Witalo de Lima Paiva
Nicolino Trompieri Neto

Governador do Estado do Ceará

Camilo Sobreira de Santana

Vice-Governadora do Estado do Ceará

Maria Izolda Cela de Arruda Coelho

Secretaria do Planejamento e Gestão – SEPLAG

Carlos Mauro Benevides Filho – Secretário

Flávio Ataliba Flexa Daltro Barreto – Secretário Executivo de Planejamento e Orçamento

Ronaldo Lima Moreira Borges – Secretário Executivo de Planejamento e Gestão Interna

Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE

Diretor Geral

João Mário Santos de França

Diretoria de Estudos Econômicos – DIEC

Adriano Sarquis Bezerra de Menezes

Diretoria de Estudos Sociais – DISOC

Ricardo Antônio de Castro Pereira

Diretoria de Estudos de Gestão Pública – DIGEP

Marília Rodrigues Firmiano

Gerência de Estatística, Geografia e Informação – GEGIN

Rafaela Martins Leite Monteiro

Nota Técnica – Nº 72 – fevereiro/2021

DIRETORIA RESPONSÁVEL:

Diretoria de Estudos Econômicos – DIEC

Elaboração:

Witalo de Lima Paiva (Analista de Políticas Públicas)

Nicolino Trompieri Neto (Analista de Políticas Públicas)

O Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) é uma autarquia vinculada à Secretaria do Planejamento e Gestão do Estado do Ceará. Fundado em 14 de abril de 2003, o IPECE é o órgão do Governo responsável pela geração de estudos, pesquisas e informações socioeconômicas e geográficas que permitem a avaliação de programas e a elaboração de estratégias e políticas públicas para o desenvolvimento do Estado do Ceará.

Missão: Propor políticas públicas para o desenvolvimento sustentável do Ceará por meio da geração de conhecimento, informações geossocioeconômicas e da assessoria ao Governo do Estado em suas decisões estratégicas.

Valores: Ética e transparência; Rigor científico; Competência profissional; Cooperação interinstitucional e Compromisso com a sociedade.

Visão: Ser uma Instituição de pesquisa capaz de influenciar de modo mais efetivo, até 2025, a formulação de políticas públicas estruturadoras do desenvolvimento sustentável do estado do Ceará.

Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) -
Av. Gal. Afonso Albuquerque Lima, s/n | Edifício SEPLAG | Térreo -
Cambeba | Cep: 60.822-325 |
Fortaleza, Ceará, Brasil | Telefone: (85) 3101-3521
<http://www.ipece.ce.gov.br/>

Sobre a Nota Técnica

A Série **Notas Técnicas** do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) tem como objetivo a divulgação de trabalhos técnicos elaborados pelos servidores do órgão, detalhando a metodologia empregada para análise de temas de interesse do Estado do Ceará.

Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE
2021

Nota técnica / Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) / Fortaleza – Ceará: Ipece, 2021

ISSN: 2594-8733

1. Economia Cearense. 2. Modelos de Equilíbrio Geral Computável. 3. Modelos Macroeconômicos. 4. Modelo Mares/Ce

Nesta Edição

O Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) coordenou a produção, no âmbito do Programa para Resultados (PforR), da Tabela de Recursos e Usos Regional (TRUR/CE), da Matriz de Insumo-Produto Regional (MIPR/CE) e do Modelo de Equilíbrio Geral Computável (MEGC/CE), todos dedicados à economia cearense. Esse conjunto de ferramentas foi produzido com o objetivo maior de dotar o estado com um instrumental mais sofisticado para análise de políticas públicas, bem como dos efeitos decorrentes das decisões de política econômica por parte do governo local.

A presente nota, elaborada pela equipe técnica que coordenou o projeto, sintetiza e reorganiza os vários relatórios de trabalhos elaborados ao longo do desenvolvimento do projeto, permitindo uma leitura mais acessível. Nesta publicação é apresentado o Modelo MEGC/CE, batizado de Modelo MARES/CE, em referência a uma das belezas naturais características do estado. Tem-se aqui uma apresentação formal e completa do modelo, permitindo uma melhor compreensão de suas premissas, estruturas, características e potencial de uso aplicado

Por fim, é importante destacar que TRUR/CE e a MIPR/CE foram apresentados anteriormente em documento próprio, divulgado em 2020.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	4
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. MODELO TEÓRICO.....	9
2.1. Definições Iniciais.....	9
2.2. Modelagem dos Agentes e Fechamento Macroeconômico.....	16
2.2.1. Família Representativa.....	16
2.2.2. Firms.....	17
2.2.3. Comércio Exterior.....	20
2.2.4. CES: Bem Composto.....	22
2.2.5. CET: Oferta Interna, para o Resto do Brasil, e para o Resto do Mundo.....	25
2.2.6. Governo.....	26
2.2.7. Poupança e Investimento.....	29
2.2.8. Fechamento Macroeconômico.....	31
2.3. Equações, Variáveis e Parâmetros.....	32
3. MATRIZ DE CONTABILIDADE SOCIAL, CALIBRAÇÃO E EQUILÍBRIO BASE.....	37
3.1. Matriz de Contabilidade Social (MCS).....	37
3.2. Calibração e Equilíbrio Base.....	44
4. SIMULAÇÕES.....	59
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

APRESENTAÇÃO

Conhecer com profundidade as características estruturais da oferta e da demanda de uma economia, assim como seus fluxos em relação aos bens e serviços produzidos, ofertados e consumidos, se constitui em uma condição necessária para o correto entendimento sobre a dinâmica desta economia, bem como para orientar de forma apropriada o desenho e a implementação de políticas públicas que busquem seu desenvolvimento.

Em economia, um instrumental capaz de fornecer tal conhecimento é denominado Tabela de Recursos e Usos ou, simplesmente, TRU. Como o nome sugere, a TRU é constituída por um agrupamento lógico de diferentes tabelas que organizam e sintetizam um conjunto amplo de dados econômicos. Tais tabelas permitem conhecer e analisar as várias estruturas e os diversos fluxos que caracterizam um sistema econômico. Além destas vantagens, a TRU é uma estrutura central que permite o desenvolvimento, conjunto, de outras ferramentas analíticas tão importantes e vantajosas quanto ela. Trata-se aqui da Matriz Insumo-Produto (MIP) e dos Modelos de Equilíbrio Geral Computável (MEGC).

A MIP é uma ferramenta clássica utilizada para a realização de estudos com foco em interrelações econômicas e análise de impactos sobre a economia decorrentes de alterações na demanda agregada. Construída a partir da TRU, a MIP oferece um instrumental metodológico para a construção de matrizes de coeficientes técnicos que viabilizam os estudos de impacto a partir da obtenção dos multiplicadores setoriais relacionados às variáveis econômicas de interesse, como produção, emprego e renda. Da mesma forma, torna possível uma análise geral da estrutura produtiva da economia a partir da construção de indicadores específicos, tais como índices de ligação e de dispersão, que mensuram a intensidade do encadeamento e das relações intersetoriais.

Já os Modelos de Equilíbrio Geral Computável (MEGC) passaram a ser uma extensão natural dos tradicionais modelos de contabilidade social e de insumo-produto. Nesse esteio, modelos computáveis de equilíbrio geral regionais surgiram como ferramenta de análise complementar à essas técnicas e também aos modelos puramente econométricos.

Em relação a abordagem de insumo-produto, os modelos EGC avançam, entre outros

pontos, no sentido de possibilitar variações nos preços relativos, na substituição de fatores de produção e de produtos, além de explicitar a estrutura econômica de forma funcional. Adicionalmente, segundo Partridge e Rickman (2010), tais modelos têm maior alcance quando o propósito é avaliar políticas relacionadas ao aumento de atrativos de uma região para empresas e para famílias, tal como uma política fiscal regional.

Com relação aos modelos econométricos, devido à escassez de séries de dados regionais para diversas variáveis econômicas relevantes, sobretudo em termos desagregados por unidades federativas e/ou setores produtivos, os mesmos passam a ser questionáveis do ponto de vista estatístico e seus resultados tornam-se frágeis ao se analisar questões complexas que envolvem a necessidade de estimação de um número relativamente grande de parâmetros. Além disso, por seu caráter multissetorial, os modelos EGC tornam-se mais ricos quanto ao detalhamento e a especificidade de seus resultados.

O ganho analítico e de conhecimento sobre a estrutura econômica do estado proporcionado por tais instrumentos está claro. De fato, esse conjunto de ferramentas foi produzido com o objetivo maior de dotar o estado com um instrumental mais sofisticado para análise de políticas públicas, bem como dos efeitos decorrentes das decisões de política econômica por parte do governo local.

Diante da contribuição potencial para produzir uma atuação pública baseada em evidência, o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), produziu, no âmbito do Programa para Resultados (*PforR*), a Tabela de Recursos e Usos Regional (TRUR/CE), a Matriz de Insumo-Produto Regional (MIPR/CE) e o Modelo de Equilíbrio Geral Computável (MEGC/CE), todos dedicados à economia cearense.

Todos estes produtos foram desenvolvidos por uma consultoria especializada sob a coordenação e o acompanhamento do IPECE. A presente nota, elaborada pela equipe técnica que coordenou o projeto, sintetiza e reorganiza os vários relatórios de trabalhos elaborados ao longo do desenvolvimento do projeto, permitindo uma leitura mais acessível. Neste contexto, a presente publicação busca apresentar o Modelo MEGC/CE, batizado de *Modelo MARES/CE*, em referência

a uma das belezas naturais características do estado¹. Já a TRUR/CE e a MIPR/CE foram apresentados anteriormente em documento próprio². Importante ressaltar que o projeto de elaboração se iniciou em 2017 e foi finalizado em 2018. Todas as ferramentas possuem o ano de 2013 como referência para os dados.

Por fim, ao disponibilizar o presente relatório, o IPECE segue firme em sua missão de gerar conhecimento sobre o Estado do Ceará e favorecer a proposição de políticas públicas assessorando o governo do estado em suas decisões estratégicas.

¹ O modelo MARES/CE foi inicialmente, e de modo resumido, apresentado em Paiva et al. (2019).

² Ver Paiva e Trompieri Neto (2020).

1. INTRODUÇÃO

A presente nota técnica apresenta o modelo de equilíbrio geral computável (MEGC) desenvolvido para o Ceará, denominado de *MODELO MARES/CE*, ou *Modelo de Análise Regional Estático para Economia do Ceará*. A construção do modelo busca atender ao objetivo de aperfeiçoar as análises da economia estadual, em especial em decorrência das decisões de política econômica por parte do governo local, e dotar o estado com instrumental mais sofisticado para análise de políticas públicas.

Apesar de existirem muitas diferenças nas formulações dos Modelos de Equilíbrio Geral Computáveis, eles apresentam duas características comuns. Primeiro, são modelos de equilíbrio geral, uma vez que abarcam o conjunto da economia, determinando endogenamente, por meio de programas microeconômicos de otimização, os preços relativos e as quantidades produzidas. Segundo, são modelos computáveis ou aplicados, pois resolvem numericamente o problema de equilíbrio geral ao fornecerem resultados abrangentes e detalhados dos efeitos de mudanças políticas sobre as economias analisadas.

A base empírica dos Modelos de Equilíbrio Geral Computáveis é a Matriz de Contabilidade Social (MCS), a qual registra as receitas e despesas de todos os agentes da economia, como empresas, fatores de produção, famílias, governo e resto do mundo. As matrizes, por sua vez, são construídas a partir de informações contidas na TRU e nas Contas Nacionais ou Regionais.

A partir da MCS, a construção dos modelos EGC consiste em atribuir formas funcionais aos agentes econômicos que representem o seu comportamento quando produziram os fluxos presentes na MCS. A ideia é que os valores expressos nesses fluxos são resultado de ações comportamentais dos agentes econômicos presentes no modelo. Assim sendo, os modelos de EGC se posicionam como uma extensão moderna dos tradicionais modelos de contabilidade social e de insumo produto. Eles possibilitam variações nos preços relativos, na substituição de fatores de produção e de produtos. Também em razão de seu caráter multisetorial, eles são mais ricos em detalhes do que os modelos econométricos.

De forma resumida, um modelo de Equilíbrio Geral Computável é uma caracterização computacional de uma determinada economia e é composto por uma série de equações que são derivadas com base em pressupostos específicos dos comportamentos e interações dos agentes econômicos, dentro e fora da economia em questão. Quando calibrado com dados reais, tais modelos possuem a capacidade de replicar a atividade observada numa determinada economia em um determinado ponto no tempo. Como tal, a análise de políticas usando modelos EGC deve vir acompanhada de uma série de simulações ou experimentos, permitindo explorar o impacto potencial que tais políticas possam exercer na economia.

Por fim, com o intuito de apresentar o modelo MARES/CE de forma apropriada e permitir um melhor conhecimento de suas características, a presente nota está organizada em cinco seções. A seção seguinte faz a apresentação formal do modelo, com suas premissas, agentes, equações, variáveis e parâmetros. A seção três trata da calibração, discutindo a Matriz de Contabilidade Social e a obtenção do equilíbrio base. A seção quatro apresenta alguns resultados para exercícios de simulação ilustrativos de algumas opções de aplicação do instrumental, revelando resultados coerentes com teoria econômica. Por fim, a seção cinco traz algumas breves considerações finais.

2. O MODELO TEÓRICO

A seção apresenta o modelo MARES/CE, suas características básicas, as formas funcionais, as variáveis e os parâmetros, as condições de fechamento e o equilíbrio macroeconômico.

2.1. Definições iniciais

Existem muitas diferenças entre os modelos EGC encontrados na literatura, especialmente com relação à importância da regionalidade, às equações comportamentais e ao fechamento macroeconômico. Isto ocorre porque, em última instância, estes aspectos estão intimamente ligados às características da economia que está sendo analisada. De todo modo, em geral, a construção de um modelo de equilíbrio geral computável segue as seguintes fases:

1. Definição do tipo de modelo;
2. Escolha do nível de desagregação;
3. Formação de um banco de dados para o ano base;
4. Definição das formas funcionais (equações comportamentais e identidades contábeis);
5. Elaboração da Matriz de Contabilidade Social - MCS e calibragem dos parâmetros;
6. Construção de rotina computacional; Resolução do modelo para o ano base, e;
7. Simulação de políticas econômicas.

Como todos do tipo, o modelo cearense possui suas características específicas que foram definidas com base na disponibilidade de dados e nas aplicações desejadas para ferramenta. Neste sentido, uma primeira característica do modelo MARES/CE é sua concepção como um “Modelo de Região Única”. Em tais modelos, uma região (o estado do Ceará) pode ser entendido como uma economia pequena, incapaz de influenciar significativamente os preços nas demais regiões com que se relaciona (os demais estados brasileiros ou o resto do Brasil) e os preços internacionais. No modelo MARES/CE, a economia cearense negocia com o resto do Brasil e com o resto do mundo, mas sem o poder de influenciar o comportamento dos preços relativos em tais regiões.

A construção de um modelo de “Região Única”, é completamente adequado para os fins da análise. Este modelo considera as especificidades da estrutura produtiva local, mas devido à pouca disponibilidade de dados, não considera a retroalimentação inter-regional. Adicionalmente, devido à dimensão relativamente pequena da economia do Ceará diante da economia nacional, tais transbordamentos devem ser pouco relevantes³.

Na literatura de MEGC Regional, uma quantidade considerável de modelos é concebida considerando apenas uma região. Por serem modelos projetados para fins específicos, vê-se tal abordagem como razoável, particularmente quando se trata de regiões pequenas como, por exemplo, o Condado de Churchill, no estado de Nevada, considerado por Seung et al. (2000), ou Fort Collins, no Colorado, em estudo de Schwarm e Cutler (2006).

O modelo cearense MARES se caracteriza também como um modelo do tipo estático. Nestes modelos, as trajetórias temporais que as variáveis assumem a partir de choques exógenos não são consideradas e o tempo de ajuste não é tratado explicitamente como fazem os modelos dinâmicos. Nos modelos estáticos a atenção recai sobre o equilíbrio resultante após o choque exógeno e suas diferenças em relação ao equilíbrio inicial (equilíbrio base) ou anterior. A construção de modelos dinâmicos exigiria uma quantidade maior de dados do que a disponível quando da construção do modelo para economia cearense, em especial, no tocante à disponibilidade de dados para diferentes pontos do tempo e não apenas para o ano de referência adotado (2013).

Os modelos CGE de região específica e estáticos são amplamente utilizados para várias avaliações empíricas, e apresentam certo grau de simplicidade que direcionam o foco analítico ao objeto de estudo. Muito embora apresentem um esboço simplificado, os modelos de região específica de uso geral suprem as necessidades analíticas do recorte adotado. Destes modelos, o mais conhecido é o modelo AMOS da Escócia, descrito em Harrigan et al. (1991) e utilizado de forma contínua nas últimas décadas.⁴

³ De acordo com IPECE (2011), a participação do PIB do estado do Ceará no PIB nacional evoluiu de 1,9% no ano 2000 para 2% em 2010. Tal participação permaneceu observada em IPECE (2016), para os anos de 2010 a 2013. Isso sugere que a participação do Estado no PIB não varia substancialmente em intervalos curtos de tempo.

⁴ AMOS: A Macro-Micro Model of Scotland.

Outra característica diz respeito às formas funcionais empregadas. Neste particular, o conjunto de formas funcionais que caracterizam o sistema de equilíbrio geral deve expressar as motivações e as restrições dos agentes da economia que está sendo investigada. Na definição das equações, deve-se ter o cuidado de compatibilizar os fundamentos microeconômicos, que refletem o comportamento individual dos agentes, com o fechamento macroeconômico do modelo.

Seguindo a literatura que trata do tema, as formas funcionais utilizadas neste modelo são aquelas ditas bem-comportadas, como a Cobb-Douglas, a Leontief, a função de produção CES (*Constant Elasticity of Substitution*), a função de transformação CET (*Constant Elasticity of Transformation* CET). A opção por equações que sejam de fácil manejo para viabilizar a análise empírica é algo recomendado. Este é um aspecto bastante restritivo: formas funcionais mais sofisticadas - que teoricamente podem ser mais satisfatórias - normalmente apresentam o inconveniente de demandarem uma maior quantidade de parâmetros, o que representa uma desvantagem devido à dificuldade de se calibrar os mesmos.

No modelo aqui proposto, os agentes econômicos que possuem equações comportamentais são as famílias, o setor governamental, os setores produtivos (empresas), o resto do Brasil e o resto do mundo. As famílias recebem o rendimento dos fatores e, após a dedução do imposto de renda, definem o montante de sua renda líquida destinado para gastos de consumo e o montante que é poupado. A demanda de consumo das famílias decorre da maximização de uma função utilidade do tipo Cobb-Douglas, restrita à renda disponível.

Com relação ao setor governamental, não há maneira de se desmembrar o mesmo em entes federal e estadual, assim, esses dois entes foram unificados em um único agente. A receita do governo é definida pelos tributos, cujas alíquotas são exógenas. Os componentes da despesa, como o consumo e as transferências, são exógenos. No entanto, tanto as receitas como as despesas dependem dos preços e, por isso, pode-se dizer que os seus níveis são determinados endogenamente no modelo.

Os setores podem ser vistos como empresas, que maximizam lucro e, dessa forma, otimizam o emprego de fatores e o uso de insumos intermediários. Os insumos intermediários são utilizados em proporções fixas, juntamente com um bem composto que resulta da utilização de

capital e trabalho. A demanda por esses dois fatores decorre do processo de maximização do lucro sujeito a restrição tecnológica existente, a qual é modelada de acordo com uma função do tipo Cobb-Douglas. Em sua versão original, o modelo MARES/CE considera um nível de desagregação de 16 atividades, em consonância com o nível de desagregação das contas regionais⁵.

Com base nos preços relativos, internos e externos, os setores definem a proporção de sua produção ofertada no estado e exportada para fora dele. A produção exportada é desmembrada em exportações para o resto do país e exportações para o resto do mundo. Este desmembramento entre oferta interna, oferta para o resto do Brasil e oferta para o resto do Mundo é feito com base em uma função de transformação do tipo CET. A parcela da produção doméstica destinada às exportações atende às demandas externas, do resto do Brasil e do resto do Mundo.

A parcela da produção doméstica disponível para o Ceará é combinada com produtos relativamente homogêneos importados do resto do país e do resto do Mundo. Isso é feito com base em uma função de produção do tipo CES. Ao final desse processo, tem-se um composto final que atende o consumo das famílias, do governo, atende à demanda por investimentos, assim como é canalizado para insumos intermediários de outros setores.

O setor externo (resto do Brasil e resto do Mundo) apresenta um papel relativamente passivo neste modelo, pois as exportações são definidas pelas empresas domésticas e as importações pelos consumidores domésticos intermediários e finais: dados os preços relativos, as empresas definem o destino da sua oferta (via CET) e os consumidores a origem de sua demanda (via CES)⁶.

Um ponto importante na construção do modelo é a definição das condições de equilíbrio e fechamento macroeconômico. A condição de equilíbrio incluída no modelo é a de igualdade entre a oferta e a demanda do produto de cada setor, a qual decorre de ajustamentos nos preços e nas quantidades. Especificamente, em se tratando do nível de preços, a distinção entre preços básicos e preços ao consumidor é sempre respeitada. Já o fechamento

⁵ A mesma utilizada no cálculo e divulgação do Produto Interno Bruto (PIB) do estado do Ceará. Ver Quadro 1, p. 39.

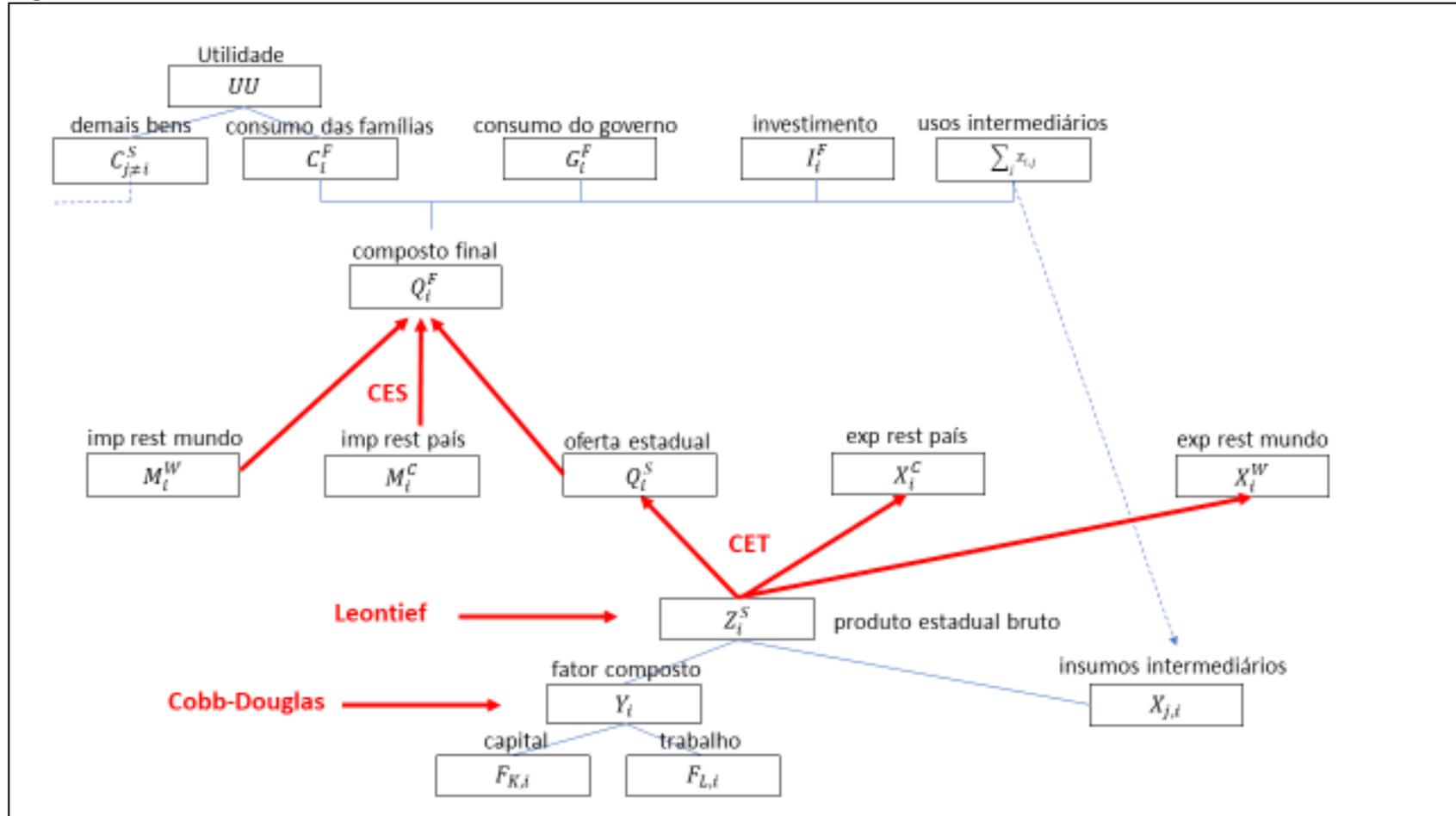
⁶ Isso equivale à hipótese de que o Ceará seria um “pequeno país” ou, em outras palavras, uma “pequena economia”.

macroeconômico força um ajustamento do investimento para igualar-se à poupança global disponível.

A formação do banco de dados para dar suporte ao modelo foi basicamente feita em dois estágios: no primeiro estágio foram coletados e organizados os dados brutos, e, no segundo estágio, esses dados foram compilados de modo a formar uma Matriz de Contabilidade Social (MCS). O modelo teórico foi construído levando em consideração a disponibilidade dos dados para a formulação da MCS. Com base nessa matriz grande parte dos parâmetros do modelo teórico são calibrados.

A estrutura do modelo é apresentada na Figura 1, a seguir. Ela também apresenta parcialmente a notação que será utilizada neste relatório.

Figura 1: Estrutura do Modelo MARES/CE



Fonte: Elaboração própria. Nota: Os sobrescritos S, C e W utilizados na notação referem-se, respectivamente, a Estado (State), País (Country) e Mundo (World).

Os fluxos acima que compõem a estrutura do modelo MARES/CE são explicados a seguir. A leitura é realizada de baixo para cima, tomando um setor $i \in I$ como exemplo. Os fluxos destacam os bens e fatores em cada estágio em que são combinados para produção ou consumo:

1. Os fatores capital ($F_{K,i}$) e trabalho ($F_{L,i}$) são agregados no fator composto (Y_i) usando a função de produção Cobb-Douglas.
2. Esse fator composto (Y_i) é combinado com os j insumos intermediários utilizados no setor i , $X_{j,i}$, para gerar a produção estadual bruta (Z_i^S), cuja função de produção é modelada de acordo com uma Leontief.
3. A produção estadual bruta (Z_i^S) é ofertada dentro do estado (Q_i^S) e exportada pelo estado para o resto do Brasil (X_i^C) e para o resto do Mundo (X_i^W). Para tanto, faz-se uso de uma função de transformação CET.
4. A quantidade de bem que permanece no estado (Q_i^S) é combinada com as importações do resto do Brasil (M_i^C) e com as importações do resto do mundo (M_i^W) por meio de uma função de produção do tipo CES, a qual produz o bem composto final (Q_i^F).
5. Esse bem composto final (Q_i^F) é distribuído entre o consumo privado das famílias no estado (C_i^F), consumo do governo (G_i^F), é investido no estado (I_i^F), e é utilizado como insumo intermediário pelos setores que compõem a economia estadual ($\sum_j X_{i,j}$).
6. Por fim, a utilidade das famílias (UU) é gerada pelo consumo dos bens C_i^F e $C_{j \neq i}^F$ como indica a função de utilidade, também do tipo Cobb-Douglas. Isso encerra a estrutura do modelo.

2.2. Modelagem dos Agentes e Fechamento Macroeconômico

2.2.1. Família Representativa

O problema da família representativa tem a seguinte forma:

$$\begin{aligned} \max_{C_i^F} UU &= \prod_i (C_i^F)^{\alpha_i} & (1) \\ \text{s. t.} \quad \sum_i p_i^{qF} C_i^F &\leq \sum_h p_h^f FF_h - S^S - T_H^D + tr_H \end{aligned}$$

onde:

UU : utilidade;

C_i^F : consumo doméstico do i -ésimo bem setorial;

FF_h : dotação do h -ésimo fator para o agregado familiar;

S^S : poupança das famílias;

T_H^D : imposto direto sobre as famílias;

tr_H : transferências às famílias;

p_i^{qF} : preço do i -ésimo bem composto final;

p_h^f : preço do h -ésimo fator;

α_i : parâmetro de participação na função de utilidade, com $0 \leq \alpha_i \leq 1$ e $\sum_i \alpha_i = 1$.

Resolvendo este problema, obtemos a função de demanda doméstica, por parte das famílias, pelo i -ésimo bem setorial:

$$C_i^F \leq \frac{\alpha_i}{p_i^{qF}} \left(\sum_h p_h^f FF_h - S^S - T_H^D + tr_H \right) \quad \forall i \quad (2)$$

2.2.2. Firmas

Insumos intermediários são utilizados no processo de produção das firmas/setores. Devido a essa característica, o processo de produção é dividido em duas etapas. Na primeira etapa, capital e trabalho são combinados para a produção de um fator composto (ou valor adicionado). O processo de produção do fator composto pode ser considerado como o comportamento de uma fábrica virtual, que maximiza seu lucro, escolhendo seu nível de produto (fator composto) e seus insumos (capital e trabalho), de acordo com a tecnologia disponível. Na segunda etapa, o fator composto é combinado com insumos intermediários para produzir o produto estadual bruto.

Quanto à tecnologia neste processo de produção de duas etapas, assume-se uma função de produção do tipo Cobb-Douglas para a primeira fase, e uma função de produção de tipo Leontief para a segunda fase. Ambas funções são homogêneas de grau um e, portanto, caracterizadas por retornos constantes de escala. Frisa-se que há possibilidade de substituição entre insumos na função de produção do tipo Cobb-Douglas e há ausência dessa característica na função de produção do tipo Leontief. Também é importante ressaltar que, na segunda etapa, a firma maximiza lucros atentando para os impostos diretos que incorrem sobre o valor do produto estadual bruto.

Como a parte empírica do MARES/CE é desenvolvida com base na Matriz Insumo-Produto, a qual distingue dezenas de atividades/produtos, o número de variáveis endógenas, particularmente para insumos intermediários, aumenta de acordo com o quadrado do número das atividades/produtos considerados. Neste sentido, a função de produção do tipo Leontief reduz significativamente a complexidade do modelo e, portanto, a carga computacional para a solução do mesmo.

Os problemas de maximização de lucro para o i -ésimo setor são específicos para cada etapa e podem ser escritos da seguinte forma:

Primeira etapa:

$$\max_{F_{h,i}} \pi_i^y = p_i^y Y_i - \sum_h p_h^f F_{h,i} \quad ; \quad Y_i = b_i \prod_h F_{h,i}^{\beta_{h,i}} \quad (3)$$

Segunda etapa:

$$\max_{Y_i, X_{j,i}} \pi_i^z = p_i^z Z_i^S - \left(p_i^y Y_i + \sum_j p_j^{qF} X_{j,i} \right) ; \quad (4)$$

$$Z_i^S = \min \left(\frac{X_{j,i}}{ax_{j,i}}, \frac{Y_i}{ay_i} \right) \quad \forall i$$

Onde:

π_i^y : lucro do i -ésimo setor produtor do fator composto Y_i na primeira etapa;

π_i^z : lucro do i -ésimo setor produzindo o produto estadual bruto Z_i^S na segunda etapa;

Y_i : fator composto, produzido na primeira etapa e utilizado na segunda etapa pelo i -ésimo setor;

$F_{h,i}$: o h -ésimo fator utilizado pelo i -ésimo setor na primeira etapa;

Z_i^S : produção estadual bruta do i -ésimo setor;

$X_{j,i}$: o j -ésimo insumo intermediário usado pelo i -ésimo setor;

p_i^y : preço do i -ésimo fator composto;

p_h^f : preço do h -ésimo fator;

p_i^z : preço do i -ésimo produto estadual bruto;

p_j^{qF} : preço do j -ésimo insumo (bem composto) intermediário;

$\beta_{h,i}$: coeficiente de participação na função de produção de fator composto;

b_i : coeficiente de escala na função de produção de fator composto;

$ax_{j,i}$: coeficiente de conversão do j -ésimo insumo intermediário em uma unidade de produto do i -ésimo bem;

ay_i : coeficiente de conversão do i -ésimo bem composto em uma unidade de produto do i -ésimo bem.

Em cada estágio de produção, o valor objetivo é o lucro do setor. Na função lucro da primeira fase o primeiro termo do lado direito representa as vendas do fator composto, o segundo representa os custos com insumos - capital e trabalho - utilizados para sua produção. A restrição em (3) representa a tecnologia da produção do fator composto descrita por uma função de produção tipo Cobb-Douglas.

Na função de lucro do segundo estágio, o primeiro termo do lado direito são as vendas da produção estadual bruta, que consiste em bens comuns. Note que, nessa etapa, a firma maximiza lucros atentando para os impostos diretos (*ad valorem*) que incorrem sobre o que ela irá produzir. Já o segundo e o terceiro termos são, respectivamente, os custos do fator composto e dos insumos intermediários utilizados na produção estadual bruta. A restrição descrita em (4) é uma função de produção do tipo Leontief para a produção estadual bruta com o fator composto e os insumos intermediários.

Resolvendo estes dois problemas, obtemos:

$$Y_i = b_i \prod_h F_{h,i}^{\beta_{h,i}} \quad \forall i \quad (5)$$

$$F_{h,i} = \frac{\beta_{h,i} p_i^y}{p_h^f} Y_i \quad \forall h, i \quad (6)$$

$$X_{j,i} = ax_{j,i} Z_i^S \quad \forall i, j \quad (7)$$

$$Y_i = ay_i Z_i^S \quad \forall i \quad (8)$$

$$Z_i^S = \min \left(\frac{X_{j,i}}{ax_{j,i}}, \frac{Y_i}{ay_i} \right) \quad \forall i \quad (9)$$

A função de produção (9) gera isoquantas retangulares, cujas quinas geram dificuldades em cálculos numéricos. Para contornar esse problema computacional substitui-se (9) por uma condição de lucro zero, que deve sempre ser atendida, pois é pressuposto que os setores atuam em concorrência perfeita e sempre agem maximizando lucros. Assim, tem-se que:

$$\pi_i^z = p_i^z Z_i^S - \left(p_i^y Y_i + \sum_j p_j^{qF} X_{j,i} \right) = 0 \quad \forall i \quad (10)$$

Esta condição de lucro zero pode ser incluída no modelo, no entanto, é mais conveniente transformá-la em uma expressão mais simples condizente com uma função

de custo unitário. Utilizando (7) e (8), pode-se eliminar $X_{j,i}$ e Y_i para obter a expressão (11):

$$p_i^z Z_i^S - \left(ay_i p_i^y Z_i^S + \sum_j ax_{j,i} p_j^{qF} Z_i^S \right) = 0 \quad \forall i \quad (11)$$

E, novamente, eliminando Z_i^S , obtém-se a seguinte função de custo unitário:

$$p_i^z - \left(ay_i p_i^y + \sum_j ax_{j,i} p_j^{qF} \right) = 0 \quad \forall i \quad (12)$$

Substituindo (9) por (12), podemos descrever o comportamento das empresas com as expressões de (5) - (8) e (12).

2.2.3. Comércio Exterior

Outra característica do modelo apresentado é o tratamento de uma economia aberta. Para simplificar, supõe-se que a economia do Ceará é relativamente pequena, e que não tem impacto significativo no resto do mundo, nem no resto do Brasil. Em outras palavras, os preços de exportação e importação (nacionais e importados) são dados de forma exógena para esta economia. Suposição totalmente condizente com a realidade.

Além disso, supõe-se que o Estado negocia com o resto do Brasil e com o resto do Mundo. Com efeito, esses dois conglomerados devem ser vistos como os únicos parceiros comerciais do Estado. Note-se, entretanto, que o Ceará é demasiadamente pequeno para alterar preços nessas duas regiões, daí a opção de se trabalhar com um modelo de região única, e não um modelo do tipo múltiplas regiões.

Em relação ao comércio internacional, deve-se distinguir dois tipos de variáveis de preço, uma em termos da moeda doméstica, p_i^{xW} e p_i^{mW} , e a outra em termos da moeda estrangeira, $p_i^{U\$xw}$ e $p_i^{U\$mw}$. Esses preços são ligados entre si por uma margem de comercialização que envolve também a taxa de câmbio:

$$p_i^{xW} = mg^w \cdot p_i^{U\$xw} \quad \forall i \quad (13)$$

$$p_i^{mW} = mg^w \cdot p_i^{U\$mw} \quad \forall i \quad (14)$$

Onde mg^w é uma margem de comércio que inclui em si a taxa de câmbio (de Reais por Dólares). Além disso, presume-se que a economia enfrenta restrições no balanço de pagamentos que podem ser descritas com os preços de exportação e importação em moeda estrangeira:

$$\sum_i p_i^{U\$xw} X_i^W + S_{U\$}^W = \sum_i p_i^{U\$mw} M_i^W \quad (15)$$

A expressão (15) também pode ser reescrita em termos de moeda nacional. Nesses termos, temos:

$$S^W = \left(\frac{1}{mg^w} \right) \sum_i (p_i^{mw} \cdot M_i^W - p_i^{xw} \cdot X_i^W) \quad (16)$$

As notações são:

p_i^{xW} : preço de exportação em termos de moeda nacional;

$p_i^{U\$xw}$: preço de exportação em termos de moeda estrangeira;

X_i^W : exportações, para o resto do mundo, do i -ésimo bem setorial;

p_i^{mW} : preço de importação em termos de moeda nacional;

$p_i^{U\$mw}$: preço de importação em termos de moeda estrangeira;

M_i^W : importações, do resto do mundo, do i -ésimo bem setorial;

$S_{U\W : déficit em conta corrente em moeda estrangeira (o qual equivale a poupança externa, exógena).

S^W : déficit em conta corrente em moeda nacional.

Analogamente, para o restante do país também vale:

$$p_i^{xC} = mg^C \cdot p_i^{xBR} \quad \forall i \quad (17)$$

$$p_i^{mC} = mg^C \cdot p_i^{mBR} \quad \forall i \quad (18)$$

$$S^C = \left(\frac{1}{mg^C}\right) \sum_i (p_i^{mC} M_i^C - p_i^{xC} X_i^C) \quad (19)$$

Onde mg^C representa uma margem de comércio para ajuste nos preços dos produtos nacionais, e notando-se que p_i^{mC} e p_i^{xC} (assim como p_i^{mBR} e p_i^{xBR}) são expressos em Reais.

2.2.4. CES: Bem Composto

O modelo admite que o Estado do Ceará é uma pequena economia aberta. Isso requer que se considerem diferenças (ou similaridades) entre bens setoriais produzidos/consumidos no mercado interno e importados/exportados. É necessário, portanto, supor que sejam imperfeitamente substituíveis uns com os outros, ou seja, os bens de fabricação local/nacional são supostamente semelhantes, mas ligeiramente diferentes dos bens importados.

Os dados sobre comércio exterior geralmente relatam exportações e importações para um mesmo bem. Isso é conhecido como comércio bilateral ou *cross-hauling*. Para lidar com isso, distinguimos um bem importado de um exportado mesmo quando são classificados como um mesmo bem. O grau de diferença/semelhança entre eles pode ser medido por um parâmetro como a elasticidade de substituição em funções de elasticidade de substituição constante (CES). Se forem significativamente diferentes umas das outras, a elasticidade de substituição torna-se pequena (i.e., inelástica) e vice-versa.

O pressuposto de Armington implica que os setores e demandantes finais não consomem ou utilizam diretamente bens setoriais locais, mas sim o chamado "bem composto de Armington", que compreende um mix das importações dos produtos setoriais nacionais e importados e dos bens setoriais locais correspondentes. Para tanto, será assumido a existência de setores virtuais que se comportam de modo a maximizar seus lucros, escolhendo uma combinação adequada de produtos setoriais locais e nacionais. A solução do problema de maximização de lucros leva às demandas por insumos setoriais nacionais/estrangeiros e locais, e o nível de produção do bem composto ajustado às quantidades de bens nacionais/estrangeiros e locais, respeitados todos os preços envolvidos.

Por se tratar de uma economia pequena, os preços não locais podem ser tratados como exógenos. Adicionalmente, fazendo-se uso da Lei de Walras, todos esses preços podem ser forçados para a unidade. É importante notar que isso permanece em conformidade com contrapartida empírica da MCS, além de não incorrer em problemas para a calibração dos parâmetros do modelo, como será visto mais à frente. Este processo de produção pode ser descrito por uma função CES como a descrita a seguir, em (20). A função CES é caracterizada pelo parâmetro de elasticidade de substituição (σ_i) que indica as variações percentuais na taxa de fatores de produção causadas por uma variação de 1% nos preços relativos dos insumos. Graficamente, este parâmetro determina simplesmente a curvatura das isoquantas. Quanto maior a elasticidade mais suave é a curvatura das isoquantas ou a proporção de insumos é ajustada de forma mais flexível. O contrário é verdade. Neste caso, o extremo é a função de tipo Leontief, onde $\sigma_i = 0$.

O problema de otimização para o i -ésimo setor produtor do bem composto de Armington pode ser escrito da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \max_{M_i^C, M_i^W, Q_i^S} \pi_i^{qF} &= p_i^{qF} Q_i^F & (20) \\ &- [p_i^{qS} Q_i^S + p_i^{mC} M_i^C + (1 + \tau^m) p_i^{mW} M_i^W] \\ \text{s. t.} \quad Q_i^F &= \gamma_i (\delta q_i^S (Q_i^S)^{\eta_i} + \delta m_i^C (M_i^C)^{\eta_i} \\ &+ \delta m_i^W (M_i^W)^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}} \end{aligned}$$

As notações são:

π_i^{qF} : lucro do setor local que produz o i -ésimo bem final;

p_i^{qF} : preço de oferta do i -ésimo bem final;

p_i^{mC} : preço de demanda (incorpora impostos) pelo i -ésimo bem do resto do país;

p_i^{qS} : preço de demanda pelo i -ésimo bem (bruto) doméstico;

Q_i^S : Demanda pelo i -ésimo bem (bruto) doméstico;

M_i^C : demanda pelo i -ésimo bem importado do resto do país;

M_i^W : demanda pelo i -ésimo bem importado do resto do mundo;

τ_i^m : alíquota de importação sobre o i -ésimo bem importado do resto do mundo;

γ_i : coeficiente de escala da função de produção do bem composto de Armington;

$\delta m_i^C, \delta m_i^W, \delta q_i^S$: coeficientes de participação na função de produção de bens compostos de Armington, com $0 \leq \delta m_i^C, \delta m_i^W, \delta q_i^S \leq 1$ e $\delta m_i^C + \delta m_i^W + \delta q_i^S = 1$;

η_i : parâmetro definido pela elasticidade de substituição entre bem local e nacional, ($\eta_i = \frac{\sigma_i - 1}{\sigma_i} \leq 1$);

σ_i : elasticidade de substituição na função de produção de bens compostos de Armington.

As condições de primeira ordem para a otimização do problema acima referido, implicam nas seguintes funções de demanda para bens setoriais local, nacional e importado:

$$Q_i^S = \left[\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta q_i^S p_i^{qF}}{p_i^{qS}} \right]^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i^F \quad \forall i \quad (21)$$

$$M_i^C = \left[\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta m_i^C p_i^{qF}}{p_i^{mC}} \right]^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i^F \quad \forall i \quad (22)$$

$$M_i^W = \left[\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta m_i^W p_i^{qF}}{(1 + \tau_i^m) p_i^{mW}} \right]^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i^F \quad \forall i \quad (23)$$

Agora se precisa analisar as decisões estratégicas de oferta, ou seja, de que forma são tomadas as decisões com relação ao que é ofertado para o Estado do Ceará, para o resto do país, e para o resto do mundo.

É assumido que os setores transformam a produção interna bruta através de um processo de transformação imperfeita, o qual é expresso com base numa função de elasticidade de transformação constante (CET).

A oferta depende dos preços relativos entre bens estaduais, bens do resto do Brasil, e bens do resto do mundo. Quanto maior a elasticidade de transformação (ψ_i), mais suave é a curvatura das isoquantas. Ou seja, uma maior elasticidade de transformação, tende a tornar a razão entre a oferta “Ceará/Fora do Ceará” mais sensível a uma mudança nos preços relativos.

2.2.5. CET: Oferta Interna, para o Resto do Brasil, e para o Resto do Mundo

Na primeira etapa o setor escolhe o quanto será produzido para consumo local e quanto será enviado para fora do Estado. O problema de maximização de lucros para o i -ésimo setor que transforma seu produto estadual bruto em bens para consumo doméstico e não-doméstico pode ser expresso do seguinte modo:

$$\max_{x_i^S, Q_i^S} \pi_i^{zS} = (p_i^{qS} Q_i^S + p_i^{xC} X_i^C + p_i^{xW} X_i^W) - (1 + \tau_i) p_i^Z Z_i^S \quad (24)$$

$$s. t. \quad Z_i^S = \theta_i \left(\xi q_i^S (Q_i^S)^{\phi_i} + \xi x_i^C (X_i^C)^{\phi_i} + \xi x_i^W (X_i^W)^{\phi_i} \right)^{\frac{1}{\phi_i}}$$

As notações são:

π_i^{zS} : lucro do setor envolvido na i -ésima transformação;

p_i^{qS} : preço de oferta do i -ésimo bem setorial, a ser ofertado no estado;

p_i^{xC} : preço de oferta do i -ésimo bem a ser exportado para o resto do Brasil;

p_i^{xW} : preço de oferta do i -ésimo bem a ser exportado para o resto do Mundo, em termos de moeda nacional;

p_i^Z : preço de demanda do i -ésimo produto estadual bruto;

Q_i^S : oferta para o estado do i -ésimo bem setorial;

X_i^C : exportações totais para o Resto do Brasil do i -ésimo bem setorial;

X_i^W : exportações totais para o Resto do Mundo do i -ésimo bem setorial;

Z_i^S : produção estadual bruta do i -ésimo bem setorial, a ser transformada;

τ_i : alíquota de imposto sobre o i -ésimo bem produzido no estado (soma das alíquotas de ICMS e Outros impostos);

θ_i : coeficiente de escala da i -ésima função de transformação;

$\xi q_i^S, \xi x_i^C, \xi x_i^W$: coeficientes de participação para o i -ésimo bem de transformação, com $0 \leq \xi q_i^S, \xi x_i^C, \xi x_i^W \leq 1$ e $\xi q_i^S + \xi x_i^C + \xi x_i^W = 1$;

ϕ_i : parâmetro definido pela elasticidade da transformação, onde $\phi_i = \frac{\psi_i + 1}{\psi_i} \geq 1$;

ψ_i : elasticidade de transformação do i -ésimo bem de transformação.

Resolvendo este problema de maximização, obtém-se as seguintes funções de oferta:

$$Q_i^S = \left[\frac{\theta_i^{\phi_i} \xi q_i^S (1 + \tau_i) p_i^z}{p_i^{qS}} \right]^{\frac{1}{1-\phi_i}} Z_i^S \quad \forall i \quad (25)$$

$$X_i^C = \left[\frac{\theta_i^{\phi_i} \xi x_i^C (1 + \tau_i) p_i^z}{p_i^{xC}} \right]^{\frac{1}{1-\phi_i}} Z_i^S \quad \forall i \quad (26)$$

$$X_i^W = \left[\frac{\theta_i^{\phi_i} \xi x_i^W (1 + \tau_i) p_i^z}{p_i^{xW}} \right]^{\frac{1}{1-\phi_i}} Z_i^S \quad \forall i \quad (27)$$

Como as alíquotas de imposto $(1 + \tau_i) = (1 + \tau_i^{ICMS} + \tau_i^{Out})$ recaem sobre a produção interna bruta (Z_i^S), utilizada como insumo neste processo de transformação, então tais alíquotas aparecem na equação que define o lucro e, conseqüentemente, também nos numeradores das duas funções de oferta acima.

2.2.6. Governo

Os modelos EGC são frequentemente utilizados para análise de políticas. Geralmente são retratadas preocupações com alterações nos dispositivos de política governamental como, por exemplo, alterações nas alíquotas de imposto ou do nível de transferências do governo federal para o estadual. Apesar dessa preocupação, a MIP não faz nenhum tipo de distinção entre as esferas de governo estadual e federal. Por conta disso, as esferas foram reunidas em um único ente governamental, que trataremos aqui por “Governo”.

O Governo coleta impostos, consome bens e serviços, poupa/investe, além de receber transferências e conceder subsídios⁷. É importante ressaltar que não há uma única maneira perfeita de se modelar as atividades governamentais do ponto de vista dos microfundamentos. A modelagem do governo depende do propósito da análise, da disponibilidade de dados, e até mesmo da conveniência e/ou preferência do pesquisador.

⁷ Apesar de o resultado líquido ser considerado, as transferências se dão em ambos os sentidos.

A modelagem do governo apresentada aqui é apenas um exemplo dentre várias especificações possíveis e fora escolhida por melhor adequar-se à estrutura modelada.

Presume-se que o Governo recolhe um montante de impostos diretos T_H^D sobre o rendimento familiar advindo da imposição das alíquotas τ_H^D . São impostas, ainda, tarifas de ICMS e de Outros impostos (OUT) e impostos sobre importação de produtos do exterior. Tais alíquotas são respectivamente denotadas por τ_i^{ICMS} , τ_i^{OUT} e τ_i^m . Os totais de arrecadação, em cada atividade i , com cada um desses impostos também é notado por T_i^{ICMS} , T_i^{OUT} e T_i^m . O Governo também realiza aportes monetários para as famílias cearenses e realiza transferências entre esferas de governos, cuja notação aqui será dada por tr^H e tr^G .

Por hipótese, assumimos que o Governo direciona suas receitas fiscais em transferências, consumo e poupança, e que o Governo consome cada bem em proporções fixas do total das despesas públicas. As equações-chave para o ente governamental são expostas a seguir.

As suposições acima sugerem que o Governo pode ser descrito de acordo com as equações que se seguem:

$$T_H^D = \tau_H^D \sum_h p_h^f F F_h \quad (28)$$

$$T_i^M = \tau_i^m p_i^{mW} M_i^W \quad \forall i \quad (29)$$

$$T_i^{ICMS} = \tau_i^{ICMS} p_i^z Z_i^S \quad \forall i \quad (30)$$

$$T_i^{OUT} = \tau_i^{OUT} p_i^z Z_i^S \quad \forall i \quad (31)$$

$$G_i^F \leq \frac{\mu_i}{p_i^{qF}} \left(T_H^D + \sum_i (T_i^M + T_i^{ICMS} + T_i^{OUT}) - S^G - tr^H \right) \forall i \quad (32)$$

Onde:

T_H^D : arrecadação de imposto direto incidente sobre as famílias;

T_i^M : arrecadação de imposto sobre o i -ésimo bem importado do resto do mundo (RM);

T_i^{ICMS} : arrecadação de ICMS sobre o bem setorial i ;

T_i^{OUT} : arrecadação de outros impostos sobre o bem setorial i ;

τ_H^D : alíquota de imposto direto sobre os fatores do agregado familiar;

τ_i^m : alíquota de importação (do RM) do i -ésimo bem setorial;

τ_i^{ICMS} : alíquota de ICMS do Ceará sobre o i -ésimo bem setorial;

τ_i^{OUT} : alíquota de outros impostos sobre o i -ésimo bem setorial;

FF_h : dotação do h -ésimo fator para o agregado familiar;

Z_i^S : produção estadual bruta do i -ésimo setor;

M_i^W : importações do i -ésimo bem setorial estrangeiro;

M_i^C : importações do i -ésimo bem setorial nacional;

G_i^F : consumo do governo do i -ésimo bem setorial;

p_i^z : preço do i -ésimo produto estadual bruto;

p_h^f : preço do h -ésimo fator;

p_i^{mC} : preço do i -ésimo bem setorial importado do resto do Brasil;

p_i^{mW} : preço do i -ésimo bem setorial importado do resto do mundo;

tr^H : transferências do governo para as famílias;

S_g : Poupança do governo;

μ_i : participação do i -ésimo bem na despesa pública, com $0 \leq \mu_i \leq 1$ e $\sum_i \mu_i = 1$.

Embora fora suposto que as despesas governamentais sejam alocadas entre bens de consumo proporcionalmente, como indica a equação (32), pode-se utilizar outras suposições. Como, por exemplo, simplificar ainda mais o comportamento do governo, estabelecendo seu consumo no nível inicial de equilíbrio G_{0i}^F , tal como a equação (33).

$$G_i^F = G_{0i}^F \quad \forall i \quad (33)$$

Quando o governo vende seus ativos, tais vendas aparecem como consumo negativo em bancos de dados estatísticos, como tabelas de Insumo-Produto⁸. Uma aplicação do comportamento proporcional da despesa pública sugerida acima pode não

⁸ Uma observação semelhante também pode ocorrer na conta de investimento, quando ocorre uma diminuição dos estoques.

ser adequada nestes casos. Alternativamente pode-se desenvolver um modelo que permita valores negativos para algum consumo governamental, ou seja, definir um valor negativo para o consumo de alguns bens e assumir despesas proporcionais positivas para os outros.

O governo tem um papel relativamente passivo neste modelo, pois os gastos e a arrecadação fiscal desse ente devem ser tratados basicamente como exógenos. Com efeito, assumiremos que as transferências, tr^H , e a poupança do governo, S_g , são exógenas.

2.2.7. Poupança e Investimento

Devido à periodicidade dos dados (tem-se apenas o ano de referência 2013), o MEGC aqui desenvolvido é um modelo estático. Assim, em termos estritos, a introdução direta de fatores dinâmicos como investimento e poupança deve ser considerada com a devida parcimônia, respeitando a configuração do modelo. De todo modo, apesar das limitações, não se pode ignorar o investimento devido sua participação significativa na demanda final.

Embora não seja possível modelar o investimento de maneira perfeitamente coerente com a teoria econômica e que tenha embasamento dos dados, é preciso incorporá-lo de alguma forma. Deste modo, supõe-se aqui que existe um agente de investimentos que coleta recursos das famílias, dos governos e do setor externo e os gasta na compra de bens de investimento. Embora o agregado familiar e os governos possam tomar as suas próprias decisões sobre investimento e poupança, o modelo atual assume que um agente virtual absorve toda a poupança da economia e despense a mesma na compra de bens proporcionalmente a uma quota constante λ_i .

Com efeito, podemos descrever seu comportamento usando a função de demanda de investimento, (34), a seguir:

$$I_i^F = \frac{\lambda_i}{p_i^{qF}} (S^G + S^S + S^C + S^W) \quad \forall i \quad (34)$$

As notações são:

S^S : poupança das famílias;

S^C : poupança do resto do Brasil realizada no estado;

S^G : poupanças do governo;

S^W : déficits em conta corrente em moeda nacional (o equivalente à poupança externa);⁹

I_i^F : demanda de investimento pelo i -ésimo bem setorial;

p_i^{qF} : preço do i -ésimo bem composto final;

λ_i : participação da despesa do i -ésimo bem no investimento total, com $0 \leq \lambda_i \leq 1$ e $\sum_i \lambda_i = 1$.

As variáveis entre parênteses do lado direito de (34) correspondem ao total de poupanças, consistindo em poupanças por parte do agregado familiar, do governo e do setor externo. Note que, como a soma do parâmetro de compartilhamento (λ_i) é igual à unidade, (34) implica que a poupança total em uma economia é sempre igual ao seu investimento total. Então, supondo que as poupanças das famílias e dos governos são determinadas por propensões médias constantes a poupar, tem-se que:

$$S^S = ss^s \sum_h p_h^f F F_h \quad (35)$$

$$S^G = ss^g \left(T_H^D + \sum_i (T_i^M + T_i^{ICMS} + T_i^{OUT}) \right) \quad (36)$$

Onde:

ss^s : propensão média a poupar da família representativa;

ss^g : Propensão média a poupar do governo;

Note-se que, embora a poupança seja fortemente exógena, a equação (35) pode vir a contribuir para a sua calibração. Além disso, a poupança estrangeira (S^W) e a poupança do resto do país (S^C) também são tidas como variáveis exógenas.

⁹ Note-se que $S^W = \varepsilon S^{W*}$, onde ε é a taxa de câmbio (moeda nacional / moeda estrangeira) e S^{W*} é a poupança externa em moeda estrangeira.

2.2.8. Fechamento Macroeconômico

O comportamento de agentes econômicos, como as famílias, os setores, o governo, o agente de investimentos e o setor externo, foi descrito com um conjunto de equações. O passo final neste processo de modelagem é impor as condições de mercado para que a demanda atenda à oferta em todos os mercados.¹⁰ Isso é feito da seguinte forma:

$$Q_i^F = C_i^F + G_i^F + I_i^F + \sum_j X_{i,j} \quad \forall i \quad (37)$$

$$\sum_i F_{h,i} = F F_h \quad \forall h \quad (38)$$

$$p_i^{qS} = (1 + \tau_i)p_i^Z \quad \forall i \quad (39)$$

A condição de compensação de mercado para os bens compostos de Armington é descrita pela expressão (37). Conforme discutido, o bem composto final Q_i^F é utilizado pelo agregado familiar, pelos governos e pelo agente de investimento, bem como insumo intermediário. Aplicamos o mesmo preço p_i^{qF} a todos eles. A equação (38) é a condição de compensação do mercado de fatores. Já a condição (39) garante o equilíbrio entre o preço de demanda pela produção interna bruta e o preço de oferta da produção interna bruta. Essa última condição não precisa ser imposta, uma vez que as estruturas da CES e da CET fazem a mesma valer automaticamente, no entanto, vale apenas constatar se a mesma se verifica.

Note que, o preço com o qual os indivíduos se deparam, p_i^{qF} , não é diretamente ligado ao preço com o qual o setor se defronta, p_i^Z . As estruturas CES e CET, que representam a substituição entre importações e bens domésticos, e a transformação entre

¹⁰ Matematicamente falando, a necessidade do fechamento surge quando se tem um sistema de equações que não é exatamente determinado, ou seja, quando, em um sistema de equações, o número de equações independentes for diferente do de variáveis endógenas. Se houver uma equação a mais, por exemplo, uma equação deverá ser abandonada para se obter uma solução consistente para todas as variáveis. O problema do fechamento consiste exatamente em se saber qual será a equação a ser abandonada (se o número de equações for maior do que o de variáveis), ou quais variáveis passarão a ser consideradas exógenas (se o número de variáveis for maior que o de equações independentes).

exportações e bens domésticos, respectivamente, trazem igualdade entre a demanda e o fornecimento de bens por esses agentes, mas não fazem uma ligação direta entre p_i^{qF} e p_i^z . Portanto, não impomos restrições de equalização entre esses dois preços.

Descrever restrições com as quais a economia se depara é uma abordagem necessária. Muito embora as variáveis endógenas do modelo variem em função dos estímulos do mercado, tais variações são limitadas de modo a satisfazerem essas restrições macroeconômicas.

Em suma, o modelo deve apresentar equilíbrio no mercado de produtos. A oferta setorial do produto composto, produção mais importações, deve ser igual à demanda intermediária e final, interna e externa. Este equilíbrio é alcançado através de ajustes nos preços setoriais definidos no bloco dos preços. É necessária uma identidade onde a poupança agregada seja igual ao investimento agregado, caracterizando um fechamento macroeconômico do tipo neoclássico onde o investimento é equivalente aos componentes da poupança.

2.3. Equações, variáveis e parâmetros

O modelo descrito gera um sistema com blocos de 30 equações e 30 variáveis, com um bloco a mais de equações e variáveis associados a função objetivo fictícia. Isso retorna 648 equações e variáveis singulares. Uma vez que todas as variáveis já foram devidamente apresentadas ao longo da seção anterior, aqui faz-se simplesmente a identificação das variáveis endógenas e equações do modelo.

As variáveis endógenas são descritas a seguir, juntamente com o conjunto de índices com as quais estão associadas.

$$F_{h,j}, \quad \forall h,j \rightarrow \mathbf{h.j}$$

$$X_{i,j}, \quad \forall i,j \rightarrow \mathbf{j.j}$$

$$Y_j, Z_j, Q_j^S, Q_j^F, M_j^C, M_j^W, X_j^C, X_j^W, C_j^F, G_j^F, I_j^F, T_j^M, T_j^{ICMS}, T_j^{OUT}, \forall i \rightarrow \mathbf{14.j}$$

$$T_D^H, S^S, S^G, S^C, mg^W, mg^C \rightarrow \mathbf{6}$$

$$p_h^f, \quad \forall h \rightarrow \mathbf{h}$$

$$p_j^y, p_j^z, p_j^{qS}, p_j^{qF}, p_j^{xC}, p_j^{mC}, p_j^{xW}, p_j^{mW} \quad \forall j \rightarrow 8.j$$

Note-se que tem, então, $j(j + h + 22) + 6 + h$ equações singulares. Como se tem $j = 16$ setores e $h = 2$ fatores, tem-se 648 equações singulares. Os blocos de equações (já identificadas anteriormente) são expostos a seguir.

Produção Doméstica:

$$Y_i = b_i \prod_h F_{h,i}^{\beta_{h,i}} \quad \forall i$$

$$F_{h,i} = \frac{\beta_{h,i} p_i^y}{p_h^f} Y_i \quad \forall h, i$$

$$X_{j,i} = a x_{j,i} Z_i^S \quad \forall i, j$$

$$Y_i = a y_i Z_i^S \quad \forall i$$

$$p_i^z = a y_i p_i^y + \sum_j a x_{j,i} p_j^{qF} \quad \forall i$$

CES:

$$Q_i^F = \gamma_i (\delta q_i^S (Q_i^S)^{\eta_i} + \delta m_i^C (M_i^C)^{\eta_i} + \delta m_i^W (M_i^W)^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}}$$

$$Q_i^S = \left[\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta q_i^S p_i^{qF}}{p_i^{qS}} \right]^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i^F \quad \forall i$$

$$M_i^C = \left[\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta m_i^C p_i^{qF}}{p_i^{mC}} \right]^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i^F \quad \forall i$$

$$M_i^W = \left[\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta m_i^W p_i^{qF}}{(1 + \tau_i^m) p_i^{mW}} \right]^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i^F \quad \forall i$$

CET:

$$Z_i^S = \theta_i \left(\xi q_i^S (Q_i^S)^{\phi_i} + \xi x_i^C (X_i^C)^{\phi_i} + \xi x_i^W (X_i^W)^{\phi_i} \right)^{\frac{1}{\phi_i}}$$

$$Q_i^S = \left[\frac{\theta_i^{\phi_i} \xi q_i^S (1 + \tau_i) p_i^Z}{p_i^{qS}} \right]^{\frac{1}{1-\phi_i}} Z_i^S \quad \forall i$$

$$X_i^C = \left[\frac{\theta_i^{\phi_i} \xi x_i^C (1 + \tau_i) p_i^Z}{p_i^{xC}} \right]^{\frac{1}{1-\phi_i}} Z_i^S \quad \forall i$$

$$X_i^W = \left[\frac{\theta_i^{\phi_i} \xi x_i^W (1 + \tau_i) p_i^Z}{p_i^{xW}} \right]^{\frac{1}{1-\phi_i}} Z_i^S \quad \forall i$$

Governo:

$$T_H^D = \tau_H^D \sum_h p_h^f F F_h$$

$$T_i^M = \tau_i^m p_i^{mW} M_i^W \quad \forall i$$

$$T_i^{ICMS} = \tau_i^{ICMS} p_i^Z Z_i^S \quad \forall i$$

$$T_i^{OUT} = \tau_i^{OUT} p_i^Z Z_i^S \quad \forall i$$

$$S^G = s s^g \left(T_H^D + \sum_i (T_i^M + T_i^{ICMS} + T_i^{OUT}) \right)$$

$$G_i^F \leq \frac{\mu_i}{p_i^{qF}} \left(T_H^D + \sum_i (T_i^M + T_i^{ICMS} + T_i^{OUT}) - S^G - tr^H \right) \quad \forall i$$

Família:

$$C_i^F \leq \frac{\alpha_i}{p_i^{qF}} \left(\sum_h p_h^f F F_h - S^S - T_H^D + tr_H \right) \quad \forall i$$

$$I_i^F = \frac{\lambda_i}{p_i^{qF}} (S^G + S^S + S^C + S^W) \quad \forall i$$

$$S^S = s s^S \sum_h p_h^f F F_h$$

Market Clearing:

$$S^C = \left(\frac{1}{mg^C} \right) \sum_i (p_i^{mC} M_i^C - p_i^{xC} X_i^C)$$

$$S^W = \left(\frac{1}{mg^W} \right) \sum_i (p_i^{mW} \cdot M_i^W - p_i^{xW} \cdot X_i^W)$$

$$\sum_i F_{h,i} = F F_h \quad \forall h$$

$$Q_i^F = C_i^F + G_i^F + I_i^F + \sum_j X_{i,j} \quad \forall i$$

$$p_i^{xW} = mg^W \cdot p_i^{U\$xw} \quad \forall i$$

$$p_i^{mW} = mg^W \cdot p_i^{U\$mw} \quad \forall i$$

$$p_i^{xC} = mg^C \cdot p_i^{xBR} \quad \forall i$$

$$p_i^{mC} = mg^C \cdot p_i^{mBR} \quad \forall i$$

As demais variáveis que não foram listadas acima, mas que são discutidas ao longo da seção 2.2 são tidas como exógenas. Por fim, para cada setor j , também será necessário atribuir valores aos seguintes parâmetros: b_j , $\beta_{h,j}$, $ax_{i,j}$, ay_j , τ_H^D , τ_j^m ,

$\tau_j^{ICMS}, \tau_j^{OUT}, \mu_j, \lambda_j, SS^S, SS^G, \alpha_j, \delta q_j^S, \delta m_j^C, \delta m_j^W, \eta_j, \sigma_j, \gamma_j, \phi_j, \psi_j, \theta_j, \xi q_j^S, \xi x_j^C, \xi x_j^W$.¹¹

A atribuição de valores para esses parâmetros é feita com base na calibração, levando-se em conta os dados provenientes da Matriz de Contabilidade Social (MCS), a qual é apresentada a seguir.

¹¹ No total, temos: $38 * j + 3 = 611$ parâmetros a serem calibrados.

3. MATRIZ DE CONTABILIDADE SOCIAL, CALIBRAÇÃO E EQUILÍBRIO BASE

O modelo da seção anterior requer valores de parâmetros e variáveis exógenas que podem ser obtidos a partir da chamada Matriz de Contabilidade Social (MCS).

3.1. Matriz de Contabilidade Social (MCS)

Segundo King (1985), a MCS apresenta duas funções: a primeira, é a organização de informações de natureza econômica e social de um país, região, ou qualquer outra unidade de interesse, para um determinado período, através do princípio das partidas dobradas. Uma vez que a MCS fornece dados apenas de um período, e como análises de efeitos causados por intervenções requerem um modelo plausível/aplicável, a segunda função da MCS é servir de base de dados para calibração do modelo a ser utilizado.

Além disso, a MCS permite uma visualização condensada das contas econômicas. O sistema matricial permite que cada fluxo seja anotado apenas uma vez, já que pode ser lido simultaneamente como débito e crédito, a depender do sentido em que se leia¹². Como consequência, a visualização de grandes quantidades de informação é facilitada e o leitor pode acompanhar com rapidez o intrincado fluxo de renda em uma economia complexa (KING, 1985).

Round (2003) enumera três características principais de uma MCS. Primeiro, a MCS é uma matriz quadrada, onde as linhas e colunas de cada conta representam as receitas e despesas, respectivamente. Segundo, a MCS contém as principais atividades do sistema econômico, ou seja, consumo, produção, acumulação e distribuição. Por último, a MCS é uma estrutura flexível, onde as contas podem ser desagregadas de acordo com o interesse do investigador desde que o detalhamento da distribuição da renda esteja sempre presente.

A construção de MCS com o intuito de alimentar modelos EGC a nível nacional pode ser vista, por exemplo, em Urani et al. (1994), em Andrade e Najberg (1997), e em Tourinho, Silva e Alves (2006). Tratando-se de unidades federativas menores, têm-se os

¹² Em contraste, o sistema de razãoetes (*T-accounts*), por exemplo, necessita que cada informação seja duplamente anotada, uma para sua origem e outra para seu destino.

exemplos de Nuñez e Kureski (2011), que desenvolveram uma MCS para o Paraná, e de Fochezatto e Curzel (2005), que descrevem o processo de construção de uma MCS para o Rio Grande do Sul. Este último trabalho destaca ainda que, além de ser um banco de dados para MEGC, as MCS servem de fontes de informação para a análise conjuntural e para pesquisas de impacto econômico.

Vale destacar que não existe forma única de desagregar e organizar os dados em uma MCS, Andrade e Najberg (1997) afirmam que o nível de desagregação deve depender do objetivo do estudo. Além disso, uma vez que a MCS evidencia a interdependência entre os principais agentes integrantes de um sistema econômico, destacam a importância da atualidade/contemporaneidade dos dados para o uso da matriz como instrumento analítico.

A Matriz de Contabilidade Social para Economia do Estado do Ceará (MCS/CE) é composta de diversas contas, como exposto na figura 2. Tem-se um total de 16 setores de atividade econômica e dois fatores de produção, capital e trabalho. As instituições são divididas em família representativa, ente governamental, conta de investimento/poupança, resto do país e resto do mundo. Por fim, tem-se três tipos diferentes de impostos, o ICMS, Outros impostos (inclusive IPI) menos subsídios e Imposto de importação.

O Quadro 1, a seguir apresenta as atividades econômicas consideradas na MCS/CE. Na sequência, tem-se a figura 2 com uma exemplificação da estrutura característica da matriz cearense.

Quadro 1: Contas da Matriz de Contabilidade Social do Estado do Ceará (MCS/CE)

Cod	Descrição
A1	Agropecuária
A2	Indústrias extrativas
A3	Indústrias de transformação
A4	Eletricidade e gás, água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação
A5	Construção
A6	Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas
A7	Transporte, armazenagem e correio
A8	Alojamento e alimentação
A9	Informação e comunicação
A10	Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados
A11	Atividades imobiliárias
A12	Atividades profissionais, científicas e técnicas, administrativas e serviços complementares
A13	Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social
A14	Educação e saúde privadas
A15	Artes, cultura, esporte e recreação e outras atividades de serviços
A16	Serviços domésticos
K	Capital (Excedente operacional bruto e rendimento misto bruto)
L	Trabalho (Remunerações)
ICMS	ICMS
Out	Outros impostos (inclusive IPI) menos subsídios
IM	Imposto de importação
HOH	Famílias (Consumo das famílias e Consumo das ISFLSF)
GOV	Governo (Consumo/Receita da administração pública)
INV	Investimento (Formação bruta de capital fixo e Variação de estoque)/Poupança
ROW	ROW (Importação/exportação de bens e serviços resto do mundo)
ROB	ROB (Importação/ exportação de bens e serviços demais unidades da federação)

Fonte: Elaboração própria.

Uma exemplificação da estrutura da matriz, supondo dois tipos de atividade pode ser visualizada na figura 2, a seguir.

Figura 2: Estrutura da Matriz de Contabilidade Social do Estado do Ceará (MCS/CE)

		Atividades		Fatores		Impostos			Demanda Final			Setor Externo		Total
		Setor <i>i</i>	Setor <i>j</i>	Capital	Trabalho	ICMS	Outros	Importação	Famílias	Governo	Invest	ROW	ROB	
Atividades	Setor <i>i</i>	$p_i^q X_{i,i}$	$p_j^{qF} X_{i,j}$						$p_i^{qF} C_i^F$	$p_i^{qF} G_i^F$	$p_i^{qF} I_i^F$	$p_i^{xW} X_i^W$	$p_i^{qC} X_i^C$	
	Setor <i>j</i>	$p_i^q X_{j,i}$	$p_j^{qF} X_{j,j}$						$p_j^{qF} C_j^F$	$p_j^{qF} G_j^F$	$p_j^{qF} I_j^F$	$p_j^{xW} X_j^W$	$p_j^{qC} X_j^C$	
Fatores	Capital	$p_k^f F_{k,i}$	$p_k^f F_{k,i}$											
	Trabalho	$p_L^f F_{L,i}$	$p_L^f F_{L,i}$											
Impostos	ICMS	T_i^{ICMS}	T_j^{ICMS}											
	Outros	T_i^{OUT}	T_j^{OUT}											
	Importação	T_i^M	T_j^M											
Demanda Final	Famílias			$p_k^f F F_k$	$p_L^f F F_L$						tr_H			
	Governo					$\sum T^{ICMS}$	$\sum T^{OUT}$	$\sum T^M$	T_H^D	tr_G				
	Invest								S^S	S^G		S^W	S^C	
Setor Externo	ROW	$p_i^{mW} M_i^W$	$p_j^{mW} M_j^W$											
	ROB	$p_i^{mC} M_i^C$	$p_j^{mC} M_j^C$											
Total														

Fonte: Elaboração própria. Nota: As notações são as mesmas utilizadas no modelo teórico da Seção 2.

Como destacado, a construção de um modelo de equilíbrio geral para a economia cearense requer a construção de uma Matriz de Contabilidade Social, que de maneira simplificada corresponde a um grupo de informações consistentes relativas a esta economia. A MCS para o Ceará é construída tomando como base dados das Tabelas de Recursos e Usos Regional do Ceará (TRUR/CE 2013), além de diversas informações divulgadas pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) através da publicação CEARÁ EM NÚMEROS (IPECE, 2013 e 2016).

Não existe uma correspondência imediata entre as TRUR/CE e a MCS/CE, sendo necessário, no processo de construção desta última, realizar algumas adaptações e modificações a partir da primeira.

Uma adaptação importante é a transformação da oferta em nível de produto para atividade. Em geral, as atividades são responsáveis pela produção de produtos diversos. Por exemplo, Indústrias de transformação produzem bens inerentes à Construção civil, que por sua vez produz bens das Indústrias de transformação, além de serviços de Atividades imobiliárias. Para lidar com esta questão e transformar a oferta para nível de atividade, em geral, tal como admitido na construção da matriz de multiplicadores de Leontief, adotam-se hipóteses de tecnologia baseada na indústria e *market-share* das atividades, ou seja, que estas mantenham sua participação de mercado nos bens que produzem. Esta hipótese, novamente, foi utilizada na obtenção da MCS/CE e para maiores detalhes sugere-se consultar Miller e Blair (2009, Cap. 5) ou Guilhoto et al. (2010, Cap 2).

Vale destacar outra diferença relevante entre informações contidas na TRUR/CE e na MCS/CE. Na TRUR/CE o consumo (intermediário e final) é valorado a preços de consumidor, incluindo, portanto, margens de transporte e comércio. Entretanto, estas margens, na verdade, configuram-se em produtos típicos das atividades Transporte e Comércio, respectivamente. As frações destas margens contidas no consumo intermediário das atividades e componentes da demanda final devem ser retiradas e realocadas como consumo de produtos de Transporte e Comércio.

Por exemplo, suponha que 20% do valor pago em bens da Indústria de transformação

corresponda a margem de comércio. Este valor então deve ser realocado como consumo de margem de comércio, produto típico da atividade Comércio e não Indústria de transformação. Para fins do total consumido (pago) não há alteração, entretanto, o valor de produção dos produtos das atividades mencionadas está sendo devidamente mensurado.

A partir da Tabela de Recursos de Bens e Serviços (integrante da TRUR/CE 2013) é possível calcular as frações destas margens contidas nos valores a preços de consumidor e a partir destas frações retirar e realocar seus respectivos valores como consumo de margens de comércio e transporte na Tabela de Usos de Bens e Serviços (integrante da TRUR/CE 2013) que é utilizada na construção da MCS/CE.

As submatrizes de consumo intermediário e final presentes na MCS/CE (linhas referentes às “Atividades” no Quadro 1 acima) são, portanto, obtidas a partir da Tabela de Usos de Bens e Serviços após as devidas alterações: realocação de margens de comércio e transporte; e transformação da oferta de nível de produto para atividade. Sendo na MCS/CE “Famílias” correspondente à soma do Consumo das famílias e Consumo das ISFLSF; e Investimento correspondente à soma da Formação bruta de capital fixo e Variação de estoque.

Os valores referentes às linhas dos fatores de produção na MCS/CE são obtidos diretamente da Tabela de Usos de Bens e Serviços. Sendo, para cada atividade, a renda do “fator trabalho” correspondente às Remunerações e a renda do “fator capital” correspondente ao restante do Valor adicionado bruto.

Os valores referentes às linhas de impostos na MCS/CE são obtidos a partir das colunas da Tabela de recursos de bens e serviços. Sendo os valores de “ICMS” correspondente ao ICMS na Tabela; “Outros impostos” correspondente à soma de IPI com Outros impostos menos subsídios; e “Imposto de importação” correspondente ao Imposto de importação. Neste caso foi preciso uma adaptação entre a TRU e a MCS utilizando a hipótese de *market-share* mencionada acima.

Os valores referentes às linhas do Setor externo na MCS/CE (“ROW” e “ROB”) obtêm-se a partir das colunas da Tabela de recursos de bens e serviços. Sendo “ROW” correspondente à coluna de Importação de bens e serviços resto do mundo; e “ROB” correspondente à coluna de Importação de bens e serviços demais unidades da federação na referida Tabela, sendo preciso

adaptar, novamente, a oferta em nível de produto para atividade.

Os valores referentes à linha “Famílias” e colunas “Fator Capital” e “Fator Trabalho” correspondem, respectivamente, aos agregados das rendas do “fator trabalho” e “fator capital” obtidos acima.

Os valores referentes à linha “Governo” e colunas “ICMS”, “Outros impostos” e “Imposto de importação” correspondem, respectivamente, aos agregados destes impostos na Tabela de recursos de bens e serviços.

A poupança do resto do mundo, valor referente à linha “Investimento” e coluna “ROW” corresponde à diferença dos agregados de Importação de bens e serviços resto do mundo (na Tabela de recursos de bens e serviços) e Exportação de bens e serviços para o resto do mundo (na Tabela de Usos de Bens e Serviços)

A poupança do resto do Brasil, valor referente à linha “Investimento” e coluna “ROB” corresponde à diferença dos agregados de Importação de bens e serviços demais unidades da federação (na Tabela de recursos de bens e serviços) e Exportação de bens e serviços para demais unidades da federação (na Tabela de Usos de Bens e Serviços)

A transferência do ente governamental às famílias, valor referente à linha “Família” e coluna “Governo” corresponde ao total do valor dos benefícios emitidos – acumulado no ano de 2013, obtido a partir da Tabela 7.7 - Valor dos benefícios emitidos - Ceará - 2010-2015 da publicação CEARÁ EM NÚMEROS – 2016 (IPECE, 2016).

O valor referente à linha “Governo” e coluna “Governo” corresponde às transferências correntes para o ano de 2013, obtido a partir da Tabela 25.3 - Receita e despesa orçamentárias estaduais - Ceará - 2010-2015 da publicação CEARÁ EM NÚMEROS – 2016 (IPECE, 2016).

Para impostos diretos das famílias (linha “Governo” e coluna “Famílias”) tem-se como fonte de informação as Tabela 25.4 (Receita tributária estadual - Ceará - 2010-2015), Tabela 25.1 (Arrecadação de impostos e contribuições federais no Estado - Ceará - 2010-2015) e Tabela 7.1 (Valor mensal arrecadado pela Previdência Social - Ceará - 2010-2015) contidas na publicação

CEARÁ EM NÚMEROS – 2016 (IPECE, 2016), além da Tabela de Recursos de Bens e Serviços. O valor corresponde ao total da receita tributária estadual adicionados do total da arrecadação de impostos e contribuições federais no Estado do Ceará e o valor anual arrecadado pela Previdência Social no Estado do Ceará abatidos do imposto de renda retido na fonte dos servidores estaduais e total de impostos líquidos de subsídios incidentes sobre produtos na TRU 2013.

A poupança das famílias (linha “Investimento” e coluna “Famílias”) corresponde ao total da renda recebida subtraído do total do consumo e impostos diretos. A poupança do ente governo (linha “Investimento” e coluna “Governo”) corresponde ao total da arrecadação tributária subtraído do total do consumo do governo e transferências às famílias.

A Matriz de Contabilidade Social para Economia do Estado do Ceará (MCS/CE) balanceada e referente ao ano de 2013 pode ser acessada pelo site oficial do IPECE na internet¹³.

3.2. Calibração e Equilíbrio Base

A conexão entre a MCS e o MEGC deve-se a possibilidade de obtenção dos valores transacionados na MCS a partir de manipulações algébricas de expressões modeladas a partir da teoria econômica. Essa abordagem permite o preenchimento da MCS com equações que descrevem, em termos conceituais, como se determina os valores correspondentes das transações.

Os dados necessários na calibração, em quase sua totalidade, são recuperados da MCS. Entretanto, como estes dados são expressos apenas em termos de valores, há necessidade de separar os dados de valor da MCS em dados de quantidade e dados de preço. Para tanto, note que:

$$Valor = Preço \times Quantidade$$

Assim, caso os dados de preços estejam disponíveis, os dados de quantidade são extraídos de forma imediata. Há que se frisar, porém, que os dados de preços para todos os setores que a MCS cobre costumam não ser disponibilizados.

Considere esta questão de outro ponto de vista: o preço é o valor unitário dos bens. Assim,

¹³ Basta acessar o link <https://www.ipece.ce.gov.br/produto-interno-bruto/>

pode-se utilizar o conceito de numerário e, redefinindo todos os preços para a unidade, então o seguinte é válido¹⁴:

$$Valor = 1 \times Quantidade$$

Assim, dado o valor dos dados da MCS, obtém-se imediatamente dados quantitativos. Em suma, os valores contidos na MCS podem ser considerados como números quantitativos.

A Calibração versa sobre algum método não estatístico para se encontrar valores para os parâmetros desconhecidos presentes no sistema de equações do modelo. Para tanto, fixa-se as variáveis endógenas em valores iniciais de equilíbrio observados na MCS.

Supondo que um MEGC seja um sistema de equações simultâneas expresso em forma vetorial da seguinte maneira:

$$CGE(x, y, a) = 0$$

Onde x denota o vetor de variáveis endógenas, y é o vetor de variáveis exógenas e a é o vetor de parâmetros do modelo.

Uma prática comum é resolver o sistema de equações do modelo EGC para o vetor de variáveis endógenas (e, portanto, desconhecido) x , dado y e a . No entanto, a calibração requer que, dado o vetor de variáveis exógenas y e o sistema de equações do modelo EGC, resolva-se o vetor de parâmetros a em vez de x .

Para tanto, denota-se o valor de equilíbrio inicial de x como x^0 , o qual deve ser uma solução da equação acima, por definição (caso não haja nenhum choque exógeno). Dessa forma, para um dado x^0 , a seguinte equação deve valer:

$$CGE(x^0, y, a) = 0$$

A medida que x^0 e y podem ser derivados da MCS e dado o sistema de equações do

¹⁴ Embora o preço não precise ser unitário, é usual que se force isso para fins de simplicidade analítica e computacional.

modelo CGE, encontra-se o vetor de parâmetros desconhecido a .

Esse método de estimativa ficou conhecido por calibração. Usando a calibração, estima-se valores dos coeficientes e variáveis exógenas com base em uma observação de uma economia considerada, *a priori*, em equilíbrio. Existe o requerimento de que o número de variáveis endógenas não exceda o número de equações do modelo. Caso isso ocorra, torna-se necessário reduzir o número de incógnitas assumindo valores para algumas delas com base em alguma informação *ad hoc*.

Caso o interesse, por exemplo, seja atribuir um valor para a alíquota de tributação direta da renda (τ_H^D), basta retornar à equação (28) e admitir que a economia se encontra em um equilíbrio inicial. Com efeito, tem-se:

$$(T_H^D)^0 = \tau_H^D \sum_h (p_h^f)^0 FF_h \quad (28')$$

Tal equação pode ser manipulada algebricamente de modo a retornar:

$$\tau_H^D = \frac{(T_H^D)^0}{\sum_h (p_h^f)^0 FF_h} \quad (28'')$$

Observe que tanto o numerador quanto o denominador de (28'') estão prontamente disponíveis na MCS.

A partir do modelo ora apresentado, pode-se demonstrar que todos os parâmetros podem ser resgatados a partir da MCS com exercícios análogos ao do exemplo acima. A calibração detalhada das variáveis e dos parâmetros é apresentada a seguir.

a) Fator composto: Y_j

Como Y_j não se encontra explícito na SAM, utiliza-se a condição de lucro zero do Fator Composto: $\pi_j^y = p_j^y Y_j - \sum_h p_h^f F_{h,i} = 0$, logo, $p_j^y Y_j = \sum_h p_h^f F_{h,i}$. Dado que os preços são unitários, temos:

$$Y_j = \sum_h p_h^f F_{h,i} \quad (40)$$

b) Produto Estadual Bruto: Z_i^S

Como Z_i^S não se encontra explícito na SAM, utiliza-se a condição de lucro zero: $\pi_i^z = p_i^z Z_i^S - (p_j^y Y_j + \sum_j p_j^{qF} X_{i,j}) = 0$, logo, $p_i^z Z_i^S = p_j^y Y_j + \sum_j p_j^{qF} X_{i,j}$. Como os preços são unitários, temos:

$$Z_i^S = Y_j + \sum_j X_{i,j} \quad (41)$$

c) Demanda pelo Bem Local: Q_i^S

Como Q_i^S não está explícito na SAM, utiliza-se a condição de lucro zero do problema CET – Oferta Interna vs Externa, além de se considerar preços unitários: $\pi_i^{zS} = (p_i^{qS} Q_i^S + p_i^{xC} X_i^C + p_i^{xW} X_i^W) - (1 + \tau_i) p_i^z Z_i^S = 0$. Logo,

$$Q_i^S = \frac{(1 + \tau_i) Z_i^S - X_i^C - X_i^W}{(1 + \tau_i)} \quad (42)$$

d) Parâmetro de Participação na Função de Utilidade: α_i ,

Dado que o consumo familiar do bem final é dado por, $C_i^F = \frac{\alpha_i}{p_i^{qF}} (\sum_h p_h^f F_{h,i} - S^S - T_d + tr^H)$.

Com a condição de preços unitários, temos: $\alpha_i = \frac{C_i^F}{\sum_h p_h^f F_{h,i} - S^S - T_H^D + tr^H}$. Como a restrição

orçamentária da família é: $\sum_i p_i^q C_i^F = \sum_h p_h^f F_{h,i} - S^S - T_H^D + tr^H$, substituindo na fórmula de

α_i e igualando os preços à unidade, temos:

$$\alpha_i = \frac{C_i^F}{\sum_i C_i^F} \quad (43)$$

e) Coeficiente de Participação na Função de Produção do Fator Composto: $\beta_{h,i}$

Resolvendo o problema da primeira etapa e considerando preços unitários, temos: $F_{h,i} = \frac{\beta_{h,i}}{Y_j}$. Da condição de lucro zero da produção do fator composto, considerando preços unitários, temos $\pi_j^y = Y_j - \sum_h F_{h,i} = 0$. Logo, $Y_j = \sum_h F_{h,i}$. Substituindo, temos:

$$\beta_{h,i} = \frac{F_{h,i}}{\sum_h F_{h,i}} \quad (44)$$

f) Coeficiente de Escala na Função de Produção do Fator Composto: b_i

Dada a restrição tecnológica do Fator Composto, $Y_j = b_i \prod_h F_{h,i}^{\beta_{h,i}}$, temos prontamente que,

$$b_i = \frac{Y_j}{\prod_h F_{h,i}^{\beta_{h,i}}} \quad (45)$$

g) Coeficiente de Conversão do Insumo Intermediário: $\alpha_{j,i}$

Dada a restrição tecnológica da Função de Produção Leontief, $X_{i,j} = \alpha_{j,i} Z_i^S$, tem-se que,

$$\alpha_{j,i} = \frac{X_{i,j}}{Z_i^S} \quad (46)$$

h) Coeficiente de Conversão do Bem Composto: αy_j

Dado a restrição tecnológica da Função de Produção Leontief, $Y_j = \alpha y_j Z_i^S$, tem-se prontamente que,

$$\alpha y_j = \frac{Y_j}{Z_i^S} \quad (47)$$

i) Parâmetro de Participação na Despesa Pública Estadual: μ_i^S

Considerando a restrição orçamentária do governo, $G_i^F = \mu_i \sum_j G_j^F$, assim,

$$\mu_i^S = \frac{G_i^F}{\sum_j G_j^F} \quad (48)$$

j) Parâmetro de Participação da Despesa do Investimento Total: λ_i

Dado a demanda de Investimento, considerando preços unitários, $I_i^F = \lambda_i (S^G + S^S + S^C + S^W)$; logo,

$$\lambda_i = \frac{I_i^F}{S^G + S^S + S^C + S^W} \quad (49)$$

k) Parâmetro definido pela elasticidade de substituição entre bem doméstico e do não-doméstico:

Seguindo a literatura, define-se $\sigma_i = 2$. Tem-se, então, naturalmente que:

$$\eta_i = \frac{\sigma_i - 1}{\sigma_i} \leq 1 \quad (50)$$

l) Coeficientes de participação na função de produção de bens compostos de Armington: δm_i^C , δm_i^W , δq_i^S .

Para a CES, precisamos:

$$\max_{M_i^C, M_i^W, Q_i^S} \pi_i^{qF} = p_i^{qF} Q_i^F - [p_i^{qS} Q_i^S + p_i^{mC} M_i^C + (1 + \tau^m) p_i^{mW} M_i^W]$$

$$s. t. \quad Q_i^F = \gamma_i (\delta q_i^S (Q_i^S)^{\eta_i} + \delta m_i^C (M_i^C)^{\eta_i} + \delta m_i^W (M_i^W)^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}}$$

Ou seja,

$$\mathcal{L} = p_i^{qF} [\gamma_i (\delta q_i^S (Q_i^S)^{\eta_i} + \delta m_i^C (M_i^C)^{\eta_i} + \delta m_i^W (M_i^W)^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}} - [p_i^{qS} Q_i^S + p_i^{mC} M_i^C + (1 + \tau^m) p_i^{mW} M_i^W]$$

Teremos:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial Q_i^S} = p_i^{qF} \left[\frac{\gamma_i}{\eta_i} (\delta q_i^S (Q_i^S)^{\eta_i} + \delta m_i^C (M_i^C)^{\eta_i} + \delta m_i^W (M_i^W)^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i} - 1} \right] \delta q_i^S \eta_i (Q_i^S)^{\eta_i - 1} - [p_i^{qS}] = 0$$

Ou seja,

$$p_i^{qF} \left[\gamma_i (\delta q_i^S (Q_i^S)^{\eta_i} + \delta m_i^C (M_i^C)^{\eta_i} + \delta m_i^W (M_i^W)^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i} - 1} \right] \delta q_i^S (Q_i^S)^{\eta_i - 1} = p_i^{qS}$$

Analogamente,

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial M_i^C} = p_i^{qF} \left[\frac{\gamma_i}{\eta_i} (\delta q_i^S (Q_i^S)^{\eta_i} + \delta m_i^C (M_i^C)^{\eta_i} + \delta m_i^W (M_i^W)^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i} - 1} \right] \delta m_i^C \eta_i (M_i^C)^{\eta_i - 1} - p_i^{mC} = 0$$

Ou seja,

$$p_i^{qF} \left[\gamma_i (\delta q_i^S (Q_i^S)^{\eta_i} + \delta m_i^C (M_i^C)^{\eta_i} + \delta m_i^W (M_i^W)^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i} - 1} \right] \delta m_i^C (M_i^C)^{\eta_i - 1} = p_i^{mC}$$

Da mesma maneira, teremos a seguinte CPO:

$$p_i^{qF} \left[\gamma_i (\delta q_i^S (Q_i^S)^{\eta_i} + \delta m_i^C (M_i^C)^{\eta_i} + \delta m_i^W (M_i^W)^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}-1} \right] \delta m_i^W (M_i^W)^{\eta_i-1} = (1 + \tau^m) p_i^{mW}$$

Isso significa que,

$$\left[\gamma_i (\delta q_i^S (Q_i^S)^{\eta_i} + \delta m_i^C (M_i^C)^{\eta_i} + \delta m_i^W (M_i^W)^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}-1} \right] = \frac{p_i^{qS}}{p_i^{qF} \delta q_i^S (Q_i^S)^{\eta_i-1}}$$

$$\left[\gamma_i (\delta q_i^S (Q_i^S)^{\eta_i} + \delta m_i^C (M_i^C)^{\eta_i} + \delta m_i^W (M_i^W)^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}-1} \right] = \frac{p_i^{mC}}{p_i^{qF} \delta m_i^C (M_i^C)^{\eta_i-1}}$$

$$\left[\gamma_i (\delta q_i^S (Q_i^S)^{\eta_i} + \delta m_i^C (M_i^C)^{\eta_i} + \delta m_i^W (M_i^W)^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}-1} \right] = \frac{(1 + \tau^m) p_i^{mW}}{p_i^{qF} \delta m_i^W (M_i^W)^{\eta_i-1}}$$

O termo entre parêntesis nas três expressões acima pode ser escrito da seguinte maneira:

$$\gamma_i (\delta q_i^S (Q_i^S)^{\eta_i} + \delta m_i^C (M_i^C)^{\eta_i} + \delta m_i^W (M_i^W)^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}-1} = \gamma_i \left(\frac{Q_i^F}{\gamma_i} \right)^{\eta_i \times \frac{1-\eta_i}{\eta_i}}$$

ou seja, temos que:

$$\gamma_i \left(\frac{Q_i^F}{\gamma_i} \right)^{1-\eta_i} = \frac{p_i^{qS}}{p_i^{qF} \delta q_i^S} (Q_i^S)^{1-\eta_i}$$

$$\gamma_i \left(\frac{Q_i^F}{\gamma_i} \right)^{1-\eta_i} = \frac{p_i^{mC}}{p_i^{qF} \delta m_i^C} (M_i^C)^{1-\eta_i}$$

$$\gamma_i \left(\frac{Q_i^F}{\gamma_i} \right)^{1-\eta_i} = \frac{(1 + \tau^m) p_i^{mW}}{p_i^{qF} \delta m_i^W} (M_i^W)^{1-\eta_i}$$

Arrumando,

$$(Q_i^S)^{1-\eta_i} = \frac{p_i^{qF} \delta q_i^S}{p_i^{qS}} \gamma_i^{\eta_i} (Q_i^F)^{1-\eta_i}$$

$$(M_i^C)^{1-\eta_i} = \frac{p_i^{qF} \delta m_i^C}{p_i^{mC}} \gamma_i^{\eta_i} (Q_i^F)^{1-\eta_i}$$

$$(M_i^W)^{1-\eta_i} = \frac{p_i^{qF} \delta m_i^W}{(1 + \tau^m) p_i^{mW}} \gamma_i^{\eta_i} (Q_i^F)^{1-\eta_i}$$

ou seja, as funções de demanda são dadas por:

$$Q_i^S = \left[\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta q_i^S p_i^{qF}}{p_i^{qS}} \right]^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i^F \quad \forall i$$

$$M_i^C = \left[\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta m_i^C p_i^{qF}}{p_i^{mC}} \right]^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i^F \quad \forall i$$

$$M_i^W = \left[\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta m_i^W p_i^{qF}}{(1 + \tau^m) p_i^{mW}} \right]^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i^F \quad \forall i$$

Para calibrar os parâmetros de participação da CES, retorne a:

$$\gamma_i \left(\frac{Q_i^F}{\gamma_i} \right)^{1-\eta_i} = \frac{p_i^{qS}}{p_i^{qF} \delta q_i^S} (Q_i^S)^{1-\eta_i}$$

$$\gamma_i \left(\frac{Q_i^F}{\gamma_i} \right)^{1-\eta_i} = \frac{p_i^{mC}}{p_i^{qF} \delta m_i^C} (M_i^C)^{1-\eta_i}$$

$$\gamma_i \left(\frac{Q_i^F}{\gamma_i} \right)^{1-\eta_i} = \frac{(1 + \tau^m) p_i^{mW}}{p_i^{qF} \delta m_i^W} (M_i^W)^{1-\eta_i}$$

Igualando a primeira expressão a segunda, temos:

$$\frac{\delta m_i^C}{\delta q_i^S} = \frac{p_i^{mC} (M_i^C)^{1-\eta_i}}{p_i^{qS} (Q_i^S)^{1-\eta_i}}$$

De modo análogo, teremos:

$$\frac{\delta m_i^W}{\delta q_i^S} = \frac{(1 + \tau^m) p_i^{mW} (M_i^W)^{1-\eta_i}}{p_i^{qS} (Q_i^S)^{1-\eta_i}}$$

Note que, $\delta q_i^S + \delta m_i^C + \delta m_i^W = 1$ implica que:

$$1 + \frac{\delta m_i^C}{\delta q_i^S} + \frac{\delta m_i^W}{\delta q_i^S} = \frac{1}{\delta q_i^S}$$

Com efeito, substituindo os valores encontrados anteriormente,

$$\frac{p_i^{qS} (Q_i^S)^{1-\eta_i}}{p_i^{qS} (Q_i^S)^{1-\eta_i}} + \frac{p_i^{mC} (M_i^C)^{1-\eta_i}}{p_i^{qS} (Q_i^S)^{1-\eta_i}} + \frac{(1 + \tau^m) p_i^{mW} (M_i^W)^{1-\eta_i}}{p_i^{qS} (Q_i^S)^{1-\eta_i}} = \frac{1}{\delta q_i^S}$$

ou seja,

$$\frac{p_i^{qS} (Q_i^S)^{1-\eta_i} + p_i^{mC} (M_i^C)^{1-\eta_i} + (1 + \tau^m) p_i^{mW} (M_i^W)^{1-\eta_i}}{p_i^{qS} (Q_i^S)^{1-\eta_i}} = \frac{1}{\delta q_i^S}$$

Isto é:

$$\delta q_i^S = \frac{p_i^{qS} (Q_i^S)^{1-\eta_i}}{p_i^{qS} (Q_i^S)^{1-\eta_i} + p_i^{mC} (M_i^C)^{1-\eta_i} + (1 + \tau^m) p_i^{mW} (M_i^W)^{1-\eta_i}} \quad (51)$$

Analogamente, teremos:

$$\delta m_i^C = \frac{p_i^{mC} (M_i^C)^{1-\eta_i}}{p_i^{qS} (Q_i^S)^{1-\eta_i} + p_i^{mC} (M_i^C)^{1-\eta_i} + (1 + \tau^m) p_i^{mW} (M_i^W)^{1-\eta_i}} \quad (52)$$

e

$$\delta m_i^W = \frac{(1 + \tau^m) p_i^{mW} (M_i^W)^{1-\eta_i}}{p_i^{qS} (Q_i^S)^{1-\eta_i} + p_i^{mC} (M_i^C)^{1-\eta_i} + (1 + \tau^m) p_i^{mW} (M_i^W)^{1-\eta_i}} \quad (53)$$

m) Parâmetro de Escala da Função de Produção do Bem Composto Final: γ_i

Considerando a Oferta do Bem Composto Final:

$$Q_i^F = \gamma_i (\delta q_i^S (Q_i^S)^{\eta_i} + \delta m_i^C (M_i^C)^{\eta_i} + \delta m_i^W (M_i^W)^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}}$$

Tem-se prontamente que:

$$\gamma_i = \frac{Q_i^F}{(\delta q_i^S (Q_i^S)^{\eta_i} + \delta m_i^C (M_i^C)^{\eta_i} + \delta m_i^W (M_i^W)^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}}} \quad (59)$$

n) Parâmetro definido pela elasticidade da transformação.

Seguindo a literatura, define-se $\sigma_i = 2$. Tem-se, então, naturalmente que:

$$\phi_i = \frac{\psi_i + 1}{\psi_i} \geq 1 \quad (60)$$

o) Parâmetros de participação para o i -ésimo bem de Transformação: $\xi q_i^S, \xi x_i^C, \xi x_i^W$.

O problema da CET é:

$$\begin{aligned} \max_{x_i^S, Q_i^S} \pi_i^{zS} &= (p_i^{qS} Q_i^S + p_i^{xC} X_i^C + p_i^{xW} X_i^W) - (1 + \tau_i) p_i^z Z_i^S \\ \text{s. t.} \quad Z_i^S &= \theta_i \left(\xi q_i^S (Q_i^S)^{\phi_i} + \xi x_i^C (X_i^C)^{\phi_i} + \xi x_i^W (X_i^W)^{\phi_i} \right)^{\frac{1}{\phi_i}} \end{aligned}$$

Isso implica nas seguintes funções de oferta:

$$\begin{aligned} Q_i^S &= \left[\frac{\theta_i^{\phi_i} \xi q_i^S (1 + \tau_i) p_i^z}{p_i^{qS}} \right]^{\frac{1}{1-\phi_i}} Z_i^S \quad \forall i \\ X_i^C &= \left[\frac{\theta_i^{\phi_i} \xi x_i^C (1 + \tau_i) p_i^z}{p_i^{xC}} \right]^{\frac{1}{1-\phi_i}} Z_i^S \quad \forall i \end{aligned}$$

$$X_i^W = \left[\frac{\theta_i^{\phi_i} \xi x_i^W (1 + \tau_i) p_i^Z}{p_i^{xW}} \right]^{\frac{1}{1-\phi_i}} Z_i^S \quad \forall i$$

Eliminando Z_i^S entre as duas primeiras expressões, nos dá:

$$\frac{Q_i^S}{\left[\frac{\theta_i^{\phi_i} \xi q_i^S (1 + \tau_i) p_i^{zS}}{p_i^{qS}} \right]^{\frac{1}{1-\phi_i}}} = \frac{X_i^C}{\left[\frac{\theta_i^{\phi_i} \xi x_i^C (1 + \tau_i) p_i^{zS}}{p_i^{xC}} \right]^{\frac{1}{1-\phi_i}}}$$

ou seja,

$$\frac{Q_i^S}{X_i^C} = \left[\frac{\theta_i^{\phi_i} \xi q_i^S (1 + \tau_i) p_i^{zS}}{p_i^{qS}} \times \frac{p_i^{xC}}{\theta_i^{\phi_i} \xi x_i^C (1 + \tau_i) p_i^{zS}} \right]^{\frac{1}{1-\phi_i}}$$

simplificando,

$$\frac{Q_i^S}{X_i^C} = \left[\frac{\xi q_i^S}{\xi x_i^C} \times \frac{p_i^{xC}}{p_i^{qS}} \right]^{\frac{1}{1-\phi_i}}$$

o que garante que,

$$\frac{\xi q_i^S}{\xi x_i^C} = \left(\frac{Q_i^S}{X_i^C} \right)^{1-\phi_i} \frac{p_i^{qS}}{p_i^{xC}}$$

Analogamente, usando as duas últimas funções de demanda, temos:

$$\frac{\xi x_i^W}{\xi x_i^C} = \left(\frac{X_i^W}{X_i^C} \right)^{1-\phi_i} \frac{p_i^{xW}}{p_i^{xC}}$$

como $\xi x_i^W + \xi x_i^C + \xi q_i^S = 1$, dividindo tudo por ξx_i^C , temos

$$\frac{\xi x_i^W}{\xi x_i^C} + 1 + \frac{\xi q_i^S}{\xi x_i^C} = \frac{1}{\xi x_i^C}$$

substituindo os valores encontrados anteriormente, temos:

$$\left(\frac{X_i^W}{X_i^C}\right)^{1-\phi_i} \frac{p_i^{xW}}{p_i^{xC}} + 1 + \left(\frac{Q_i^S}{X_i^C}\right)^{1-\phi_i} \frac{p_i^{qS}}{p_i^{xC}} = \frac{1}{\xi x_i^C}$$

Isso equivale a,

$$\frac{p_i^{xW}(X_i^W)^{1-\phi_i}}{p_i^{xC}(X_i^C)^{1-\phi_i}} + \frac{p_i^{xC}(X_i^C)^{1-\phi_i}}{p_i^{xC}(X_i^C)^{1-\phi_i}} + \frac{p_i^{qS}(Q_i^S)^{1-\phi_i}}{p_i^{xC}(X_i^C)^{1-\phi_i}} = \frac{1}{\xi x_i^C}$$

daí,

$$\xi x_i^C = \frac{p_i^{xC}(X_i^C)^{1-\phi_i}}{p_i^{xW}(X_i^W)^{1-\phi_i} + p_i^{xC}(X_i^C)^{1-\phi_i} + p_i^{qS}(Q_i^S)^{1-\phi_i}} \quad (61)$$

e, analogamente,

$$\xi x_i^W = \frac{p_i^{xW}(X_i^W)^{1-\phi_i}}{p_i^{xW}(X_i^W)^{1-\phi_i} + p_i^{xC}(X_i^C)^{1-\phi_i} + p_i^{qS}(Q_i^S)^{1-\phi_i}} \quad (62)$$

e

$$\xi q_i^S = \frac{p_i^{qS}(Q_i^S)^{1-\phi_i}}{p_i^{xW}(X_i^W)^{1-\phi_i} + p_i^{xC}(X_i^C)^{1-\phi_i} + p_i^{qS}(Q_i^S)^{1-\phi_i}} \quad (63)$$

p) Parâmetro de Escala da Transformação Exportação Interna-Externa: θ_i

Considerando as Exportações para fora do Estado,

$$Z_i^S = \theta_i \left(\xi q_i^S (Q_i^S)^{\phi_i} + \xi x_i^C (X_i^C)^{\phi_i} + \xi x_i^W (X_i^W)^{\phi_i} \right)^{\frac{1}{\phi_i}}$$

Tem-se que:

$$\theta_i = \frac{Z_i^S}{\left(\xi q_i^S(Q_i^S)^{\phi_i} + \xi x_i^C(X_i^C)^{\phi_i} + \xi x_i^W(X_i^W)^{\phi_i}\right)^{\frac{1}{\phi_i}}} \quad (64)$$

q) Propensão Média a poupar da Família: ss^S

De $S^S = ss^S \sum_h p_h^f FF_h$, tem-se que,

$$ss^S = \frac{S^S}{\sum_h p_h^f FF_h} \quad (65)$$

r) Propensão Média a poupar do Governo: ss^G

De $S^G = ss^G(T_H^D + \sum_i(T_i^M + T_i^{ICMS} + T_i^{OUT}) - tr^H)$, tem-se que,

$$ss^G = \frac{S^G}{(T_H^D + \sum_i(T_i^M + T_i^{ICMS} + T_i^{OUT}) - tr^H)} \quad (66)$$

s) Alíquota do Imposto de Renda: τ_H^D

Também $T_H^D = \tau_H^D \sum_h p_h^f FF_h$, implica em:

$$\tau_H^D = \frac{T_H^D}{\sum_h p_h^f FF_h} \quad (67)$$

t) Alíquota do Imposto sobre importados: τ_i^M

Como, $T_i^M = \tau_i^M p_i^{mW} M_i^W$, temos que:

$$\tau_i^M = \frac{T_i^M}{p_i^{mW} M_i^W} \quad (69)$$

u) Alíquota do Imposto do ICMS: τ_i^{ICMS}

De (30), temos que $T_i^{ICMS} = \tau_{*,i}^{ICMS} p_i^z Z_i^S + \tau_i^{ICMS} p_i^{mC} M_i^C$. Inicialmente, a tarifa de ICMS interna e externa é a mesma, pois só temos um governo. Isso equivale a dizer que $T_i^{ICMS} = \tau_i^{ICMS} (p_i^z Z_i^S + p_i^{mC} M_i^C)$. Com efeito,

$$\tau_i^{ICMS} = \frac{T_i^{ICMS}}{p_i^z Z_i^S + p_i^{mC} M_i^C} \quad (70)$$

v) Alíquota de Outros Impostos: τ_i^{OUT}

Por fim, de (31), temos que,

$$\tau_i^{OUT} = \frac{T_i^{OUT}}{p_i^{mC} M_i^C + p_i^z Z_i^S} \quad (71)$$

w) Alíquota do Imposto Direto sobre o Setor i: τ_i

Como, $T_i = (\tau_i^{ICMS} + \tau_i^{OUT}) p_i^z Z_i^S$, temos que:

$$\tau_i^D = \frac{T_i}{p_i^z Z_i^S} \quad (72)$$

4. SIMULAÇÕES

Os exercícios de simulação aqui conduzidos são ilustrativos das possibilidades de aplicação da ferramenta. Para compreendê-los fidedignamente são necessários alguns adendos.

Primeiramente, o modelo é estático, o que faz com que análises de exercícios contrafactuais envolvendo variáveis de decisão dinâmicas fiquem limitados. Em segundo lugar, ressalta-se que, devido ao grande tamanho do modelo, a leitura dos impactos gerados pelos choques se torna relativamente mais complicada. Isso é recorrente em modelos de grande porte e recai no conhecido problema da “caixa-preta”. Isto é, a complexa interação entre os diversos setores e agentes da economia dificulta a compreensão clara de todos os mecanismos que determinam a transição de um equilíbrio para o outro. Um terceiro ponto importante é que as simulações de choques muito grandes podem desestabilizar o sistema, gerando um equilíbrio final não factível.

Dadas as colocações acima, foram conduzidos exercícios levando-se em consideração mudanças pequenas nas variáveis exógenas e nos parâmetros. Mais especificamente, conduziram-se os seguintes experimentos: (i) uma redução de 5% nas transferências do governo para as famílias e (ii) um aumento de 5% na arrecadação do ICMS sobre a atividade da “Agricultura, inclusive apoio à agricultura e a pós-colheita”. Os resultados das simulações são expostos a seguir.

Por fim, vale destacar que modelos EGC são construídos com interesse de se analisar impactos de políticas no lado real da economia. Embora haja possíveis alterações nos preços relativos dos bens e serviços produzidos, o enfoque deve se manter sempre nos impactos reais advindos da natureza dos choques estudados.

A seguir apresenta-se o quadro 2 como forma de resumir a nomenclatura dos setores a fim de melhor apresentação nas tabelas dos resultados das simulações. Seguiu-se, basicamente, o quadro 1.

Quadro 2: Código para abreviação da denominação dos setores (atividades econômicas).

Setor	Código
Agricultura, inclusive apoio à agricultura e a pós-colheita	A1
Indústrias extrativas	A2
Indústrias de transformação	A3
Eletricidade e gás, água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	A4
Construção	A5
Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas	A6
Transporte, armazenagem e correio	A7
Alojamento e alimentação	A8
Informação e comunicação	A9
Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	A10
Atividades imobiliárias	A11
Atividades profissionais, científicas e técnicas, administrativas e serviços complementares	A12
Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social	A13
Educação e saúde privadas	A14
Artes, cultura, esporte e recreação e outras atividades de serviços	A15
Serviços domésticos	A16

Fonte: Elaboração própria.

As análises que se seguem são fruto dos experimentos mencionados anteriormente.

a) Redução de 5% nas Transferências do Governo para as Famílias.

A simulação que segue condiz com uma redução de 5% na transferência para as famílias. Em termos técnicos, isso significa uma redução do parâmetro tr^H . Assim, ele parte inicialmente de 12.054 para 11.933¹⁵.

A partir do problema da “Caixa Preta” supracitado, tem-se que qualquer choque na economia gera impacto em muitas variáveis. A quantidade de variáveis contidas no modelo dificulta a escolha para descrição. Por outro lado, descrever todas seria demasiadamente repetitivo e estafante. Assim, uma vez que a tabela é autoexplicativa, neste momento, omitiu-se tais descrições. Ao longo do curso alguns “insights” serão discutidos em maiores detalhes com o corpo técnico do IPECE.

¹⁵ Na MCS/CE, o valor pode ser localizado no ponto (Família; Governo).

O Quadro 3, a seguir, apresenta os impactos, em termos de variação percentual real, que seriam gerados pela implementação desta política nas variáveis relacionadas ao mercado de fatores, as quantidades (demanda e oferta) de produto interno (estadual) e as quantidades transacionadas para fora do Estado do Ceará, assim como a demanda por importados do Brasil e do resto do Mundo.

Quadro 3: Variáveis de oferta e demanda por importados

Setores	Variações							
	ΔK	ΔL	$\Delta Y, \Delta Z$	ΔQ^S	ΔX^C	ΔM^C	ΔX^W	ΔM^W
A1	4.28	10.52	5.26	1.37	-14.82	20.64	117.23	113.04
A2	-40.33	-36.76	-39.25	-33.41	-49.56	-12.08	28.62	55.27
A3	29.96	37.73	34.95	15.49	25.93	5.91	221.14	87.03
A4	0.59	6.61	2.3	2.89	-9.88	17.48	0	0
A5	-8.73	-3.27	-6.31	-6.32	-17.58	6.49	110.17	88.07
A6	0.87	6.9	3.19	4.24	-17.32	31.43	110.85	132.1
A7	2.56	8.7	6.1	5.96	-8.06	0	134.44	0
A8	-0.01	5.97	1.9	1.81	-12.9	18.99	122.11	-100
A9	-5.98	-0.36	-3.84	-3.29	-22.38	20.5	97.93	112.81
A10	-6.09	-0.48	-1.81	-1.81	0	17.94	108.99	0
A11	-1.9	3.97	-1.83	-1.83	0	0	77.73	0
A12	-2.73	3.09	0.48	0.48	-18.04	23.19	0	117.55
A13	-21.45	-16.75	-17.21	-17.21	-30.3	-1.65	121.01	73.68
A14	-0.34	5.62	3.74	3.74	0	0	0	0
A15	-1.13	4.79	2.77	2.77	-13.33	0	0	115.21
A16		2.2	2.2	2.2	0	0	0	0

Fonte: Elaboração própria.

Desconsiderando a demanda por insumos intermediários, em relação às demandas estaduais, teremos as variações presentes no quadro 4. Denotou-se, ainda a variação do nível de preços final e as arrecadações. Estas, por se tratar de interesse do Governo do Estado do Ceará.

Quadro 4: Variáveis de demanda, preço do produto final e arrecadação

Setores	Variações							
	ΔC^F	ΔG^F	ΔIn	ΔQ^F	Δp^{qF}	ΔT_i^{ICMS}	ΔT_i^{OUT}	ΔT_i^M
A1	9.38	29.91	-2.35	15	-6.57	6.73	6.73	210.35
A2	34.4	0	19.98	26.53	-23.96	-39.18	-39.18	126.19
A3	16.31	38.14	3.84	14.17	-12.14	27.44	27.44	172.46
A4	5.95	0	-5.41	5.09	-3.55	-0.56	-0.56	
A5	5.08	24.79	-6.19	-6.31	-2.74	-8.88	-8.88	173.96
A6	0.23	19.04	-10.52	5.21	1.96	5.16	5.16	238.12
A7	4.35	23.93	-6.84	5.96	-2.07	3.97	3.97	
A8	3.62	0	-7.49	1.81	-1.38	0.55	0.55	
A9	1.33	20.34	-9.54	-1.41	0.85	-2.36	-2.36	210.01
A10	5.26	0	0	4.13	-2.91		-1.83	
A11	-2.94	0	-13.35	-1.83	5.30		3.37	
A12	1.2	20.19	-9.65	0.53	0.98	1.49	1.49	216.91
A13	2.79	-17.82	-8.23	-17.2	-0.58	-17.68	-17.68	153.00
A14	3.24	22.61	0	3.74	-1.01		2.69	
A15	2.88	22.19	-8.15	2.78	-0.66		2.09	213.51
A16	2.2	0	0	2.2	0			

Fonte: Elaboração própria.

Para complementar essa discussão e apresentação de resultados tem-se, ainda no que diz respeito a arrecadação, em relação ao imposto direto cobrado das famílias uma variação positiva de 2,74%. Além disso, destaca-se a variação equivalente de Hicks de 6.418,23, que ressalta o ganho de utilidade das famílias.

b) Aumento de 5% na Arrecadação do ICMS da Agricultura (Setor A1)

Os Quadros 5 e 6, abaixo, apresentam os resultados deste exercício.

Quadro 5: Variáveis de oferta e demanda por importados

Setores	Variações							
	ΔK	ΔL	$\Delta Y, \Delta Z$	ΔQ^S	ΔX^C	ΔM^C	ΔX^W	ΔM^W
A1	4.08	10.52	5.09	1.25	-15.53	21.37	117.29	115.66
A2	-40.62	-36.94	-39.50	-33.61	-49.91	-12.02	28.86	56.35
A3	30.58	38.66	35.77	15.87	26.55	6.08	225.56	88.51
A4	0.65	6.88	2.42	3.02	-9.96	17.88		
A5	-9.03	-3.40	-6.54	-6.54	-17.93	6.43	111.12	89.13
A6	0.94	7.18	3.34	4.40	-17.46	32.06	112.34	134.67
A7	2.66	0.04	6.32	6.18	-8.04		136.56	
A8	0.04	6.23	2.01	1.91	-13.02	19.42	123.76	-100.00
A9	-6.05	-0.24	-3.83	-3.27	-22.61	20.89	99.09	114.82
A10	-6.14	-0.34	-1.72	-1.72		18.29		
A11	-1.84	4.23	-1.77	-1.77				
A12	-2.78	3.23	0.53	0.53	-18.22	23.58	110.39	119.60
A13	-22.09	-17.28	-17.74	-17.74	-30.86	-2.13	77.86	73.91
A14	-0.30	5.87	3.93	3.93				
A15	-1.09	5.03	2.95	2.94	-13.37		122.85	117.38
A16		2.42	2.42	2.42				

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 6: Variáveis de demanda, preço do produto final, e Arrecadação

Setores	Variações							
	ΔC^F	ΔG^F	ΔIn	ΔQ^F	Δp^{qF}	ΔT_i^{ICMS}	ΔT_i^{OUT}	ΔT_i^M
A1	9.48	29.96	-2.68	15.25	-6.45	12.02	6.68	215.34
A2	35.06		20.05	27.15	-24.16	-39.39	-39.39	128.61
A3	16.71	38.54	3.74	14.48	-12.24	28.20	28.20	175.63
A4	6.16		-5.63	5.25	-3.52	-0.41	-0.41	
A5	5.28	24.97	-6.42	-6.54	-2.71	-9.08	-9.08	176.54
A6	0.36	19.14	-10.79	5.39	2.05	5.41	5.41	243.13
A7	4.55	24.11	-7.06	6.18	-2.04	4.22	4.22	
A8	3.79		-7.74	1.91	-1.32	0.72	0.72	
A9	1.48	20.46	-9.80	-1.37	0.93	-2.27	-2.27	214.11
A10	5.49			4.30	-2.91		-1.70	
A11	-2.90		-13.69	-1.77	5.48		3.62	
A12	1.36	20.32	-9.90	0.58	1.05	1.61	1.61	221.10
A13	3.00	-18.38	-8.44	-17.73	-0.57	-18.20	-18.20	154.29
A14	3.44	22.79		3.93	-0.98		2.91	
A15	3.06	22.34	-8.39	2.95	-0.62		2.31	217.85
A16	2.42			2.42	0			

Fonte: Elaboração própria.

c) Subsídio para Informação e Comunicação (Setor A9)

Os Quadros 7 e 8, abaixo, apresentam os resultados deste exercício.

Quadro 7: Variáveis de oferta e demanda por importados

Setores	Variações							
	ΔK	ΔL	$\Delta Y, \Delta Z$	ΔQ^S	ΔX^C	ΔM^C	ΔX^W	ΔM^W
A1	4.22	11.10	5.30	1.39	-15.61	21.81	119.15	117.87
A2	-41.26	-37.38	-40.08	-34.06	-50.62	-11.95	28.24	57.49
A3	30.98	39.63	36.53	16.21	27.07	6.28	229.98	90.10
A4	0.54	7.18	2.43	3.04	-10.26	18.31		
A5	-9.12	-3.12	-6.47	-6.47	-18.14	6.85	112.59	91.11
A6	0.88	7.53	3.43	4.55	-17.77	32.91	113.55	137.72
A7	2.58	9.35	6.47	6.33	-8.15		138.52	
A8	-0.11	6.48	1.99	1.89	-13.38	19.86	124.94	-100.00
A9	-3.54	2.83	-1.11	-0.68	-15.70	17.02	118.91	109.30
A10	-6.24	-0.06	-1.52	-1.52		18.53		
A11	-1.96	4.51	-1.88	-1.88				
A12	-2.77	3.64	0.76	0.76	-18.21	24.13	112.39	122.02
A13	-23.19	-18.11	-18.61	-18.61	-31.69	-3.02	77.41	73.45
A14	-0.47	6.10	4.02	4.02				
A15	-1.21	5.31	3.08	3.08	-13.48		124.69	119.65
A16		2.58	2.58	2.58				

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 8: Variáveis de demanda, preço do produto final, e Arrecadação

Setores	Variações							
	ΔC^F	ΔG^F	ΔIn	ΔQ^F	Δp^{qF}	ΔT_i^{ICMS}	ΔT_i^{OUT}	ΔT_i^M
A1	9.70	29.91	-2.46	15.61	-6.49	7.15	7.15	219.84
A2	35.63		20.59	27.74	-24.36	-39.87	-39.87	131.20
A3	17.04	38.59	4.06	14.81	-12.35	28.92	28.92	179.07
A4	6.25		-5.53	5.34	-3.45	-0.31	-0.31	
A5	5.36	24.76	-6.33	-6.47	-2.63	-8.93	-8.93	180.55
A6	0.35	18.83	-10.78	5.55	2.23	5.68	5.68	248.99
A7	4.66	23.94	-6.94	6.33	-1.98	4.43	4.43	
A8	3.83		-7.69	1.89	-1.20	0.82	0.82	
A9	4.48	23.72	-7.11	0.74	-1.81	-15.04	-31.86	207.26
A10	5.73			4.50	-2.98		-1.58	
A11	-3.08		-13.83	-1.88	5.85		3.85	
A12	1.48	20.17	-9.77	0.81	1.09	1.88	1.88	225.93
A13	3.17	-19.28	-8.27	-18.60	-0.57	-19.06	-19.06	154.63
A14	3.55	22.62		4.02	-0.94		3.05	
A15	3.17	22.17	-8.27	3.09	-0.57		2.50	222.45
A16	2.58			2.58	0			

Fonte: Elaboração própria.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente nota técnica fez uma apresentação formal e completa do modelo de equilíbrio geral computável desenvolvido para economia cearense e denominado *Modelo MARES/CE*. O documento permite uma melhor compreensão de suas premissas, estruturas, características e potencial de uso aplicado.

Com a posse do modelo *MARES/CE* e dos demais instrumentos já anteriormente apresentados, a saber, a *TRUR/CE* e a *MIPR/CE*, o governo do estado do Ceará tem a sua disposição um conjunto de ferramentas capaz de aperfeiçoar de modo relevante seu processo de elaboração e avaliação de políticas públicas. Em conjunto, tais instrumentos conferem maior consistência técnica aos estudos elaborados e favorecem o processo de tomada de decisão por parte da gestão pública

Além dos ganhos acima, tais instrumentos também propiciam ganhos indiretos. Postos à disposição da sociedade cearense, contribuem para a elaboração de estudos técnicos por parte da academia e dos estudiosos locais dedicados à economia estadual, o que amplia a produção de conhecimento sobre o estado, sobre as decisões de políticas públicas por parte do governo cearense e sobre novas ferramentas. Neste particular, vale citar os trabalhos desenvolvidos em Lucio et al (2020a, 2020b), que discutem variações e extensões para Modelo MARES/CE.

Por fim, com tais instrumentos a disposição, torna-se necessário inseri-los de modo adequado e permanente nas discussões e decisões de política pública por parte do governo. De igual modo, deve-se estimular o debate técnico dedicado ao aprimoramento contínuo destas ferramentas à disposição da gestão pública estadual e de toda a sociedade.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, S. Amer. PRECKEL, Paul V. A Comparison of RAS and Entropy Methods in Updating IO Tables. American Agricultural Economics Association Annual Meeting. Portland, Oregon, 2007.

BRAATZ, Jacó. GONÇALVES, Rodrigo da Rocha. PINTO, Guilherme Penha. MORAES, Gustavo Inácio de. Proposta de reestruturação tributária e orçamentária para o RS: uma análise em Equilíbrio Geral Computável. *Perspectiva Econômica*, v. 11, n. 2, p. 95-114, 2015.

BURKOWSKI, Erika. PEROBELLI, F. Cordeiro. PEROBELLI, Fernando Salgueiro. Matrizes de contabilidade social e financeira: Brasil, 2005 a 2009. *Estudos Econômicos*, São Paulo, vol.46, n.4, p.937-971, out.-dez. 2016.

CHEN, Zhenhua; HAYNES, Kingsley E. Transportation Capital in the US: A Multimodal General Equilibrium Analysis. *Public Works Management and Policy*, 19, p. 97–117. 2013.

CONRAD, Klaus. Traffic, transportation, infrastructure and externalities: a theoretical framework for a CGE analysis. *The Annals of Regional Science*. 1997.

DERVIS, Kemal; DE-MELO, Jaime; ROBINSON, Sherman. General Equilibrium Models for Development Policy. A world bank research publication. 1982.

DESPOTAKIS, K.A., FISHER, A.C. Energy in a regional economy: A computable general equilibrium model for California. *J. Environ. Econ. Manage.* 15, 313-330. 1988.

DEVARAJAN, S.; ROBINSON, S. The ináuence of computable general equilibrium models on policy. In: Kehoe, T., Srinivasan, and J. Whalley. *Frontiers in Applied General Equilibrium Modeling*. Cambridge University Press. 2002.

DIXON, P. PARMENTER, B. SUTTON, J. Spatial disaggregation of ORANI results: A preliminary analysis of the impacts of protection at the state level. *Econ. Anal. Policy* 8, 35-86. 1978.

DIXON, P. PARMENTER, B. SUTTON, J. VINCENT, D. ORANI: A Multisectoral Model of the Australian Economy, Contributions to Economic Analysis, North Holland Publishing Company. 1982.

DIXON, P. PARMENTER, B. Computable general equilibrium modeling for policy analysis and forecasting. In: H. M. Amman, D. A. Kendrick, et al. *Handbook of computational economics*. Amsterdam; New York: Elsevier. 1996.

DOMINGUES, E. HADDAD, E. Analyzing the spatial impact of tax policies: An interregional CGE framework for Brazil, paper presented at the Policy Modeling International Conference, Brussels, Belgium, 4-6 July. 2002.

DOMINGUES, E. P. HADDAD, E. A. Perspectivas da implementação da ALCA na economia brasileira: impactos setoriais e regionais da abertura comercial. Texto para Discussão nº 208. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2003.

DOMINGUES, E. P. Dimensão regional e setorial da integração brasileira na área de livre comércio das américas. São Paulo, FEA/USP, 2002. Tese (Doutorado em Economia). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 2002.

DOMINGUES, E. P.; LEMOS, M. Regional impacts of trade liberalization strategies in Brazil, paper presented at the Input-Output and General Equilibrium Data, Modeling and Policy Analysis Conference, Brussels, Belgium, 2-4 September. 2004.

FERREIRA FILHO, J. B. S. Introdução aos Modelos Aplicados de Equilíbrio Geral: Conceitos, Teoria e Aplicações. In: Bruno de Oliveira Cruz; Bernardo Alves Furtado; Leonardo Monasterio; Waldery Rodrigues Junior. (Org.). Economia Regional e Urbana. Teorias e Métodos com ênfase no Brasil. 1ed. Brasília: IPEA, 2011, v. 1, p. 375-400. 2011.

FOCHEZATTO, Adelar. Testando um modelo de equilíbrio geral computável para a economia gaúcha: impactos da reestruturação tributária. Ensaio FEE, v. 23, p. 371-398, 2002.

FOCHEZATTO, Adelar; CURZEL, Rosana. Matriz de contabilidade social regional: procedimentos metodológicos e aplicação ao Rio Grande do Sul. Economia, v. 6, n. 1, 2005.

GILLESPIE, G.; MCGREGOR, J.; SWALES, J.K.; YIN, Y.P. The displacement and multiplier effects of regional selective assistance: a computable general equilibrium analysis. Regional Studies, v. 35, n. 2, p. 125-139, 2001.

GROENEWOLD, N., MADDEN, J.R., HAGGER, A.J. The effects of inter-regional transfers: A political economy CGE approach. Pap. Reg. Sci. 82, 535-554. 2003.

GUILHOTO, J. J. M. Um modelo computável de equilíbrio geral para planejamento e análises de políticas agrícolas (PAPA) na economia brasileira. (Tese de Livre-Docência). ESALq, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

GUILHOTO, J. J. M et al. Matriz de Insumo-Produto do Nordeste e Estados: Metodologia e Resultados. Fortaleza, Banco do Nordeste do Brasil, 2010.

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

HADDAD, E. A. Regional inequality and structural changes: Lessons from the Brazilian experience. Aldershot: Ashgate, 1999.

HADDAD, E. A. Retornos crescentes, custos de transporte e crescimento regional. São Paulo: USP, 2004. Tese de Livre-Docência. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, 2004.

HADDAD, E. PEROBELLI, F. Trade liberalization and regional inequity: Do transportation costs impose a spatial poverty trap? EcoMod2005 International Conference on Policy Modeling, 29 June-1 July. 2005.

HARRIGAN, F.; MCGREGOR, P.G.; DOURNASHKIN, N.; PERMAN, R.; SWALES, J.K.; YIN, Y.P. AMOS: A Macro-Micro Model of Scotland. *Economic Modelling*, 10; 424-479. 1991.

HORRIDGE, M. MADDEN, J. WITTEWER, G. Using a highly disaggregated multiregional single-country model to analyze the impacts of the 2002-3 drought on Australia, paper presented at the 2003 GTAP Conference, Netherlands, June, 2003.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. Produto Interno Bruto: PIB do Ceará na Ótica da Produção – 2010 – 2013. IPECE Informe. Secretaria de Planejamento e Gestão, Governo do Estado do Ceará. Fortaleza, 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. A evolução da composição do PIB cearense na década de 2000: a importância das principais atividades. IPECE Informe. Secretaria de Planejamento e Gestão, Governo do Estado do Ceará. Fortaleza, 2011.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. Ceará em Números 2013. Secretaria de Planejamento e Gestão, Governo do Estado do Ceará. Fortaleza, 2013.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. Ceará em Números 2016. Secretaria de Planejamento e Gestão, Governo do Estado do Ceará. Fortaleza, 2016.

JOHANSEN, L. A multisectoral model of economic growth. Amsterdam: North Holland Press. 1960.

KING, B. What is a SAM? A Layman's Guide to Social Accounting Matrices. Working Paper No. 463, World Bank, Washington D.C., USA. 1985.

KLEIN, L.R., GLICKMAN, N.J. Econometric model-building at regional level. *Reg. Sci. Urb. Econ.* 7, 3-23. 1977.

LEONTIEF, W. MORGAN, A. POLENSKY, K. SIMPSON, D. TOWER, E. The economic impact – industrial and regional of an arms cut. *Review of Economics and Statistics*, XLVII: 217-241. 1965.

LI, P.C., ROSE, A. Global warming policy and the Pennsylvania economy: A computable general equilibrium analysis. *Econ. Syst. Res.* 7, 151-171. 1995.

LIU, Jing; ARNDT, Channing; HERTEL, Thomas W. Parameter estimation and measures of fit in a global, general equilibrium model. *Journal of Economic Integration*, p. 626-649, 2004.

LOFGREN, H., ROBINSON, S., Spatial-network, general-equilibrium model with a stylized

application. Reg. Sci. Urb. Econ. 32, 651-671. 2002.

LOFGREN, H., HARRIS, R. ROBINSON, S. A standard computable general equilibrium model in GAMS. Microcomputers in policy research 5. International Food Policy Research Institute, 2002.

LUCIO, F. G. C., GARCIA, J. A., PEREIRA, R. A. C. (2020a). Efficiency in Tax Collection: overcoming the effects of the covid-19 pandemic on public finances of the Ceará state. in: XVI Encontro Economia do Ceará em Debate, 2020. Fortaleza – CE.

LUCIO, F. G. C., PAIVA, W. L., PEREIRA, R. A. C., PENNA, C. M., DALL'ERBA, S. (2020b). Public Sector Overall Efficiency: an application in the Ceará state – Brazil. in: FRANÇA, J. M., MONTEIRO, R. M. L., SOUSA, F. J. (orgs). Economia do Ceará em Debate 2019. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Fortaleza – CE: IPECE, 2020.

MADDEN, J.R. FEDERAL: A two-region multi-sectoral fiscal model of the Australian economy, PhD Thesis, University of Tasmania, Hobart. 1990.

MENEZES, A. G.; FORTUNA, Mário; SILVA, Francisco; VIEIRA, José Cabral. Computable General Equilibrium Models: A Literature Review. Working Paper CEEApLA nº 06/2006. Universidade dos Açores, Universidade de Madeira. 2006. Disponível em: <http://www.ceeapla.uac.pt/uploads/pms/attachments/Paper06-2006.pdf> Acesso em: 28 de junho de 2017.

MCDONALD, Scott. The PROVIDE Project Standard Computable General Equilibrium Model: Version 2. 2005.

MCGREGOR, P.G., SWALES, J.K., YIN, Y. P. Migration equilibria in regional economies: A multi-period CGE analysis of an improvement in local amenities. In: van den Bergh, J., Nijkamp, P., Rietveld, P. (Eds), Recent Advances in Spatial Equilibrium Modeling: Methodology and Applications. Springer, Berlin, p. 346-358. 1996.

MCGREGOR, P.G., SWALES, J.K., YIN, Y.P., Spillover and feedback effects in general equilibrium interregional models of the national economy: A requiem for inter-regional input-output? In: Hewings, G.J.D., Sonis, M., Madden, M., Kimura, Y. (Eds), Understanding and Interpreting Economic Structure. Springer, Berlin, pp. 167-190. 1999.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. Input-output analysis: foundations and extensions. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2009.

MORGAN, W., MUTTI, J., PARTRIDGE, M. A regional general equilibrium model of the United States: Tax effects on factor movements and regional production. Rev. Econ. Stat. 71, 626-635. 1989.

NUÑEZ, Blas E. Caballero; KURESKI, Ricardo. A matriz de contabilidade social do Paraná-1998. Revista Paranaense de Desenvolvimento - RPD, n. 106, p. 71-88, 2011.

PAIVA, W. L.; TROMPIERI NETO, N. (2020). Tabelas de Recursos e Usos e Matriz Insumo-Produto Regionais para Economia Cearense. Nota Técnica nº 70. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Fortaleza – CE: IPECE, 2020.

PAIVA, W. L., TROMPIERI NETO, N., PEREIRA, R. A. C., PENNA, C. M. (2019). Um Modelo de Equilíbrio Geral para o Estado do Ceará: O Modelo de Análises Regionais Estático – Mares/Ce. In: BARRETO, F. A. F. D., FRANÇA, J. M., FIRMIANO, M. R., SOUSA, F. J. (*orgs*). Economia do Ceará em Debate 2018. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Fortaleza – CE: IPECE, 2019.

PARTRIDGE, Mark D.; RICKMAN, Dan S. Computable general equilibrium (CGE) modelling for regional economic development analysis. *Regional Studies*, v. 44, n. 10, p. 1311-1328, 2010.

PORSSE, A. A. Competição tributária regional, externalidades fiscais e federalismo no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral computável. Porto Alegre, UFRGS, 2005. Tese (Doutorado em Economia) Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

RIBEIRO, Luiz Carlos de Santana. Investimentos estruturantes e desigualdades regionais na região nordeste do Brasil. Editora UFS. São Crátovão, 2017.

RICKMAN, Dan S. Estimating the impacts of regional business assistance programs: Alternative closures in a computable general equilibrium model. *Papers in Regional Science*, v. 71, n. 4, p. 421-435, 1992.

ROUND, Jeffery. Social accounting matrices and SAM-based multiplier analysis. The impact of economic policies on poverty and income distribution: Evaluation techniques and tools, p. 261-276, 2003.

SEUNG, C.K., HARRIS, T.R., ENGLIN, J.E., NETUSIL, N.R. Impacts of water allocation: A computable general equilibrium and recreational demand model approach. *Ann. Reg. Sci.* 34, 473-487. 2000.

SCHWARM, W., CUTLER, H., Building small city and town: SAMs and CGE models revisited. In: Doi, M. (Ed.), *Computable General Equilibrium Approaches in Urban and Regional Policy Studies*. World Scientific, Singapore, 59-81. 2006

TOURINHO, Octávio Augusto Fontes; SILVA, Napoleão Luiz Costa da; ALVES, Yann Le Boulluec. Uma matriz de contabilidade social para o Brasil em 2003. *TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 1242 – IPEA*. 2006.

TRINH, Bui. PHONG, Nguyen Viet. A Short Note on RAS Method. *Advances in Management & Applied Economics*, vol. 3, no.4, 133-137. 2013.

URANI, André. MOREIRA, Ajax. FERREIRA, Marco A. R. GOTTSHALK, Helena. Construção de uma Matriz de Contabilidade Social para o Brasil. 1994. *TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 346 – IPEA*. 1994.

WHALLEY, J., TRELA, I. Regional Aspects of Confederation. University of Toronto Press, Toronto. 1986.

* * *