Input-Output Analysis: Theory and Foundations

Guilhoto, Joaquim José Martins

University of São Paulo

2011

ANÁLISE DE INSUMO-PRODUTO: TEORIA E FUNDAMENTOS

(Input-Output Analysis: Theory and Foundations)

Joaquim José Martins Guilhoto
Departamento de Economia, FEA – Universidade de São Paulo
REAL, University of Illinois, e Pesquisador do CNPq
Email: guilhoto@usp.br

Agosto 2011

Resumo
Este texto está organizado da seguinte forma: os primeiros capítulos apresentam os antecedentes da teoria de insumo-produto, situando o trabalho de Wassily Leontief dentro da teoria econômica, numa visão histórica, apresentando-se, em seguida, as inovações apresentadas por Leontief. O capítulo 3 apresenta a teoria básica de insumo-produto, enquanto que no capítulo 4 é visto como os dados de insumo-produto são tratados e divulgados pelos órgãos estatísticos e como estas informações podem ser analisadas de forma a permitir trabalhar com o sistema original de Leontief. O capítulo 5 trata de como o modelo original de Leontief, desenvolvido para uma economia nacional, pode ser ampliado para análises de economias regionais de uma única região ou de várias regiões interligadas. No capítulo 6 são apresentados os métodos básicos de análise utilizados nas matrizes de insumo-produto. O capítulo 7 trata da utilização de modelos de insumo-produto em questões do meio-ambiente. A discussão sobre como as matrizes de insumo-produto podem ser obtidas por meio de métodos censitários e não censitários é feita no capítulo 8. Finalmente, o capítulo 9 visa apresentar as várias aplicações plausíveis da utilização das matrizes de insumo-produto ao mesmo tempo em que apresenta os futuros caminhos possíveis em termos de utilização desta ferramenta tão poderosa de análise.

Abstract
This paper presents, in Portuguese, an overview of the input-output theory, originally developed by Wassily Leontief. The first and second chapters present the background of the theory of input-output, placing the work of Leontief in a historical view. Chapter 3 presents the basic theory of input-output. Chapter 4 deals with how the input-output data is overall processed and disseminated by the statistical agencies, and specifically by the Brazilian statistical office (IBGE), and how this information can be analyzed to allow the system to work with the original Leontief model. Chapter 5 deals with how the original Leontief model, developed for a national economy can be extended to the analysis of regional economies, either for a single region or for several interconnected regions. Chapter 6 presents the basic methods of analysis used with input-output models. Chapter 7 deals with the use of input-output in modeling environmental issues. The discussion of how input-output matrices can be obtained by using census and non-census methods is made in Chapter 8. Finally, Chapter 9 aims to present the various possible applications of input-output analysis, while at the same time, outlining the possible future paths in terms of using this powerful tool of analysis.

Palavras Chave: Insumo-Produto, Economia Regional, Brasil

Keywords: Input-Output, Regional Economics, Brazil

JEL: C67, D57, R15

Sumário

CAPÍTULO 1
INTRODUÇÃO

> *"Minha tendência foi combinar empirismo e teoria. Em economia esta combinação exige conceitos matemáticos, como análise de sistemas."*
>
> Wassily Leontief, apud Polenske (2000).

Carter (2000), fazendo uma resenha do livro *Input-Output Analysis* editado por Kurz, Dietzenbacher e Lager (1998), sintetiza muito bem o que os economistas, em geral, pensam sobre a teoria de insumo-produto e o que é na verdade esta teoria:

> *"... insumo-produto comumente caracterizado por economistas da corrente principal do pensamento econômico como sendo simplista e sem sofisticação, engloba um universo cheio de sofisticação, inteligência e, comumente, pensamento extremamente abstrato." Carter (2000, p. 132).*

Mais do que isso, como será visto adiante, a teoria e as aplicações de insumo-produto continuam seguindo a idéia original do seu formulador, Wassily Leontief, que é a de uma visão prática da economia.

Desta forma, este texto está organizado da seguinte forma: o capítulo seguinte apresenta os antecedentes da teoria de insumo-produto, situando o trabalho de Wassily Leontief dentro da teoria econômica, numa visão histórica, apresentando-se, em seguida, as inovações apresentadas por Leontief. O capítulo 3 apresenta a teoria básica de insumo-produto, enquanto que no capítulo 4 é visto como os dados de insumo-produto são tratados e divulgados pelos órgãos estatísticos e como estas informações podem ser analisadas de forma a permitir trabalhar com o sistema original de Leontief. O capítulo 5 trata de como o modelo original de Leontief, desenvolvido para uma economia nacional, pode ser ampliado para análises de economias regionais de uma única região ou de várias regiões interligadas. No capítulo 6 são apresentados os métodos básicos de análise utilizados nas matrizes de insumo-produto. O capítulo 7 trata da utilização de modelos de insumo-produto em questões do meio-ambiente. A discussão sobre como as matrizes de insumo-produto podem ser obtidas por meio de métodos censitários e não censitários é feita no capítulo 8. Finalmente, o capítulo 9 visa apresentar as várias aplicações plausíveis da utilização das matrizes de insumo-produto ao mesmo tempo em que apresenta os futuros caminhos possíveis em termos de utilização desta ferramenta tão poderosa de análise.

CAPÍTULO 2
ANTECEDENTES HISTÓRICOS E CONTRIBUIÇÕES DE LEONTIEF

2.1. Antecedentes históricos

Na tentativa de traçar as origens da teoria de Insumo-Produto dentro da teoria econômica e de explicar um pouco da sua evolução no século XX, esta seção em muito se beneficiou do Volume Especial do *Economic Systems Research (Vol. 12, N. 2, June 2000, Special Issue: Input-Output Analysis and Classical Economic Theory),* e em especial do trabalho de Kurz e Salvadori (2000) neste volume.[1]

De acordo com Leontief:

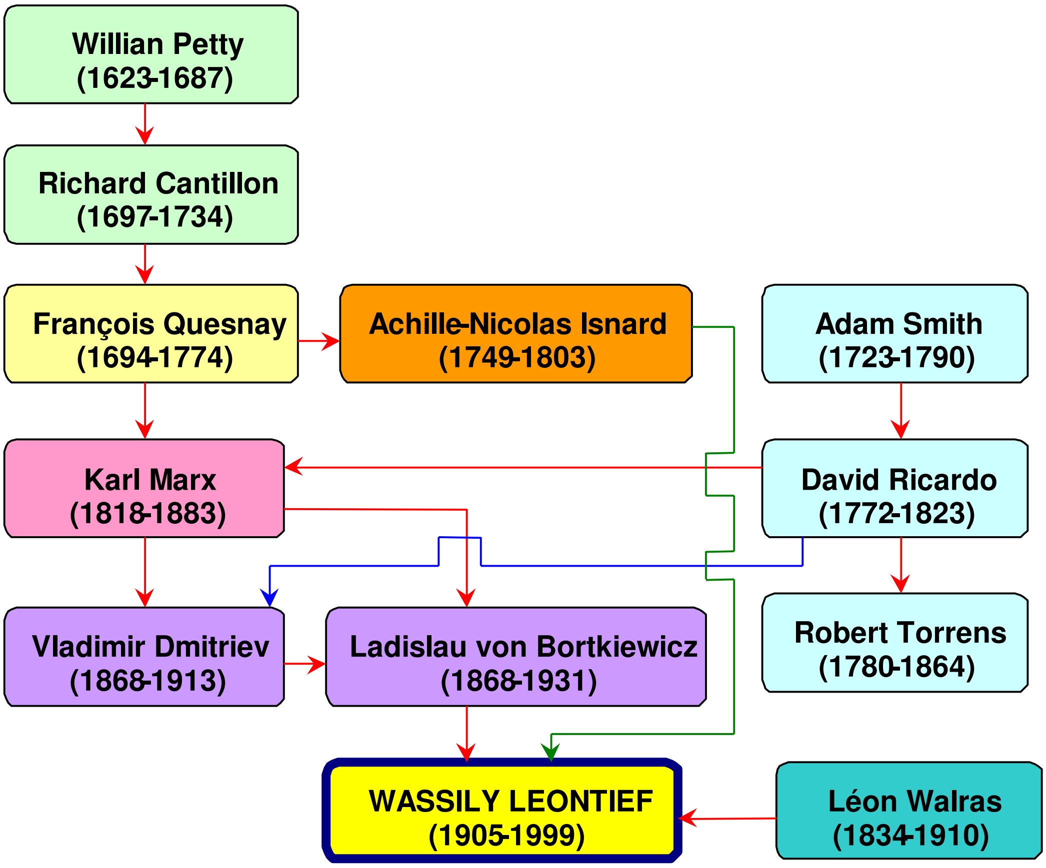
> *"A análise de Insumo-Produto é uma extensão prática da teoria clássica de interdependência geral que vê a economia total de uma região, país, ou mesmo do mundo todo, como um sistema simples, e parte para descrever e para interpretar a sua operação em termos de relações estruturais básicas observáveis" (Leontief, 1987, p. 860).*

De acordo com a idéia de Leontief, a origem da sua teoria pode ser ligada ao problema do fluxo circular da renda assim como ao problema da sua distribuição entre as classes envolvidas dentro do processo produtivo. Preocupações estas que aparecem no seu artigo de 1928, "Die Wirstschaft Als Kreislauf" (Leontief, 1928), baseado no seu trabalho de doutorado e que foi parcialmente traduzido para o inglês em Leontief (1991), "The Economy as a Circular Flow", assim como no seu artigo de 1936, "Quantitative Input-Output Relations in the Economic System of the United States" (Leontief, 1936).

Tomando como base a teoria do fluxo circular, as origens da teoria de Leontief, apresentada de forma esquemática na figura 2.1, podem estar relacionadas a autores que antecederam aos fisiocratas, como William Petty (1623-87) e Richard Cantillon (1697-1734).

[1] O trabalho de Kurz e Salvadori (2000) pode ser considerado uma obra prima em traçar as origens da teoria de insumo-produto e, sem dúvida, este trabalho fornece a grande base teórica desta seção.

Figura 2.1 – Esquema das origens da teoria de Leontief



No seu primeiro trabalho, *Treatise of Taxes and Contributions*, originalmente publicado em 1662 (veja Petty, 1986), Petty expõe o conceito de *excedente social.* O excedente agrícola, identificado como a renda da terra, é expresso como sendo a diferença entre a produção de milho menos o milho utilizado como insumo, incluindo a subsistência dos trabalhadores medida em termos de milho. Dado o meio de subsistência dos indivíduos, o excedente poderia também ser expresso em termos do número de pessoas que poderiam ser mantidas por um certo número de trabalhadores engajados na produção de bens.

Cantillon teve o seu trabalho, *Essai sur la Nature du Commerce en Général,* publicado postumamente em 1755 (veja Cantillon, 1931) sendo fortemente influenciado pelo trabalho de Petty. Ele enfatiza que todos os membros da sociedade subsistem com base na produção da terra, o que parece indicar que a fonte de todo o excedente é a agricultura, porém existem passagens no seu trabalho que indicam que o excedente também pode ser gerado na manufatura, na forma de lucro.

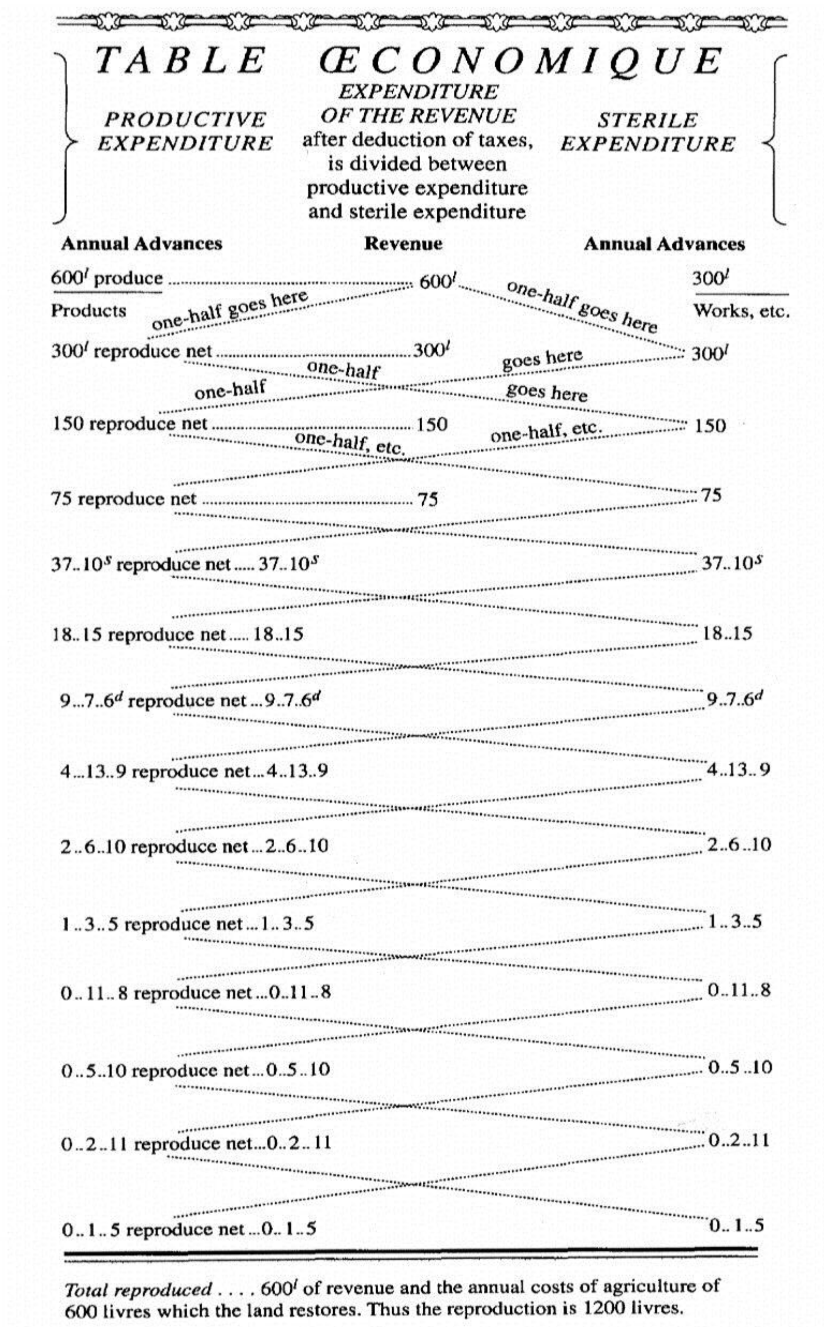
A visão de que somente a agricultura pode gerar excedente e de que a manufatura é uma atividade estéril, gerando uma produção cujo valor não seria maior do que os insumos agrícolas por ela utilizados, é apresentada no trabalho de François Quesnay (1694-1774), *Tableau Économique.* Quesnay é considerado como sendo o fundador da Escola Fisiocrata, a qual se opunha às idéias mercantilistas de Colbert. O *Tableau* apareceu em três versões, sendo que a primeira deve ter aparecido no final de década de 1750 (Kuczynski e Meek, eds, 1972, apresentam estas três versões).

O *Tableau Économique*, também conhecido como "*tabela de ziguezague*" é apresentado de forma esquemática na Figura 2.2 (extraída de Baumol, 2000), a qual mostra: a) que a agricultura é a atividade econômica produtiva e que a manufatura é a atividade estéril; e b) como se dá a relação de produção entre estes dois macro-setores da economia.

É importante salientar, inclusive, que este trabalho foi admirado por Karl Marx, que, ao mesmo tempo, apresentava-se como um crítico de Adam Smith.. Segundo Marx, o *Tableau é*

> *"uma concepção extremamente brilhante, incontestavelmente a mais brilhante pela qual a economia política foi responsável até o momento"* (Marx, 1956, p. 344).

Figura 2.2 – *Tableau Économique* de Quesnay



Fonte: Baumol (2000)

Leontief, em seu trabalho de 1936, também faz menção ao trabalho de Quesnay:

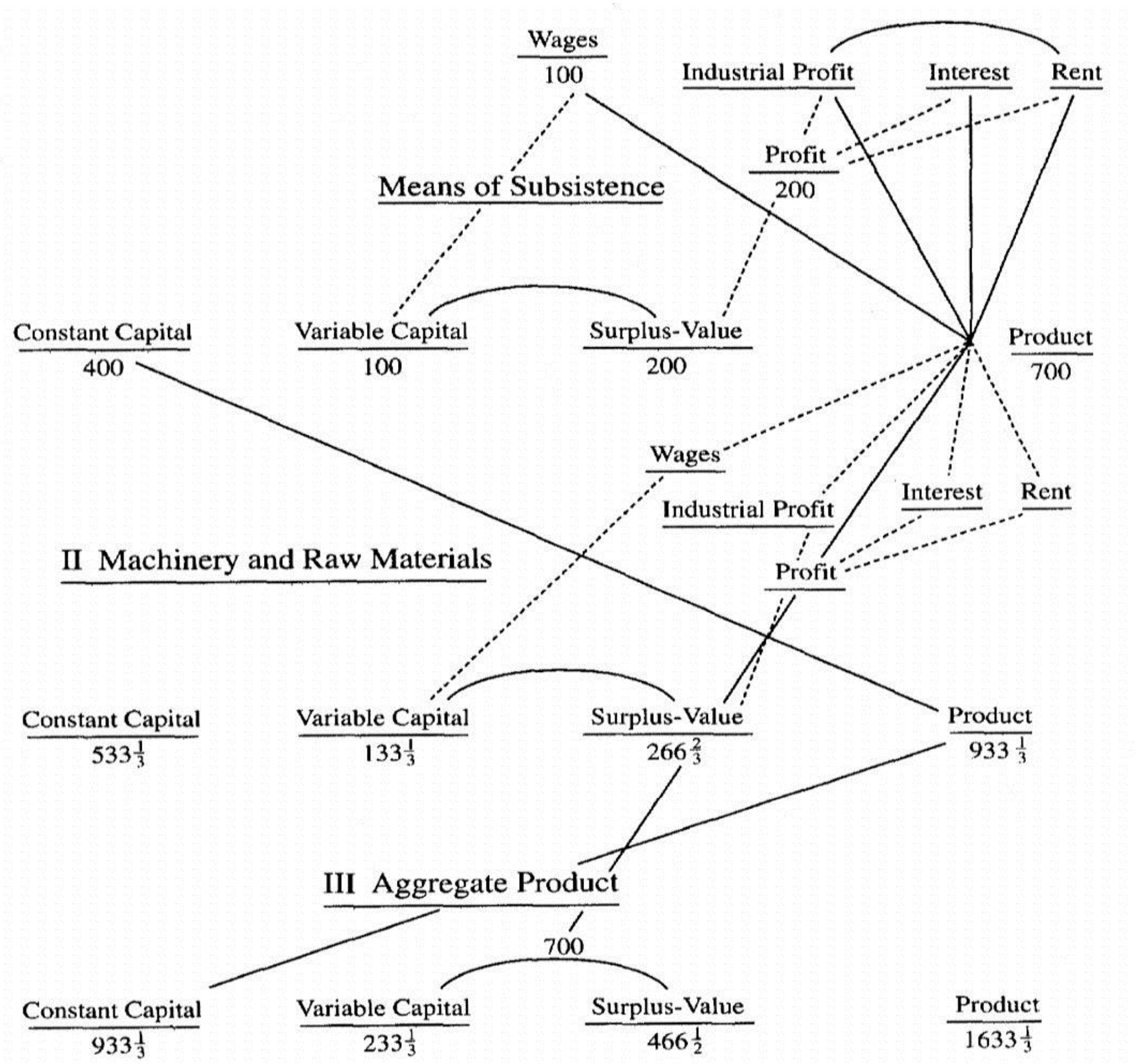
> *"O estudo estatístico apresentado ... pode ser melhor definido como uma tentativa de construir, com o material estatístico disponível, um Tableau Économique dos Estados Unidos para 1919 e 1929"* (Leontief, 1936, p.105).

Achille-Nicolas Isnard (1749-1803), em seu trabalho *Traité des Richesses* (Isnard, 1781), foi um crítico da doutrina fisiocrata com relação ao fato de que somente a agricultura seria produtiva. Mais importante ainda, Isnard argumentava que o fato de um setor da economia gerar uma renda superior aos seus custos de produção não poderia ser considerado de forma independente das relações de troca entre os bens, ou seja, os preços relativos. Os preços relativos não só refletiriam os custos de produção dos diversos bens, mas também a regra pela qual o excedente seria distribuído entre as classes proprietárias.

Os conceitos de produção e do fluxo circular estão de certa forma presentes nos trabalhos de Adam Smith (1723-1790), *An Inquire into the Nature and Causes of the Wealth of Nations* (veja Smith, 1965) publicado em 1776, e de David Ricardo (1772-1823), *On the Principles of Political Economy and Taxation (veja Ricardo, 1982)* publicado em 1817, porém a volta destes conceitos dentro de um ambiente da teoria de insumo-produto é verificado no trabalho de Robert Torrens (1780-1864). Na segunda edição do seu trabalho, *Essays on the External Corn Trade* (Torrens, 1820), voltam à discussão os problemas de quantidades relativas e taxas de crescimento, e de preços relativos e taxas de lucro, tornando claro que o conceito de excedente era a chave para explicar a divisão da renda.

Karl Marx (1818-83) usou o *Tableau* como base para seu esquema de reprodução (Figura 2.3, extraída de Baumol, 2000). O esquema de reprodução (Marx, 1956, parte III) se preocupa com a distribuição do trabalho entre os diferentes setores da economia. Tal distribuição foi vista por Marx como sendo dependente das técnicas de produção socialmente dominantes, da distribuição de renda entre salários e lucros, e dos gastos dessas rendas, especialmente se parte dos lucros são acumulados ou não.

Figura 2.3 – Esquema de Reprodução de Marx



Fonte: Baumol (2000)

O esquema de reprodução de Marx, porém, apresentava um problema. Após desenvolver o seu esquema de reprodução (veja Baumol, 2000), ele chega à conclusão que os bens de produção produzidos no Departamento I (bens de produção) para o Departamento II (bens de consumo) devem ser iguais em valor aos bens de consumo que o Departamento II produz para o Departamento I, o que já era de se esperar.

Assim sendo, a questão que se colocava era o que mais o modelo de Marx poderia explicar? E é justamente nos trabalhos de Vladimir K. Dmitriev (1868-1913) e Ladislaus von Bortkiewicz (1868-1931) que a resposta é encontrada.

Em 1898, Dmitriev publicou "Economic Essays on Value, Competion and Utility" (Dmitriev, 1974) em que é feita uma análise da teoria do valor e da distribuição de Ricardo.

A partir do trabalho de Dmitriev e do problema enfrentado por Marx, von Bortkewicz, que viria a supervisionar a tese de doutorado de Leontief, desenvolve um tratado em três partes, o qual é publicado entre 1906 e 1907 (as partes II e III foram traduzidas para o inglês como *Value and Price in the Marxian System*, veja von Bortkiewicz, 1952). Neste trabalho, von Bortkewicz chama a atenção para o fato de que as informações que o enfoque clássico da teoria do valor e da distribuição utilizam são suficientes para determinar a taxa de lucro e os preços relativos.

Wassily Leontief nasceu em 05/08/1906 em São Petersburgo, estudou de 1921 a 1925 na Universidade de Leningrado, formando-se em economia. Fez o seu doutorado na Universidade de Berlim sobre a supervisão de von Bortkiewicz. Em 1928 publicou parte da sua tese no artigo '*Die Wirtschalt als Kreislaur'* (veja Leontief, 1928) que foi traduzido parcialmente para o inglês em 1991 ("The Economy as a Circular Flow", veja Leontief, 1991). Neste trabalho, Leontief desenvolve um modelo de dois setores de insumo-produto que foi construído para descrever a produção, aq distribuição, e o consumo (segundo Kurz e Salvadori, 2000, o trabalho de Leontief de 1928 apresenta semelhanças com o de Isnard). De 1927 a 1930 trabalhou na Universidade de Kiel. Em 1928/29 trabalhou na China como consultor do Ministério das Estradas de Ferro. Em 1931, mudou-se para os EUA indo trabalhar no National Bureau of Economic Research, Nova Iorque. Em 1932 torna-se professor no departamento de economia da Universidade de Harvard, EUA, onde começa a construção das primeiras matrizes de insumo-produto para a economia americana. Estas matrizes, juntamente com o modelo matemático, são publicadas em 1936 e 1937 (Leontief, 1951). Leontief foi professor na Universidade de Harvard até 1975, tendo recebido o prêmio Nobel de economia em 1973. No período de 1975 a 1999 foi professor no departamento de economia da New York Universiy, vindo a falecer em 05/02/1999.

É interessante chamar a atenção para o fato de que, conforme Baumol (2000), o trabalho de Leontief:

> *"... é, na verdade, um salto para frente, e não simplesmente uma mera extensão daqueles que são chamados de seus predecessores. A contribuição de Leontief é revolucionária, não incremental. Ela transforma abstrações de aplicação duvidosa num instrumento analítico operacional e amplamente utilizável"* Baumol (2000, p. 142).

Existe uma vasta literatura discutindo se realmente existem semelhanças, e se o trabalho de Leontief pode ser comparado ao da teoria neoclássica de Walras. Uma discussão maior foge ao objetivo deste trabalho, sendo que na apresentação abaixo será dado apenas o tom deste debate. Ao leitor mais curioso é recomendada a leitura aqui referenciada.

Leontief, em seu primeiro livro sobre insumo-produto, coloca que:

> *"Este modesto volume descreve uma tentativa de aplicar a teoria econômica de equilíbrio geral - ou melhor, de interdependência geral - a um estudo empírico das interrelações entre as diferentes partes de uma economia nacional como revelado através da covariação de preços, produções, investimentos e rendas"* Leontief (1951, p.3),

e no seu livro de 1966 confirma a afirmação acima, definindo o método de insumo-produto desenvolvido nas décadas de 1930 e de 1940 como sendo:

> *"uma adaptação da teoria neoclássica de equilíbrio geral ao estudo empírico da interdependência de quantidade entre atividades econômicas interrelacionadas"* Leontief (1966, p.134).

O fato interessante é que estas afirmações de Leontief acontecem após a sua mudança para os EUA. No seu trabalho de 1928, conforme mostrado por Kurz e Salvatori (2000), o conceito marginalista de *homo oeconomicus* é considerado inapropriado por Leontief, pois dá espaço a muita imaginação e poucos fatos, portanto, a análise econômica deveria se concentrar no conceito do fluxo circular.

Em oposição à visão acima, colocada por Kurz e Salvatori (2000), o trabalho de Davar (2000) afirma que, apesar de haver diferenças entre os trabalhos de Leontief e Walras, é possível a conciliação das duas teorias.

Lager (2000) apresenta uma discussão sobre economistas contemporâneos de Leontief que se preocuparam com a teoria da produção, acumulação e distribuição (fluxo circular), e que de alguma forma têm o seu trabalho relacionado com o de Leontief, como John Richard Hicks (1904-1989), Piero Sraffa (1898-1983), John von Neumann (1903-1957), e Nicolas Georgescu-Roegen (1906-1994)

Entre outros economistas de importância do século XX que tiveram os seus trabalhos relacionados ao de Leontief, podemos citar: Alfred Kähler (1900-1981), Luigi L. Pasinetti (1930-), Paul Anthony Samuelson (1915-), e John Richard Nicholas Stone (1913-1991).

2.2. Contribuições de Leontief

Como se pode verificar na literatura consultada e no próprio trabalho de Leontief, a sua grande ênfase sempre se relacionou à ligação entre a teoria e a sua aplicação. Segundo Polenske (2000), e baseando-se na premissa acima, existem cinco áreas da Economia Aplicada para as quais Leontief contribuiu com idéias inovadoras, quais sejam: i) automação; ii) desarmamento; iii) meio ambiente; iv) comércio internacional; e v) análise espacial e mundial. Cada uma destas áreas é discutida a seguir.[2]

2.2.1. Automação

A automação e as conseqüências que esta teria sobre os trabalhadores, e em especial sobre o emprego, sempre foi um tópico que fascinou Leontief. Em princípio, ele acreditava que os trabalhadores seriam substituídos por máquinas. Trabalhos futuros, Leontief (1952) e Leontief e Duchin (1986), mostrariam que os trabalhadores não se tornariam obsoletos e que estes se adaptariam às novas tecnologias, para tanto seria necessário um processo contínuo de treinamento da mão-de-obra, ao mesmo tempo em que haveria uma diminuição das horas de trabalho.

Apesar de existirem semelhanças entre o trabalho de Alfred Kälher (1900-1981) sobre automação, desenvolvido originalmente na Universidade de Kiel, e o de Leontief, não se pode garantir, em princípio, que houve troca de idéias entre ambos. Uma boa discussão a este respeito pode ser encontrada em Gehrke (2000).

2.2.2. Desarmamento

Em dois momentos Leontief se concentrou no problema do desarmamento e quais seriam as suas conseqüências sobre a economia americana.

---

[2] Esta seção se baseia fortemente no trabalho de Polenske (2000).

O primeiro destes trabalhos, Leontief (1944), refere-se à preocupação de quais seriam os impactos de reconverter a economia americana de uma economia de guerra para uma economia civil e quais seriam os impactos sobre a produção e o emprego nos diferentes setores da economia.

No seu segundo trabalho, Leontief et al. (1965), a preocupação se volta para a guerra do Vietnã e quais seriam as conseqüências, de um lado, de uma diminuição dos gastos militares com a guerra do Vietnã em 20%, e de outro, qual deveria ser o aumento nos gastos civis do governo americano para compensar a queda dos gastos militares. Como a produção militar dos EUA não se encontrava igualmente distribuída pelo país, Leontief decidiu trabalhar com um modelo intranacional, em que os EUA foram divididos em 19 regiões. Os resultados mostraram que os impactos do corte nos gastos militares seriam diferentes entre as diversas regiões, sendo que um aumento de 2% nos gastos civis do governo dos EUA seria suficiente para contrabalançar o corte nos gastos militares.

Os fatos, porém, foram outros, e o governo americano, durante a segunda metade dos anos de 1960, ao invés de diminuir, aumentou os gastos militares com a guerra do Vietnã em 20%.

2.2.3. Meio ambiente

No final dos anos 60, Leontief começou a se preocupar com o meio ambiente e o impacto que os diferentes setores teriam sobre ele.

Apesar de trabalhos anteriores já terem tratado do problema do meio ambiente utilizando-se de insumo-produto, como Cumberland (1966), Daly (1968), Isard et al. (1968), e Ayres e Kneese (1969), Leontief não estava satisfeito com o enfoque destes trabalhos, até que em Leontief (1970) apresenta a sua formulação de um modelo de insumo-produto que estuda o problema de poluição do meio ambiente, implementado posteriormente em Leontief e Ford (1972).

2.2.4. Comércio internacional

As contribuições de Leontief para o comércio internacional são o objetivo do trabalho de Duchin (2000), porém, aqui será dado destaque especial ao que viria a ser e continua sendo um tema de grande discussão na literatura, que é o "paradoxo de Leontief".

O "paradoxo de Leontief" surge em Leontief (1953a), quando estudando a composição das exportações dos EUA, usando as matrizes de 1947, Leontief observa que estas possuíam uma oferta abundante de trabalho e escassa de capital. Esta proposição vai contra o teorema de Heckscher-Ohlin (HO), Heckscher (1919) e Ohlin (1933), também conhecido como Heckscher-Ohlin-Vanek (HOV), Vanek (1968), que afirma que países com abundância de capital, como os EUA, deveriam exportar bens intensivos em capital e importar bens intensivos em trabalho.

Uma discussão maior sobre trabalhos defendendo, ou contrários, ao "paradoxo de Leontief" pode ser encontrada em Polenske (2000) e Duchin (2000).

2.2.5. Análise espacial e mundial

Leontief desenvolveu modelos no âmbito regional e mundial, e talvez seja nesta área da economia que os modelos de insumo-produto têm recebido um destaque maior.

Em Leontief (1953b) são lançadas as bases para o modelo intranacional que seria aplicado em Leontief et al. (1965). O modelo intranacional, quando comparado aos outros modelos regionais, é relativamente pouco demandante em termos de necessidade de dados.

Por sua vez, o modelo inter-regional de insumo-produto (IRIP), ou modelo ideal, desenvolvido em Isard (1960), é um modelo altamente demandante em dados, já que todas as informações do sistema teriam que ser censitárias.

Um modelo intermediário, em termos de exigência de dados, é o modelo multiregional de insumo-produto (MRIP) apresentado em Leontief e Strout (1963) e aplicado para a economia americana em Polenske (1980).

Em termos de modelo mundial, é famoso o trabalho de Leontief para a ONU, visando fazer previsões sobre a economia mundial para os anos de 1980, 1990, e 2000. As bases teóricas deste modelo estão apresentadas em Leontief (1975), sendo que os resultados são apresentados em Leontief, Carter, e Petri (1977). O modelo consistia de 15 regiões e 48 setores, além de ser dado um tratamento no modelo para o problema do meio ambiente. Uma discussão comparativa dos resultados deste modelo, visto já estarmos no ano 2000, é apresentada em Fontela (2000).

CAPÍTULO 3
TEORIA BÁSICA

Neste capítulo são apresentados os princípios básicos da teoria de insumo-produto. Os modelos que utilizam as relações básicas de insumo-produto podem ser classificados como estáticos ou dinâmicos, dependendo da existência de uma teoria de investimento que coloque o sistema em movimento. Discussões sobre estes modelos podem ser encontradas em Bulmer-Thomas (1982), Miller e Blair (1985), Dixon et. al. (1992), e Kurz, Dietzenbacher e Lager (eds) (2000), Dietzenbacher, E. e M.L. Lahr (eds) (2004), Ten Raa, T. (2005) .

3.1. Visão geral

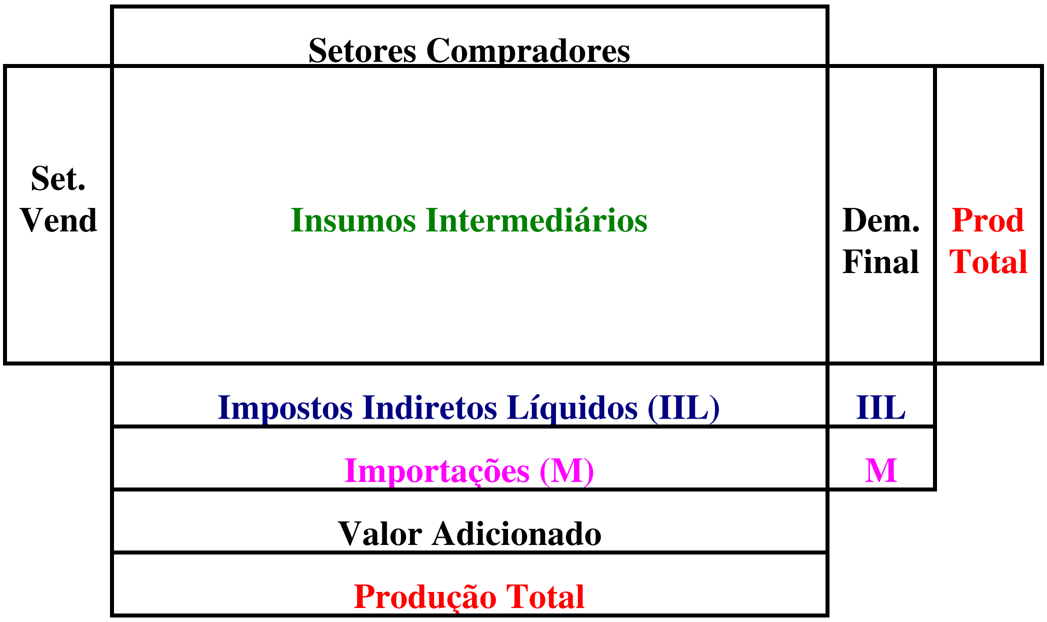
Uma economia funciona, em grande parte, para equacionar a demanda e a oferta dentro de uma vasta rede de atividades. O que Leontief conseguiu realizar foi a construção de uma "fotografia econômica" da própria economia; nesta fotografia, ele mostrou como os setores estão relacionados entre si - ou seja, quais setores suprem os outros de serviços e produtos e quais setores compram de quem. O resultado foi uma visão única e compreensível de como a economia funciona - como cada setor se torna mais ou menos dependente dos outros.

Esse sistema de interdependência é formalmente demonstrado em uma tabela conhecida como tabela de insumo-produto; e tais representações demandam grandes investimentos, já que elas requerem uma coleção de informações sobre cada companhia, a respeito dos seus fluxos de vendas e das suas fontes de suprimento.

Enquanto setores compram e vendem uns para os outros, um setor individual interage, tipicamente e diretamente, com um número relativamente pequeno de setores. Entretanto, devido à natureza desta dependência, pode-se mostrar que todos os setores estão interligados, direta ou indiretamente.

Como pode ser observado de uma forma esquemática na figura 3.1, as relações fundamentais de insumo-produto mostram que as vendas dos setores podem ser utilizadas dentro do processo produtivo pelos diversos setores compradores da economia ou podem ser consumidas pelos diversos componentes da demanda final (famílias, governo, investimento, exportações). Por outro lado, para se produzir são necessários insumos, impostos são pagos, importam-se produtos e gera-se valor adicionado (pagamento de salários, remuneração do capital, e da terra agrícola), além, é claro, de se gerar emprego.

Figura 3.1 - Relações fundamentais de Insumo-Produto

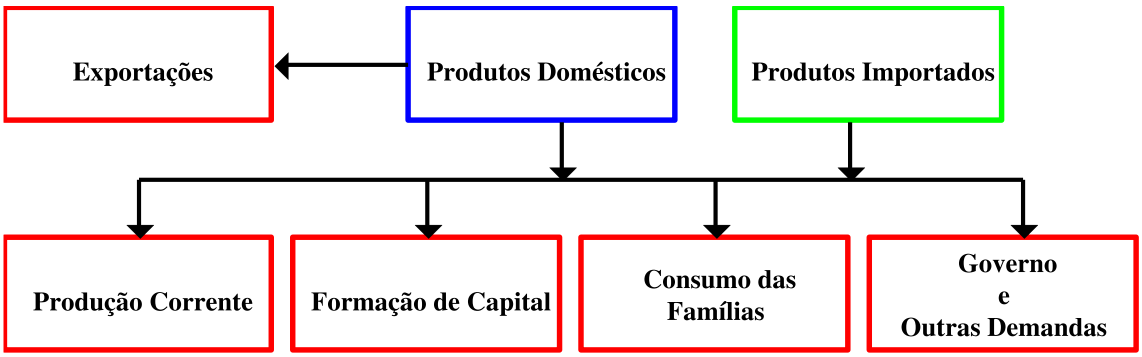


A partir das figuras 3.2 a 3.4 é possível se fazer um maior detalhamento de como o modelo apresentado na figura 3.1 funciona.

A figura 3.2 mostra como é feita a utilização dos bens domésticos e importados, ou seja, como estes são utilizados na produção corrente de outros bens, na formação de capital, no consumo das famílias, pelo governo e outras demandas.

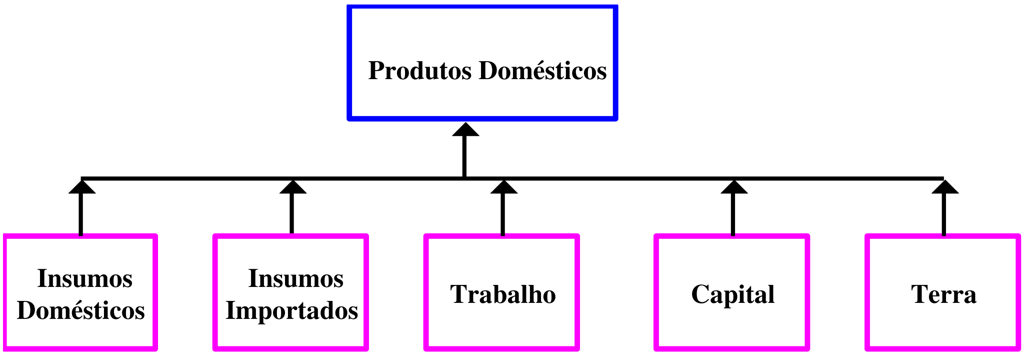
O modelo de insumo-produto assume que somente os produtos domésticos são exportados, o que implica que os produtos importados devem necessariamente passar por um processo de produção interna antes de serem exportados.

Figura 3.2 - Uso dos bens no modelo de Insumo-Produto



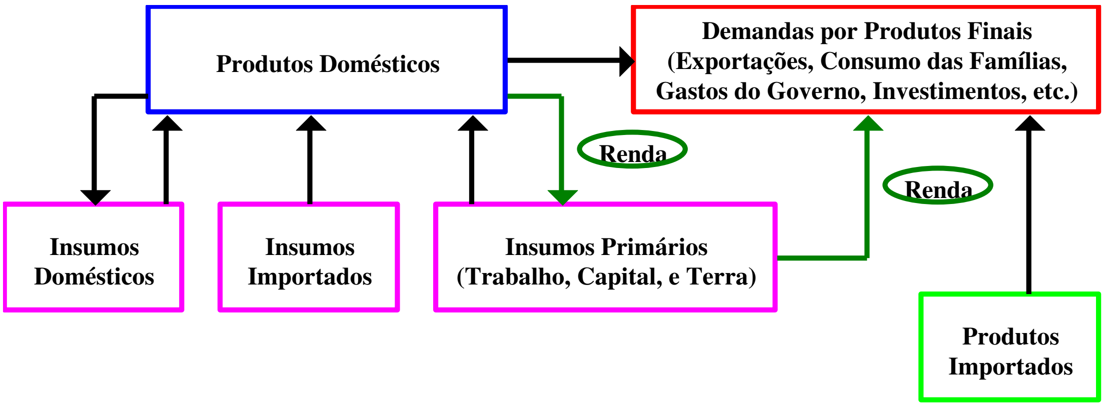
Do lado da produção, como mostra a Figura 3.3, os produtos domésticos utilizam uma combinação de insumos domésticos, insumos importados, trabalho, capital e terra (no caso dos produtos agrícolas) para serem produzidos.

Figura 3.3 - Insumos utilizados no processo produtivo



Os fluxogramas mostrados nas figuras 3.2 e 3.3 podem, então, ser combinados em um único, de modo a dar uma idéia de como o modelo funciona de uma maneira integrada. Veja a figura 3.4.

Figura 3.4 - Fluxograma do modelo de Insumo-Produto



A partir da figura 3.4 observa-se que são utilizados insumos domésticos (que foram obtidos através da produção doméstica), insumos importados e insumos primários (trabalho, capital, e terra) para a produção de produtos domésticos. Por sua vez, os produtos domésticos são utilizados pelas indústrias como insumos intermediários no processo produtivo ou são consumidos como produtos finais (exportações, consumo das famílias, gastos do governo, investimentos, etc.). As importações podem ser de insumos intermediários que se destinam ao processo produtivo, ou de bens finais que são diretamente consumidos pelos consumidores finais.

A renda da economia é gerada através da remuneração do trabalho, capital e terra agrícola, a qual é utilizada no consumo dos bens finais (sejam eles destinados ao consumo ou ao investimento). A receita do governo é obtida através do pagamento de impostos pelas empresas e pelos indivíduos. O modelo assume que existe equilíbrio em todos os mercados da economia.

Considere o seguinte exemplo como forma ilustrativa do funcionamento do modelo de insumo-produto. O setor agrícola compra pouco do setor siderúrgico diretamente; as compras se realizam mais no tocante às máquinas agrícolas (tratores, colheitadeiras, etc.); entretanto, o setor de máquinas agrícolas compra da indústria siderúrgica, quando da construção dos equipamentos. Então, indiretamente, a agricultura está ligada à siderurgia, apesar da natureza da ligação ser indireta. Igualmente, a indústria siderúrgica compra pouco da agricultura, diretamente. Entretanto, as vendas da agricultura para o setor de processamento de alimentos geram todos os tipos de demandas indiretas sobre a indústria siderúrgica - pela matéria-prima necessária para se construir os caminhões que transportam os produtos agrícolas para o beneficiamento, pela matéria-prima fundamental para as máquinas que processam os produtos agrícolas, e daí por diante. Outra vez, a indústria siderúrgica está indiretamente relacionada com a agricultura.

A intensidade dessas relações será, agora, o ponto principal de análise. Imagine que a demanda por um produto específico aumenta - por exemplo, a demanda por automóveis fabricados no Brasil. Tal crescimento sinaliza para os produtores de automóveis, que aumentam a sua produção. Ao mesmo tempo, todas as companhias de peças irão intensificar sua produção (pneus, vidros, transmissores, motores), acontecendo o mesmo para os fornecedores da indústria de autopeças. Tal processo é conhecido como multiplicador. É importante salientar que alguns setores da economia estão mais envolvidos nas compras - direta e indiretamente - de outros setores do que outros, daí, os efeitos multiplicadores gerados pelos aumentos na demanda por determinados produtos ocasionarem impactos diferenciados na economia. Na essência, cada setor possuiria um multiplicador diferente.

Mas este efeito multiplicativo (multiplicadores do tipo I) não se restringe apenas à demanda por insumos intermediários. Do lado da demanda por insumos primários o processo também se repete, só que de uma forma um pouco diferente, isto é, um aumento na demanda por mão-de-obra fará com que haja um aumento no poder aquisitivo das famílias, gerando, desta forma, uma elevação na demanda por produtos finais. Isto fará com que haja um incremento, novamente, do nível de atividade dos setores produtores, que, por sua vez, vão aumentar a demanda pelos diversos tipos de insumos, inclusive mão-de-obra, que causará um novo aumento no poder aquisitivo, causando um aumento na demanda final das famílias, e assim sucessivamente até que o sistema chegue ao equilíbrio. Este aumento do emprego causado devido ao aumento na demanda do consumo das famílias é chamado de efeito induzido (multiplicadores do tipo II).

3.2. Teoria básica de Insumo-Produto

Com base no apresentado acima, o quadro 3.1 abaixo apresenta de forma esquemática um exemplo de uma tabela de insumo-produto para uma economia com 2 setores.

Quadro 1
Exemplo de uma tabela de Insumo-Produto para uma economia com 2 setores

	Setor 1	Setor 2	Consumo Famílias	Governo	Investimento	Exportações	Total
Setor 1	Z_{11}	Z_{12}	C_1	G_1	I_1	E_1	X_1
Setor 2	Z_{21}	Z_{22}	C_2	G_2	I_2	E_2	X_2
Importação	M_1	M_2	M_c	M_g	M_i		M
Impostos	T_1	T_2	T_c	T_g	T_i	T_e	T
Valor Adicionado	W_1	W_2					W
Total	X_1	X_2	C	G	I	E	

Onde:

Z_{ij} é o fluxo monetário entre os setores i e j;
C_i é o consumo das famílias dos produtos do setor i;
G_i é o gasto do governo junto ao setor i;
I_i é demanda por bens de investimento produzidos no setor i;
E_i é o total exportado pelo setor i;
X_i é o total de produção do setor i;
T_i é o total de impostos indiretos líquidos pagos por i;
M_i é a importação realizada pelo setor i;
W_i é o valor adicionado gerado pelo setor i.

A tabela acima permite estabelecer a igualdade:

$$X_1 + X_2 + C + G + I + E = X_1 + X_2 + M + T + W \tag{3.1}$$

Eliminando X_1 e X_2 de ambos os lados, tem-se:

$$C + G + I + E = M + T + W \tag{3.2}$$

Rearranjando:

$$C + G + I + (E - M) = T + W \tag{3.3}$$

Portanto, a tabela de insumo-produto preserva as identidades macroeconômicas.

A partir do apresentado acima, e generalizando para o caso de n setores, temos o seguinte:

$$\sum_{j=1}^{n} z_{ij} + c_i + g_i + I_i + e_i \equiv x_i \qquad i = 1, 2, \ldots, n \tag{3.4}$$

onde:

z_{ij} é a produção do setor i que é utilizada como insumo intermediário pelo setor j;
c_i é a produção do setor i que é consumida domesticamente pelas famílias;
g_i é a produção do setor i que é consumida domesticamente pelo governo;
I_i é a produção do setor i que é destinada ao investimento;
e_i é a produção do setor i que é exportada;
x_i é a produção domestica total do setor i.

Assumindo-se que os fluxos intermediários por unidade do produto final são fixos, pode-se derivar o sistema aberto de Leontief, ou seja,[3]

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j + y_i = x_i \qquad i = 1,2,\ldots,n \tag{3.5}$$

onde:

a_{ij} é o coeficiente técnico que indica a quantidade de insumo do setor i necessária para a produção de uma unidade de produto final do setor j e

y_i é a demanda final por produtos do setor i, isto é, $c_i + g_i + I_i + e_i$.

Todas a outras variáveis já foram definidas anteriormente.

A equação (3.5) pode ser escrita em forma matricial como:

$$Ax + y = x \tag{3.6}$$

onde:

A é a matriz de coeficientes diretos de insumo de ordem *(n x n)*

x e y são vetores colunas de ordem *(n x 1)*

Resolvendo a equação (3.6) é possível se obter a produção total que é necessária para satisfazer a demanda final, ou seja,

$$x = (I - A)^{-1} y \tag{3.7}$$

onde:

$\left(I - A\right)^{-1}$ é a matriz de coeficientes diretos e indiretos, ou a matriz de Leontief

Em $B = \left(I - A\right)^{-1}$, o elemento b_{ij} deve ser interpretado como sendo a produção total do setor i que é necessária para produzir uma unidade de demanda final do setor j.

Para se calcular o efeito induzido é necessário endogenizar o consumo e a renda das famílias no modelo de insumo-produto, desta forma, ao invés de utilizar a matriz A descrita acima, teríamos:

$$\overline{A} = \begin{bmatrix} A & H_c \\ H_r & 0 \end{bmatrix} \tag{3.8}$$

onde $\overline{A}$ é a nova matriz de coeficientes técnicos (n+1)x(n+1) contendo a renda (H_r) e o consumo(H_c) das famílias.

Da mesma forma, teríamos que os novos vetores de produção total $\overline{X}$ ((n+1)x1), e de demanda final $\overline{Y}$ ((n+1)x1) seriam representados respectivamente por

[3] O sistema aberto de Leontief considera a demanda final como sendo exógena ao sistema, enquanto que no sistema fechado esta é considerada endógena.

$$\overline{X} = \begin{bmatrix} X \\ X_{n+1} \end{bmatrix} \tag{3.9}$$

$$\overline{Y} = \begin{bmatrix} Y^* \\ Y^*_{n+1} \end{bmatrix} \tag{3.10}$$

onde os novos componentes estão relacionados à endogenização do consumo e da renda das famílias.

Desta forma, o sistema de Leontief seria representado como:

$$\overline{X} = \overline{B}\,\overline{Y} \tag{3.11}$$

$$\overline{B} = (I - \overline{A})^{-1} \tag{3.12}$$

Do ponto de vista da álgebra matricial, não é difícil perceber a correção do método, mas pode-se entender mais de perto o significado econômico da matriz inversa de Leontief.

Pós-multiplicando a matriz $\left(I - A\right)$ por $\left(I + A + A^2 + A^3 + ... + A^n\right)$, chega-se a:

$$\left(I - A^{n+1}\right)$$

Como todos os coeficientes técnicos da matriz *A* estão entre *0* e *1*, fazendo *n* tender ao infinito, os valores do último termo se aproximam de zero e, dessa forma, pode-se considerar como resultado da multiplicação apenas o termo *I* (matriz identidade). Sendo assim, conclui-se que $\left(I + A + A^2 + A^3 + ... + A^n\right)$ passa a ser considerada como a matriz inversa de $\left(I - A\right)$ quando *n* assume valores altos.

Se houver um aumento da demanda por produtos de determinado setor *j*, o impacto inicial corresponderá exatamente ao aumento da produção deste setor. Esta variação está refletida no primeiro termo *I* do somatório $\left(I + A + A^2 + A^3 + ... + A^n\right)$. Mas para aumentar a produção, o setor *j* demandaria insumos dos demais setores, segundo a proporção estabelecida pela coluna *j*. Pré-multiplicando o vetor da variação da demanda pela matriz $\left(I - A\right)^{-1}$ chega-se ao seguinte resultado: o setor *j* teria um aumento de produção correspondente à variação da demanda mais o valor necessário de insumo demandado pelo próprio setor em função do aumento da demanda final. Todos os demais setores que fornecem insumos ao setor *j* também teriam suas produções alteradas. O acréscimo seria correspondente à variação da demanda vezes o coeficiente técnico a_{ij}. Portanto, o termo A representa a necessidade de insumo do setor originalmente demandado e mede os efeitos da "primeira rodada". Mas a produção desses insumos demandará, por sua vez, outros insumos e o valor desta demanda será calculada por meio do termo A^2. Este encadeamento não tem fim e cada "rodada" é contemplada pela inclusão de mais um termo no somatório.

Na teoria, as matrizes *A* e *B* são expressas em termos de relações físicas entre insumos e produtos, e os seus elementos são chamados de coeficientes técnicos. Contudo, em termos práticos, estas matrizes são estimadas a partir de fluxos medidos em termos monetários, o que pode gerar problemas quando estas matrizes são utilizadas.

Mesmo se fosse possível a estimação das matrizes *A* e *B* a partir de relações físicas, existiriam problemas relacionados à estabilidade dos coeficientes ao longo do tempo; à definição de como deveria ser feita a agregação dos setores; entre outros. Para uma revisão destes problemas veja Miller e Blair (1985).

Além dos problemas mencionados acima, quando as matrizes A e B são estimadas a partir de fluxos monetários, existe também o problema das mudanças dos preços relativos afetarem os valores dos coeficientes técnicos. O que usualmente é feito, em termos analíticos, para resolver este problema, é assumir que os preços relativos são constantes.

Apesar destes problemas, a análise de insumo-produto se constituiu uma ferramenta poderosa, talvez a melhor disponível, quando é necessário o desenvolvimento de um estudo multissetorial da economia.

3.3. Modelos estáticos de Insumo-Produto

Modelos estáticos de insumo-produto são usualmente baseados nos coeficientes da matriz inversa de Leontief e usados para prever o uso de fatores. Ou seja, dada uma estrutura de demanda final, qual seria o nível de produção total, absorção de trabalho, volume de importações, entre outros, que passaria a existir na economia.

3.4. Modelos dinâmicos de Insumo-Produto

Segundo Taylor (1975), os modelos dinâmicos de insumo-produto incorporam no modelo estático uma teoria de investimento na qual a demanda atual por bens de investimento depende das expectativas futuras com relação ao aumento do nível de produção. Devido à sua natureza, tais modelos só podem ser aplicados "*em países onde existe uma indústria de bens de capital relativamente avançada ..., porque onde os bens de capital são importados pode-se ignorar a interação entre o aumento da produção e as indústrias de bens de capital*" (Bulmer-Thomas, 1982, p. 222).

A breve descrição abaixo das equações que levam a modelos dinâmicos de insumo-produto é baseada em Bulmer-Thomas (1982). Considere a seguinte equação:

$$x_t = A_t x_t + I_t + \left(c + g + e\right)_t \tag{3.10}$$

onde para todas as variáveis é dado uma dimensão de tempo, e I é o vetor de investimento por origem, explicado pela seguinte relação:

$$I_t = K\left(x_{t+1} - x_t\right) \tag{3.11}$$

onde K é a matriz de capital, na qual o *ij*-ésimo elemento mostra a demanda do *i*-ésimo bem de capital por unidade produzida no *j*-ésimo setor. Assumindo-se que as duas matrizes tecnológicas (A e K) são invariantes com relação ao tempo, obtém-se:

$$x_t = Ax_t + Kx_{t+1} - Kx_t + \left(c + g + e\right)_t \tag{3.12}$$

A solução geral da equação (3.12) é dada por:

$$x_t = \left[I + K^{-1}\left(I - A\right)\right]^t x_0 + x_t^* \tag{3.13}$$

onde o primeiro termo no lado direito é a solução homogênea, e o segundo termo é a solução particular.

A equação (3.13) apresenta dois problemas básicos: a) a matriz K nem sempre é inversível; b) os resultados do modelo quando extrapolados para um futuro mais distante nem sempre são consistentes. Para uma discussão destes problemas, consulte, por exemplo, Taylor (1975) e Robinson (1989).

Exemplos de aplicações de modelos dinâmicos de insumo-produto podem ser vistos em Manne (1974), Taylor (1975), Tsuki e Murakami (1979), Stone (1981), e Dervis, Melo, e Robinson (1982).

CAPÍTULO 4
ORGANIZAÇÃO DOS DADOS DE INSUMO-PRODUTO

4.1. Introdução

A teoria básica de insumo-produto apresentada anteriormente nem sempre é possível de ser aplicada nas matrizes que são divulgadas pelos órgãos responsáveis pela sua construção. Isto acontece porque uma das hipóteses da teoria de Leontief é a inexistência de produção conjunta ou subprodutos dentro do processo produtivo, isto é, cada produto é produzido por um único setor e cada setor produz um único produto.

No mundo real, entretanto, não é isto o que acontece. Por exemplo: a) a indústria automobilística pode produzir carros e autopeças, da mesma forma que as autopeças também são produzidas no setor de autopeças; b) uma fazenda que produz leite pode produzir como subproduto a carne e outra que produz a carne pode produzir o leite como subproduto; e assim sucessivamente.

Desta forma, seguindo a metodologia de 1993 das Nações Unidas (SNA, 1993) para as Contas Nacionais, que considera a integração do sistema de insumo-produto, temos que são apresentadas as matrizes de produção e de usos e recursos.

A matriz de produção informa o que cada indústria (setor) da economia produz de cada produto, enquanto que a matriz de usos e recursos fornece a quantidade de insumos que cada setor utiliza para realizar a sua produção, ou melhor, o seu conjunto de produtos.

Torna-se necessário, então, uma forma de combinação destas duas informações, de modo que seja possível derivar um sistema de matrizes semelhante ao de Leontief, permitindo assim que se faça uma análise da economia em questão.

A primeira parte deste capítulo trata desta questão. Na segunda parte se discute o problema das várias formas de valoração das matrizes de insumo-produto, abordando-se, em seguida, o processo de agregação dos setores e produtos. Por último, é apresentado e discutido o conjunto de matrizes que usualmente são divulgadas pelos órgãos estatísticos com base no apresentado neste capítulo.

4.2. As matrizes de produção e de usos e recursos

A tabela 4.1 sumariza o sistema de insumo-produto em que são consideradas as matrizes de produção e de uso e recursos.

Tabela 4.1
Esquema do sistema de Insumo-Produto com indústrias (setores) e produtos

	Produtos	Setores	Demanda Final	Produção Total
Produtos		***U***	***E***	***Q***
Setores	***V***	*Z*	*Y*	***X***
Importações		***M***		
Impostos Indiretos Líquidos		***T***		
Valor Adicionado		***W***		
Produção Total	***Q'***	***X'***		

Assumindo-se que existam *n* setores e *m* produtos na economia, tem-se que:

> V é a matriz de produção de dimensão *nxm*, onde o elemento v_{ij} corresponde ao bem *j* produzido pelo setor *i*;
>
> U é a matriz de uso de dimensão *mxn*, onde o elemento u_{ij} é o valor do produto *i* utilizado pelo setor *j* em seu processo de produção;
>
> Z é a matriz de uso de dimensão *nxn*, onde o elemento z_{ij} é o valor do setor *i* utilizado pelo setor *j* em seu processo de produção;
>
> E é o vetor de demanda final, por produto, de dimensão *mx1*;
>
> Y é o vetor de demanda final, por setor, de dimensão *nx1;*
>
> M é o vetor de importações totais realizadas em cada setor, de dimensão *1xn;*
>
> T é o vetor do total dos impostos indiretos líquidos pagos em cada setor, de dimensão *1xn;*
>
> W é vetor do total do valor adicionado à produção gerado em cada setor, de dimensão *1xn*;
>
> Q é o vetor de produção total, por produto, de dimensão *mx1*;
>
> X é o vetor de produção total, por setor, de dimensão *nx1*.

As matrizes Z, de consumo intermediário setor por setor, e Y, da demanda final por setor, definidas originalmente no sistema de Leontief, não são usualmente apresentadas pelos órgãos estatísticos, mas são aquelas que se pretende obter através das combinações das outras matrizes. É justamente a derivação destas matrizes que é o objeto de estudo da seção 4.2.1 abaixo.

4.2.1 Tecnologia baseada no produto e na indústria

De forma a se obter o sistema de insumo-produto originalmente definido por Leontief, são utilizadas geralmente duas hipóteses com relação ao modo de produção e participação das indústrias no mercado de produtos.

A tecnologia baseada na indústria assume que o mix de produção de um dado setor pode ser alterado, porém este setor mantém a sua participação constante no mercado dos bens que produz. Isto implica que o setor pode alterar o seu mix de produção de forma a manter a sua participação nos diversos mercados em que atua.

A tecnologia baseada no produto assume que o mix de produção de um dado setor não pode ser alterado, mas permite que a participação deste setor no mercado dos bens que produz se altere. Tal hipótese implica que, caso um dado setor queria aumentar ou diminuir a produção de um produto, ele terá de fazer o mesmo com toda a sua linha de produção.

Desta forma, a hipótese da tecnologia baseada na indústria acaba ficando mais perto da realidade do que a tecnologia baseada no produto, mais restritiva e, em geral, aplicada a poucos setores da economia.

No caso da tecnologia baseada na indústria, define-se, inicialmente, as matrizes:

$$B = U\left(\hat{X}\right)^{-1} \tag{4.1}$$

$$D = V\left(\hat{Q}\right)^{-1} \tag{4.2}$$

onde:

$$b_{ij} = \frac{u_{ij}}{X_j} \quad ,$$

$$d_{ij} = \frac{v_{ij}}{Q_j} \quad \text{e}$$

B representa a matriz de coeficientes técnicos de cada setor em relação a cada produto utilizado como insumo. D determina, por sua vez, a proporção, para cada produto, dos setores que o produzem. Esta proporção será fixa.

Pela definição de D, conclui-se que:

$$V = D\hat{Q} \tag{4.3}$$

Sabe-se que:

$$X = Vi \tag{4.4}$$

onde i é um vetor coluna cujos elementos são todos iguais a *1*.

Substituindo-se a equação (4.3) em (4.4), tem-se:

$$X = D\hat{Q}i = DQ \tag{4.5}$$

Considerando-se a tabela anterior, temos que:

$$Q = Ui + E \tag{4.6}$$

E, ainda, segundo a equação (4.1), $U = BX$, logo:

$$Q = BX + E \tag{4.7}$$

Esta equação mostra o produto total por setor (X) pré-multiplicado pela matriz que representa quanto cada setor utiliza de cada produto no seu processo de produção (B), somado à demanda final por produto, o que corresponde à produção total de cada produto.

Substituindo X por DQ:

$$Q = BDQ + E \tag{4.8}$$

$$Q - BDQ = E \tag{4.9}$$

$$Q = \left(I - BD\right)^{-1} E \tag{4.10}$$

Define-se acima o enfoque produto por produto com a tecnologia baseada na indústria. Note que o primeiro produto do enfoque se refere ao vetor Q de produção total por produto e o segundo produto se refere à demanda final por produto dada pelo vetor E.

Lembrando que a matriz *D*, assumindo a hipótese da tecnologia baseada na indústria, é uma matriz de proporções que redefine a produção por produto em produção por setor, veja por exemplo a equação (4.5), tem-se que $Y = DE$, logo, $E = D^{-1}Y$, portanto o enfoque produto (*Q*) por setor (*Y*) na tecnologia baseada na indústria é dado por:

$$Q = \left(I - BD\right)^{-1} D^{-1}Y \quad (4.11)$$

Para se trabalhar com os setores, segue-se a mesma lógica.

Como $X = DQ$ e $Q = \left(I - BD\right)^{-1} E$, tem-se que o enfoque setor (*X*) por produto (*Q*) é dado por:

$$X = D\left(I - BD\right)^{-1} E \quad (4.12)$$

Multiplicando-se ambos os lados da equação (4.12) por D^{-1} tem-se:

$$D^{-1}X = \left(I - BD\right)^{-1} E \quad (4.13)$$

$$\left(I - BD\right)D^{-1}X = E \quad (4.14)$$

$$\left(D^{-1} - B\right)X = E \quad (4.15)$$

$$D\left(D^{-1} - B\right)X = DE \quad (4.16)$$

$$\left(I - DB\right)X = DE \quad (4.17)$$

$$X = \left(I - DB\right)^{-1} DE \quad (4.18)$$

$$X = \left(I - DB\right)^{-1} Y \quad (4.19)$$

A equação (4.19) se refere ao enfoque setor (*X*) por setor (*Y*) com a tecnologia baseada na indústria. Este enfoque, nesta tecnologia, é o que mais se aproxima do modelo original de Leontief e, portanto, é o padrão que se costuma utilizar para transformar as matrizes de produção e de usos e recursos no modelo de Leontief. Note que neste caso ter-se-ia que a matriz DB seria equivalente à matriz *A* de coeficientes técnicos de Leontief, e a matriz DU seria equivalente a matriz *Z* de consumo intermediário.

Na tecnologia baseada no produto, trabalha-se com a matriz *C* para se expressar a hipótese do mix fixo de produtos no processo produtivo, desta forma tem-se que:

$$C = V'\left(\hat{X}\right)^{-1} \quad (4.20)$$

Pós-multiplicando a equação (4.20) por $\hat{X}$ têm-se que:

$$V' = C\hat{X} \quad (4.21)$$

$$\hat{X} = C^{-1}V' \quad (4.22)$$

$$X = \hat{X}i = C^{-1}Vi' \quad (4.23)$$

Sabe-se que:

$$Q = Vi' \qquad (4.24)$$

Logo:

$$X = C^{-1}Q \qquad (4.25)$$

Desta forma, a inversa de *C* transforma o total por produtos em total por setores.

Mais uma vez, conforme a tabela exposta anteriormente, sabe-se que:

$$Q = Ui + E \qquad (4.26)$$

onde i é um vetor coluna cujos elementos são todos iguais a *1*.

$$Q = BX + E \qquad (4.27)$$

Então:

$$Q = BC^{-1}Q + E \qquad (4.28)$$

$$Q - BC^{-1}Q = E \qquad (4.29)$$

De (4.29) obtém-se o enfoque produto (*Q)* por produto (*E)* da tecnologia baseada no produto, isto é,

$$Q = \left(I - BC^{-1}\right)^{-1} E \qquad (4.30)$$

Para relacionar produção total por setor e demanda final por setor, substitui-se, inicialmente *Q* por *CX*, obtendo-se:

$$CX = \left(I - BC^{-1}\right)^{-1} E \qquad (4.31)$$

Com manipulações matriciais, chega-se ao enfoque setor (*X*) por setor (*Y)*, expresso na equação abaixo:

$$X = \left(I - C^{-1}B\right)Y \qquad (4.32)$$

Para o enfoque setor (X) por produto (E), lembrando que a matriz C^{-1}, assumindo a hipótese da tecnologia baseada no produto, é uma matriz de proporções que redefine produção por produto em produção por setor, veja por exemplo a equação (4.25), substitui-se, Y por $C^{-1}E$ em (4.32) obtendo-se:

$$X = \left(I - C^{-1}B\right)C^{-1}E \qquad (4.33)$$

Procedimento semelhante é utilizado para a obtenção do enfoque produto (*Q*) por setor (*Y*), onde o vetor de demanda final por produto, *E*, na equação (4.30), é substituído por *CY*, resultando em:

$$Q = \left(I - BC^{-1}\right)^{-1} CY \qquad (4.34)$$

A tabela 4.2 apresenta um resumo da tecnologia baseada na indústria e no produto e nos seus vários enfoques, isto é, produto por produto, produto por setor, setor por produto, e setor por setor.

Em termos práticos, para se obter um sistema semelhante ao original de Leontief, na maior parte das vezes, utiliza-se a tecnologia baseada na indústria, enforque setor por setor.

Tabela 4.2
Resumo da tecnologia baseada na indústria e da tecnologia no produto

	Tecnologia Baseada na Indústria	Tecnologia Baseada no Produto
Produto por Produto	$(I - BD)^{-1}$	$\left(I - BC^{-1}\right)^{-1}$
Produto por Setor	$(I - BD)^{-1} D^{-1}$ ou $D^{-1}(I - DB)^{-1}$	$\left(I - BC^{-1}\right)^{-1} C$ ou $C\left(I - C^{-1}B\right)^{-1}$
Setor por Produto	$D(I - BD)^{-1}$ ou $(I - DB)^{-1} D$	$C^{-1}\left(I - BC^{-1}\right)^{-1}$ ou $\left(I - C^{-1}B\right)^{-1} C^{-1}$
Setor por Setor	$(I - DB)^{-1}$	$\left(I - C^{-1}B\right)^{-1}$

4.3. Valoração

Quando as matrizes de insumo-produto são divulgadas pelos órgãos estatísticos, um fato a ser considerado é a forma como os seus valores são apresentados.

Tal consideração deve ser feita devido aos diferentes tratamentos que são dados às importações, aos impostos indiretos líquidos (impostos sobre produtos), e aos vários tipos de margens de comércio e de transporte.

A primeira distinção a ser feita é entre oferta global e oferta nacional. Tem-se que:

OFERTA GLOBAL = OFERTA NACIONAL + IMPORTAÇÕES

Em seguida, deve-se considerar se a matriz é mensurada a preço de consumidor ou a preço básico. Tem-se que:

PREÇO CONSUMIDOR = PREÇO BÁSICO +
IMPOSTOS INDIRETOS LÍQUIDOS +
MARGENS DE COMÉRCIO +
MARGENS DE TRANSPORTE

Em geral, as análises estruturais e de impacto que são realizadas com as matrizes de insumo-produto são feitas com as matrizes de *oferta nacional à preço de básico*. As outras formas de mensuração e apresentação das matrizes são utilizadas em análises específicas e se constituem em informações imprescindíveis quando se trabalha com modelos aplicados de equilíbrio geral.

Como será visto abaixo, na seção 4.5, estas diferentes formas de valoração é que levam os órgãos estatísticos a apresentarem todo um conjunto de matrizes de insumo-produto de modo a permitir aos pesquisadores uma análise detalhada da economia em estudo.

4.4. Agregação

Quando se trabalha com modelos de insumo-produto, muitas vezes as matrizes disponíveis apresentam um número de setores e produtos superior ao objeto de estudo, sendo necessário realizar a sua agregação.

Nesta agregação, utiliza-se um método matricial de simples entendimento. Deve-se pré ou pós-multiplicar a matriz a ser agregada por uma matriz composta de zeros e uns. Caso a intenção seja agregar linhas, a pré-multiplicação será usada, pois o número de linhas da matriz resultante não será mais igual ao número de linhas da original. Se o objetivo for a agregação de colunas, opera-se a pós-multiplicação.

Como exemplo, para se agregar os setores 2 e 3 de uma economia com três setores, pré-multiplica-se a matriz original (3x3) por uma matriz 2 x 3.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21}+a_{31} & a_{22}+a_{32} & a_{23}+a_{33} \end{bmatrix} \qquad (4.35)$$

Quando se agregam setores, há um viés de agregação, o qual é definido por Morimoto (1970) como sendo a diferença entre o vetor de produção total do sistema agregado e o vetor obtido pela agregação do total da produção do sistema original não agregado.

Seja:

*A** a matriz A agregada;

*X** a produção total agregada;

*Y** a demanda final agregada;

S a matriz de zeros e uns utilizada na agregação;

T o valor do viés.

Tem-se que:

$$T = X^* - SX \qquad (4.36)$$

$$T = \left(I - A^*\right)^{-1} Y^* - S\left(I - A\right)^{-1} Y \qquad (4.37)$$

$$T = \left[\left(I - A^*\right)^{-1} S - S\left(I - A\right)^{-1}\right] Y \qquad (4.38)$$

$$T = \left[\left(I + A^* + A^{*2} + \ldots\right) S - S\left(I + A + A^2 + \ldots\right)\right] Y \qquad (4.39)$$

$$T = \left[\left(A^* S - SA\right) + \left(A^{*2} S - SA^2\right) + \ldots\right] Y \qquad (4.40)$$

O viés de primeira ordem - e mais significativo - pode ser definido como:

$$F = \left(A^* S - SA\right) Y \qquad (4.41)$$

Para que *F* seja zero, uma das possibilidades é que as estruturas de insumos dos setores agregados sejam idênticas.

Outra possibilidade para se ter *F = 0* corresponde ao caso em que a demanda final ocorrer somente em setores não agregados. Assim, quando se multiplica $\left(A^* S - SA\right)$ por *Y*, o viés desaparece, mesmo sendo $\left(A^* S - SA\right)$ diferente de zero. A demonstração é feita em Miller & Blair (1985).

Estudo de Hewings (1972), baseado em trabalhos de Doeksen e Little (1968) e Willianson (1971), analisa os efeitos da agregação para os dados de 1963 relativos ao Estado de Washington. Segundo o autor, os trabalhos sugerem que o aumento de produção dos setores não agregados em decorrência de uma variação da demanda final não se modificam significativamente na medida em que se agrega os demais setores. Os efeitos da agregação tornam-se mais relevantes apenas no caso em que há uma redução muito expressiva do número de setores da matriz original.

4.5. As matrizes do Brasil nas publicações oficiais

Este capítulo apresentou as várias formas em que as matrizes podem ser apresentadas em publicações oficiais e como estas devem ser manipuladas de modo a permitir realizar as análises objeto de uma pesquisa.

No caso do IBGE, órgão responsável pela construção oficial das matrizes de insumo-produto para o Brasil, foram divulgadas matrizes de insumo-produto para os anos de 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, e de 1990 até 1996, recentemente foram divulgadas matrizes para os anos de 2000 e 2005, porém o conjunto de informações disponibilizados por estas matrizes é limitado quando comparado com as anteriormente divulgadas pelo IBGE.

As matrizes para 1970 e 1975 foram construídas independentemente do sistema de contas nacionais. A partir das matrizes de 1980 passa a haver uma integração entre as matrizes e o sistema de contas nacionais. As matrizes nacionais de insumo-produto mais recentes produzidas pelo IBGE podem ser obtidas diretamente no site www.ibge.gov.br. Por outro lado, Feijó et al (2008) apresentam um detalhamento do sistema de contas nacionais do Brasil, e em especial fazem uma discussão de como o sistema de insumo-produto estaria inserido neste contexto.

De modo a permitir flexibilidade ao usuário e possibilitar um melhor detalhamento da economia brasileira, as matrizes até 1996, divulgadas pelo IBGE, apresentavam o seguinte conjunto de informações:

- **Grupo 1 - Tabelas de recursos e usos de bens de serviços**
  - ✓ Tabela 1 - Recursos de bens e serviços
  - ✓ Tabela 2 - Usos de bens e serviços
- **Grupo 2 - Tabelas de dados para passagem das Contas Nacionais para a matriz de Insumo-Produto**
  - ✓ Tabela 3 - Oferta e demanda da produção nacional a preço básico;
  - ✓ Tabela 4 - Oferta e demanda de produtos importados;
  - ✓ Tabela 5 - Destino do imposto sobre importação;
  - ✓ Tabela 6 - Destino do ICMS sobre produtos nacionais;
  - ✓ Tabela 7 - Destino do ICMS sobre produtos importados;
  - ✓ Tabela 8 - Destino do IPI/ISS sobre produtos nacionais;
  - ✓ Tabela 9 - Destino do IPI/ISS sobre produtos importados;
  - ✓ Tabela 10 - Destino da margem de comércio sobre produtos nacionais;
  - ✓ Tabela 11 - Destino da margem de comércio sobre produtos importados;
  - ✓ Tabela 12 - Destino da margem de transporte sobre produtos nacionais;
  - ✓ Tabela 13 - Destino da margem de transporte sobre produtos importados;
  - ✓ Tabela 14 - Destino dos outros impostos sobre produtos nacionais;
  - ✓ Tabela 15 - Destino dos outros impostos sobre produtos importados.

➢ **Grupo 3 - Tabelas de coeficientes técnicos da matriz de Insumo-Produto**

- ✓ Tabela 16 - Matriz dos coeficientes técnicos dos insumos nacionais - Matriz *B;*
- ✓ Tabela 17 - Matriz dos coeficientes técnicos dos insumos importados - Matriz B_m;
- ✓ Tabela 18 - Matriz de participação setorial na produção dos produtos nacionais Matriz *D* - Market Share;
- ✓ Tabela 19 - Matriz dos coeficientes técnicos intersetoriais - Matriz *DB;*
- ✓ Tabela 20 - Matriz de impacto intersetorial - Matriz Inversa de Leontief $(I-A)^{-1}$.

4.6. Estimando as matrizes de insumo-produto do Brasil à partir do SCN

A construção da primeira Matriz Nacional Insumo-Produto pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o país foi realizada em 1970. Entre os anos de 1970 e 1990, a construção foi feita com periodicidade quinquenal e, a partir da década de 1990, sua elaboração é anual. O IBGE é o órgão oficial do governo federal responsável pela elaboração das Matrizes Nacionais de Insumo-Produto. Apesar das matrizes apresentarem dados anuais a partir de 1990, a sua divulgação apresenta uma defasagem de no mínimo três anos. Justifica-se o tempo porque o prazo entre a coleta dos dados levantados junto a cada setor da economia e a sua elaboração pelo IBGE é relativamente extenso. As Contas Nacionais referentes a um dado ano $\boldsymbol{x}$, das quais se deriva a Matriz Insumo-Produto também elaborada pelo IBGE, são apresentadas no ano seguinte (ano $\boldsymbol{x}+1$) como uma versão preliminar. Com defasagem de dois anos, o IBGE divulga a primeira revisão das Contas e, ao final do terceiro ano ($\boldsymbol{x}+3$), divulga-se as Contas Nacionais em sua versão definitiva e a partir desses dados é que a Matriz Insumo-Produto do ano $\boldsymbol{x}$ é disponibilizada. Essa matriz agrega algumas informações adicionais aos dados das Tabelas de Recursos e Usos de Bens e Serviços, incluídas na versão definitiva das Contas Nacionais, sobre este assunto ver Feijó et. al (2001).

As matrizes de insumo-produto mais recentes disponibilizadas pelo IBGE são referentes aos anos 2000 e 2005. Para obter matrizes de períodos para os quais não existem as matrizes originais torna-se necessário elaborá-las com dados provenientes das Contas Nacionais em suas versões preliminares e primeira revisão. A seguir se apresenta e discuti o método de elaboração das Matrizes de Insumo-Produto a partir dos dados preliminares das Contas Nacionais apresentado por Guilhoto e Sesso Filho (2005 e 2010).

4.6.1. Construção da Matriz de Insumo-Produto a partir de dados preliminares das Contas Nacionais

A descrição da metodologia a seguir é baseada em Guilhoto e Sesso Filho (2005 e 2010). As matrizes que compõem o sistema de insumo-produto são divulgadas pelo IBGE na forma de duas tabelas: Tabela Recursos (descrita como Tabela 1) e Tabela Usos de Bens e Serviços (descrita como Tabela 2). Essas duas tabelas são a base para a construção da matriz de coeficientes técnicos e da matriz inversa de Leontief (Miller & Blair, 2009). Os valores da Tabela 1 podem ser obtidos diretamente da tabela de Produção das Atividades das Contas Nacionais, uma vez que seus valores se encontram a preços básicos e representam valores de produção. Portanto, a metodologia a ser desenvolvida tem como objetivo a estimação da Tabela 2.

A Tabela de Usos de Bens e Serviços das Contas Nacionais possui valores a preços de mercado, os quais devem ser transformados (estimados) a preços básicos. Isto porque os dados de usos de bens e serviços dos setores da economia estão expressos a preços ao consumidor (preços de mercado, PC), que englobam não somente o preço básico mas também os valores das importações (IMP), impostos indiretos líquidos (IIL) e margens de comércio (MGC) e de transporte (MGT). Por conseguinte, para obter-se a Matriz de Uso a preço básico da oferta nacional, torna-se necessário subtrair dos preços de mercado originais contidos nas Contas Nacionais os valores estimados referentes à importação, impostos e margens de comércio e transporte de cada produto para cada setor da economia.

A questão-chave é a estimação dos valores que serão subtraídos dos preços de mercado presentes na versão preliminar da matriz fornecida pelo IBGE. A metodologia apresentada é uma proposta para obter os dados necessários para a estimação da Matriz de Usos de Bens e Serviços a preços básicos (Tabela 2). Detalhadamente, o IBGE fornece a Tabela 2 que apresenta a oferta global a preços de mercado, os quais são constituídos por:

1. Preço básico (PB)
2. Margem de Comércio (MGC)
3. Margem de Transporte (MGT)
4. Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS)
5. Imposto sobre Produtos Industrializados e ISS (IPI/ISS)
6. Outros Impostos Indiretos Líquidos (OIIL)
7. Importação de Bens e Serviços (IMP)
8. Imposto de Importação (IIMP)

Assim, temos as seguintes relações:

Oferta Global (OG) = Oferta Nacional (ON) + Oferta Internacional (OI)

PB = PC – MGC – MGT – IIL

Oferta Nacional a Preço Básico (ONPB) = OGPC – OI – MGC – MGT – IIL

O IBGE disponibiliza os totais por produto dos itens 2 a 8, ou seja, o total de impostos e margens embutido nos valores dos produtos da Matriz de Uso de Bens e Serviços. O problema central da estimativa da Matriz de Recursos e Usos é distribuir os valores totais de impostos e margens na matriz. A seguir é descrita uma proposta metodológica para realizar a distribuição dos valores totais ao longo das linhas da Tabela 2 (Matriz de usos e recursos), subtraindo-se os montantes calculados dos preços de mercado e obtendo-se por resíduo os preços básicos.

4.6.2. Estimação dos Valores da Margem de Transporte, Margem de Comércio, ICMS, IPI/ISS e Outros Impostos Líquidos

O método consiste em estimar uma matriz de coeficientes a ser multiplicada pelos valores totais dos componentes citados e encontrar os valores referentes a cada célula da matriz.

a) Organizar os dados existentes na Matriz de Uso a preços de mercado obtida nas Contas Nacionais de modo a obter o quanto de cada produto é vendido para cada setor da economia.

b) A estimativa dos coeficientes (α_{ij}) a serem utilizados é dada por:

$$\alpha_{ij} = \frac{Z_{i,j}}{\sum_{j=1}^{n} Z_{i,j}} \tag{4.42}$$

sendo $Z_{i,j}$ o valor do produto *i* que é vendido para o setor ou demanda final *j*, a preços de mercado; e $\sum_{j=1}^{n} Z_{i,j}$ representa o valor total do produto *i* vendido para todos os setores da economia, onde *n* é o número de setores da economia.

c) Os valores totais das margens e impostos, fornecidos nos dados preliminares, são multiplicados pelos coeficientes.

Calculados os valores de margens de comercialização e transporte e dos impostos citados, resta calcular outros valores a serem distribuídos internamente na matriz referentes aos totais de importações e imposto de importação. Novos coeficientes serão calculados para distribuir tais montantes.

4.6.3. Estimação dos Valores das Importações e Imposto de Importação com Tratamento Diferenciado para as Margens de Comércio e Transporte

O cálculo de novos coeficientes para realizar a distribuição dos valores totais de importações e imposto de importação se faz necessário pela existência da coluna de Exportação de Bens e Serviços na demanda final. Obviamente os valores de importações e impostos incidentes sobre estas não devem ser alocados para as exportações, portanto, a coluna referente à exportação preenchida com zeros, assim como seus valores são subtraídos das colunas de Demanda Final e Demanda Total.

Os novos coeficientes são calculados de forma análoga à descrita no item (b) e os valores totais de importações e impostos sobre importações são distribuídos na matriz multiplicando-os pelos coeficientes.

Os resultados dos cálculos são matrizes contendo valores de impostos, importações e margens referentes a cada uma das células da Matriz de Uso de Bens e Serviços. Os valores serão subtraídos dos preços de mercado da matriz original para a obtenção dos preços básicos. Os totais de impostos, margens e importações de cada coluna podem então ser calculados, permanecendo no interior da matriz os valores a preços básicos.

CAPÍTULO 5
MODELOS REGIONAIS E INTER-REGIONAIS

O modelo de insumo-produto que foi visto anteriormente refere-se basicamente às matrizes nacionais, quando se trabalha com modelos de uma única região ou modelos de várias regiões interligadas, isto é, modelos inter-regionais, a estrutura de análise é um pouco diferente. Este capítulo trata justamente destes aspectos, apresentando as características próprias das matrizes regionais e inter-regionais.

5.1. Matriz de Insumo-Produto de uma região

Uma matriz regional apresenta a mesma estrutura de uma matriz nacional, como pode ser observado na figura 5.1. A diferença básica em sua apresentação é que, em geral, discrimina-se a exportação (importação) para as outras regiões do país e a exportação (importação) para outros países.

Os primeiros estudos que trabalharam com modelos regionais de insumo-produto utilizaram um percentual de oferta regional estimado para a obtenção dos dados da região.

Este estimador consiste na seguinte relação:

$$p_j^R = \frac{\left(X_j^R - E_j^R\right)}{\left(X_j^R - E_j^R + M_j^R\right)} \qquad (5.1)$$

onde:

X_j^R é a produção total do bem j na região R;

E_j^R é o total exportado do bem j pela região R;

M_j^R é o total importado do bem j pela região R.

Portanto, p_j^R, que será um valor entre zero e um, determina quanto da demanda total do produto j é atendida pela produção interna.

Figura 5.1
Relações de Insumo-Produto numa matriz regional

	Setores Compradores			
Set. Vend.	Insumos Intermediários	Exp. Resto País	Dem. Final	Prod. Total
	Importações do Resto do País (MP)		MP	MP
	Importações do Resto do Mundo (MM)		MM	MM
	Impostos Indiretos Líquidos (IIL)	IIL	IIL	IIL
	Valor Adicionado			
	Produção Total			

Sendo $\hat{P}$ um vetor diagonalizado, onde os seus elementos são os p_j^R definidos anteriormente, o modelo de insumo-produto regional estimado pode ser representado em forma matricial como:

$$A^R = \hat{P}A \tag{5.2}$$

$$X^R = \left(I - \hat{P}A\right)^{-1} Y^R \tag{5.3}$$

Como a matriz $\hat{P}$ indica o percentual da demanda total do produto j atendido pela produção interna, quando se faz $A^R = \hat{P}A$, todos os setores da região R que demandarem o bem j obedecerão à proporção estabelecida pela percentagem de oferta. Ou seja, todos os setores que demandam, por exemplo, alumínio, compram $\left(p_{ij} * 100\right)\%$ da própria região e o restante importam das demais. Miller e Blair (1985; p.48) salientam que esta é uma hipótese muito forte.

Além desta hipótese, outra também importante é assumida quando se trabalha com o percentual de oferta regional ($\hat{P}$). A técnica de produção regional é considerada idêntica à nacional, pois a matriz A é mantida com os valores originais nacionais.

No caso do percentual de oferta regional, tanto as especificidades técnicas de cada região quanto a discriminação por cada setor da parcela dos insumos compradas de outra região não são consideradas. Entretanto, através de uma tabela de insumo-produto censitária, pode-se resolver tais questões.

Inicialmente, determina-se o coeficiente de insumo regional que vem a ser:

$$a_{ij}^{LL} = \frac{z_{ij}^{LL}}{X_j^L} \tag{5.4}$$

Sendo:

z_{ij}^{LL} o fluxo do bem *i* produzido na região *L* para o setor *j* da região *L*

X_j^L o total da produção do setor *j* produzido na região *L*.

A partir da matriz A^{LL}, composta pelos elementos a_{ij}^{LL}, pode-se calcular os impactos de uma variação da demanda final da região *L* por meio de procedimento análogo e já desenvolvido anteriormente, isto é:

$$X^L = \left(I - A^{LL}\right)^{-1} Y^L \tag{5.5}$$

Deve-se notar que a relação acima guarda grandes semelhanças com o método do percentual de oferta regional exposto anteriormente, isto é, $X^R = \left(I - \hat{P}A\right)^{-1} Y^R$.

Mas, apesar de necessitar de dados mais precisos, por ser o coeficiente de insumo regional específico para cada relação de compra e venda de cada um dos setores, ele permite que seja feita não só a distinção entre as técnicas regional e nacional de produção, como também a determinação da parcela de insumos importadas de cada um deles. Portanto, constitui-se em um método mais preciso, demandando, todavia, um volume maior de dados.

Antes de se prosseguir no desenvolvimento dos tratamentos dos modelos regionais, deve-se atentar para um efeito não captado pelos modelos descritos acima.

A variação da demanda regional estimula a produção em *L*. O aumento da produção dos setores de *L* pode provocar um aumento da demanda por insumos de outras regiões, por exemplo, da região *M*. A produção de insumo em *M*, por sua vez, pode demandar outros insumos da região *L*, o que propicia um novo aumento na produção em *L*. Nos modelos vistos até então, este último efeito de relações inter-regionais não é captado, pois uma variação da demanda de *M* por insumos oriundos de *L* não teria repercussão, em função das relações inter-regionais não fazerem parte do modelo. Este é o objeto de estudo da próxima seção.

5.2. Matriz de Insumo-Produto inter-regional

O modelo inter-regional de insumo-produto, também chamado de "modelo Isard", devido à aplicação de Isard (1951), requer uma grande massa de dados, reais ou estimados, principalmente quanto às informações sobre fluxos intersetoriais e inter-regionais.

A Figura 5.2 apresenta de uma forma esquemática as relações dentro de um sistema de insumo-produto inter-regional. Complementando o sistema regional, no sistema inter-regional, há uma troca de relações entre as regiões, exportações e importações, que são expressas através do fluxo de bens que se destinam tanto ao consumo intermediário como à demanda final.

Figura 5.2
Relações de Insumo-Produto num sistema inter-regional

	Setores - Região L	Setores - Região M	L	M	
Set. Reg. L	Insumos Intermediários LL	Insumos Intermediários LM	DF LL	DF LM	Prod. Total L
Set. Reg. M	Insumos Intermediários ML	Insumos Intermediários MM	DF ML	DF MM	Prod. Total M
	Imp. Resto Mundo (M)	Imp. Resto Mundo (M)	M	M	M
	Impostos Ind. Liq. (IIL)	Impostos Ind. Liq. (IIL)	IIL	IIL	IIL
	Valor Adicionado	Valor Adicionado			
	Prod. Total Região L	Prod. Total Região M			

De forma sintética, pode-se apresentar o modelo, a partir do exemplo hipotético dos fluxos intersetoriais e inter-regionais de bens para as regiões L e M, com 2 setores, como se segue:

Z_{ij}^{LL} - fluxo monetário do setor *i* para o setor *j* da região L,

Z_{ij}^{ML} - fluxo monetário do setor *i* da região M, para o setor *j* da região L.

Pode-se montar a matriz:

$$Z = \begin{bmatrix} Z^{LL} & Z^{LM} \\ Z^{ML} & Z^{MM} \end{bmatrix} \tag{5.6}$$

onde,

Z^{LL} e Z^{MM}, representam matrizes dos fluxos monetários intrarregionais, e

Z^{LM} e Z^{ML}, representam matrizes dos fluxos monetários inter-regionais

Considerando a equação de Leontief, (1951) e (1986)

$$X_i = z_{i1} + z_{i2} + \ldots + z_{ii} + \ldots + z_{in} + Y_i \tag{5.7}$$

onde, X_i indica o total da produção do setor *i*, z_{in} o fluxo monetário do setor *i* para o setor n, e Y_i é demanda final por produtos do setor *i*.

É possível aplicá-la conforme,

$$X_1^L = z_{11}^{LL} + z_{12}^{LL} + z_{11}^{LM} + z_{12}^{LM} + Y_1^L \tag{5.8}$$

onde X_1^L é o total do bem *1* produzido na região *L*.

Considerando os coeficientes de insumo regional para L e M, tem-se:

Os coeficientes intrarregionais:

$$a_{ij}^{LL} = \frac{z_{ij}^{LL}}{X_j^L} \quad \Rightarrow \quad z_{ij}^{LL} = a_{ij}^{LL}.X_j^L \tag{5.9}$$

onde, pode-se definir os a_{ij}^{LL} como coeficientes técnicos de produção, e que representam quanto, o setor *j* da região L, compra do setor *i* da região L

$$a_{ij}^{MM} = \frac{z_{ij}^{MM}}{X_j^M} \quad \Rightarrow \quad z_{ij}^{MM} = a_{ij}^{MM}.X_j^M \tag{5.10}$$

onde, pode-se definir os a_{ij}^{MM} como coeficientes técnicos de produção, que representam a quantidade que o setor *j* da região M compra do setor *i* da região M.

E, por último, os coeficientes inter-regionais:

$$a_{ij}^{ML} = \frac{z_{ij}^{ML}}{X_j^L} \quad \Rightarrow \quad z_{ij}^{ML} = a_{ij}^{ML.}.X_j^L \tag{5.11}$$

podendo-se definir os $a_{ij}^{ML.}$ como coeficientes técnicos de produção que representam quanto o setor *j* da região L compra do setor *i* da região M e

$$a_{ij}^{LM} = \frac{z_{ij}^{LM}}{X_j^M} \quad \Rightarrow \quad z_{ij}^{LM} = a_{ij}^{LM}\cdot.X_j^L \tag{5.12}$$

onde os a_{ij}^{LM} correspondem aos coeficientes técnicos de produção que representam a quantidade que o setor *j* da região M compra do setor *i* da região L.

Estes coeficientes podem ser substituídos em (5.8), obtendo:

$$X_1^L = a_{11}^{LL} X_1^L + a_{12}^{LL} X_2^L + a_{11}^{LM} X_1^M + a_{12}^{LM} X_2^M + Y_1^L \tag{5.13}$$

As produções para os demais setores são obtidas de forma similar.

Isolando, Y_1^L e colocando em evidência, X_1^L, tem-se:

$$\left(1 - a_{11}^{LL}\right) X_1^L - a_{12}^{LL} X_2^L - a_{11}^{LM} X_1^M - a_{12}^{LM} X_2^M = Y_1^L \tag{5.14}$$

As demais demandas finais podem ser obtidas similarmente.

Portanto, de acordo com

$A^{LL} = Z^{LL}\left(\hat{X}^L\right)^{-1}$, constrói-se a matriz A^{LL}, para os 2 setores,

onde A^{LL} representa a matriz de coeficientes técnicos intrarregionais de produção. Saliente-se que esta mesma formulação valeria para A^{LM}, A^{MM}, A^{ML}.

Define-se agora as seguintes matrizes:

$$A = \begin{bmatrix} A^{LL} & \vdots & A^{LM} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ A^{ML} & \vdots & A^{MM} \end{bmatrix} \tag{5.15}$$

$$X = \begin{bmatrix} X^L \\ \cdots \\ X^M \end{bmatrix} \tag{5.16}$$

$$Y = \begin{bmatrix} Y^L \\ \cdots \\ Y^M \end{bmatrix} \tag{5.17}$$

O sistema inter-regional completo de insumo-produto é representado por:

$$(I - A)X = Y, \tag{5.18}$$

e as matrizes podem ser dispostas da seguinte forma:

$$\left\{ \begin{bmatrix} I & \vdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & \vdots & I \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} A^{LL} & \vdots & A^{LM} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ A^{ML} & \vdots & A^{MM} \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} X^L \\ \cdots \\ X^M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y^L \\ \cdots \\ Y^M \end{bmatrix} \tag{5.19}$$

Efetuando estas operações, obtém-se os modelos básicos necessários à análise inter-regional proposta por Isard, isto é:

$$\begin{aligned} &\left(I - A^{LL}\right)X^L - A^{LM}X^M = Y^L \\ &- A^{ML}X^L + \left(I - A^{MM}\right)X^M = Y^M \end{aligned} \tag{5.20}$$

Resultando no sistema de Leontief inter-regional da forma:

$$X = \left(I - A\right)^{-1} Y \tag{5.21}$$

O modelo acima é apenas uma descrição teórica do modelo inter-regional. Para a construção do sistema aqui proposto, será necessária a utilização de várias técnicas de construção de um sistema inter-regional a partir de um conjunto limitado de informações, visto que não existe disponível a totalidade dos dados necessários para a construção do sistema acima elaborado. Estes pontos serão discutidos posteriormente no Capítulo 7.

CAPÍTULO 6
MÉTODOS BÁSICOS DE ANÁLISE

As possibilidades de utilização da teoria de insumo-produto para análises estruturais e de impacto, entre outras, são demais vastas para serem apresentadas em apenas um capítulo, veja por exemplo Kurz, Dietzenbacher, e Lager (1998), Lahr e Dietzenbacher (2001), Hewings, Sonis, e Boyce (2002), além do capítulo 9 do presente trabalho. Desta forma, o que é apresentado neste capítulo são alguns métodos básicos de análise amplamente difundidos e de fácil utilização.

6.1. Análises de impacto

A partir do modelo básico de Leontief definido anteriormente

$$X = (I - A)^{-1} Y , \tag{6.1}$$

pode-se mensurar o impacto que as mudanças ocorridas na demanda final (*Y*), ou em cada um de seus componentes (consumo das famílias, gastos do governo, investimentos e exportações), teriam sobre a produção total, emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado, entre outros.. Assim ter-se-ia que:

$$\Delta X = \left(I - A\right)^{-1} \Delta Y \tag{6.2}$$

$$\Delta V = \hat{v} \Delta X \tag{6.3}$$

onde ΔY e ΔX são vetores *(nx1)* que mostram respectivamente, a estratégia setorial e os impactos sobre o volume da produção, enquanto que ΔV é um vetor *(nx1)* que representa o impacto sobre qualquer uma das variáveis tratadas acima, isto é, emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado, entre outros. Tem-se também que $\hat{v}$ é uma matriz diagonal *(nxn)* em que os elementos da diagonal são, respectivamente, os coeficientes de emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado, entre outros, que são obtidos dividindo-se, para cada setor, o valor utilizado destas variáveis na produção total pela produção total do setor correspondente, isto é:

$$v_i = \frac{V_i}{X_i} \tag{6.4}$$

Para se obter o impacto sobre o volume total da produção, e de cada uma das variáveis que estão sendo analisadas, soma-se todos os elementos dos vetores ΔX e ΔV .

6.2. Multiplicadores

A partir dos coeficientes diretos apresentados na equação (6.4) e da matriz inversa de Leontief, é possível estimar, para cada setor da economia, o quanto é gerado direta e indiretamente de emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado, etc. para cada unidade monetária produzida para a demanda final. Ou seja:

$$GV_j = \sum_{i=1}^{n} b_{ij} v_i \tag{6.5}$$

Onde:

GV_j é o impacto total, direto e indireto, sobre a variável em questão;

b_{ij} é o *ij-ésimo* elemento da matriz inversa de Leontief e

v_i é o coeficiente direto da variável em questão.

A divisão dos geradores pelo respectivo coeficiente direto gera os multiplicadores, que indicam quanto é gerado, direta e indiretamente, de emprego, importações, impostos, ou qualquer outra variável para cada unidade diretamente gerada desses itens. Por exemplo, o multiplicador de empregos indica a quantidade de empregos criados, direta e indiretamente, para cada emprego direto criado. O multiplicador do *i-ésimo* setor seria dado então por:

$$MV_i = \frac{GV_i}{v_i} \tag{6.6}$$

onde MV_i representaria o multiplicador da variável em questão e as outras variáveis são definidas conforme feito anteriormente.

Por sua vez, o multiplicador de produção que indica o quanto se produz para cada unidade monetária gasta no consumo final é definido como:

$$MP_j = \sum_{i=1}^{n} b_{ij} \tag{6.7}$$

Onde MP_j é o multiplicador de produção do *j-ésimo* setor e as outras variáveis são definidas segundo o expresso anteriormente.

Quando o efeito de multiplicação se restringe somente à demanda de insumos intermediários, estes multiplicadores são chamados de multiplicadores do tipo I. Porém, quando a demanda das famílias é endogenizada no sistema, levando-se em consideração o efeito induzido, conforme visto no capítulo 2, estes multiplicadores recebem a denominação de multiplicadores do tipo II.

6.3. Os índices de Rasmussen/Hirschman

A partir do modelo básico de Leontief, definido acima, e seguindo-se Rasmussen (1956) e Hirschman (1958), consegue-se determinar quais seriam os setores com o maior poder de encadeamento dentro da economia, ou seja, pode-se calcular tanto os índices de ligações para trás, que forneceriam quanto tal setor demandaria dos outros, quanto os de ligações para frente, que nos dariam a quantidade de produtos demandada de outros setores da economia pelo setor em questão.

Deste modo, definindo-se b_{ij} como sendo um elemento da matriz inversa de Leontief B, B^* como sendo a média de todos os elementos de B; e B_{*j}, B_{i*} como sendo respectivamente a soma de uma coluna e de uma linha típica de B, tem-se, então, que os índices de ligações para trás seriam os seguintes:

$$U_j = \left[B_{*j}/n\right]/B^* \tag{6.8}$$

Definindo-se F com sendo a matriz de coeficientes linha obtida a partir da matriz de consumo intermediário da economia, G como sendo a matriz de Ghosh obtida pela fórmula $G = (I - F)^{-1}$ (veja Miller e Blair, 2009), G^* como sendo a média de todos os elementos de

G, e G_{i*} como sendo a soma de uma linha típica de G, tem-se, então, que os índices de ligações para frente seriam os seguintes:

$$U_i = [G_{i*}/n]G^* \tag{6.9}$$

Valores maiores que 1 para os índices acima relacionam-se a setores acima da média, e, portanto, setores chave para o crescimento da economia. Uma das críticas sobre estes índices é a de que eles não levam em consideração os diferentes níveis de produção em cada setor da economia, o que é considerado quando se trabalha com o Índice Puro de Ligações Interindustriais, conforme será visto abaixo.

6.4. O enfoque do campo de influência

Apesar de os índices de Rasmussen/Hirschman avaliarem a importância de um dado setor em termos dos seus impactos no sistema como um todo, é difícil visualizar os principais elos de ligações dentro da economia, ou seja, quais seriam os coeficientes que se alterados teriam um maior impacto no sistema econômico. O conceito de campo de influência (veja Sonis e Hewings, 1989, 1995) descreve como se distribuem as mudanças dos coeficientes diretos no sistema econômico, permitindo, desta forma, determinar quais as relações entre os setores que seriam mais importantes dentro do processo produtivo. Como poderá ser observada posteriormente, a noção de campo de influência não está dissociada da dos índices de ligações, sendo uma análise complementar a esta na medida em que os principais elos de ligação dentro da economia estariam associados aos setores que apresentam os maiores índices de ligações, tanto para frente, como para trás.

O desenvolvimento do conceito de campo de influência se beneficiou das idéias de Sherman e Morrison (1949, 1950), Evans (1954), Park (1974), Simonovits (1975), e Bullard e Sebald (1977, 1988), sendo que uma descrição mais detalhada pode ser encontrada em Sonis e Hewings (1989, 1995).

Conforme exposto anteriormente, $A = |a_{ij}|$ representa a matriz de coeficientes diretos, e definine-se, a partir de então, $E = |\varepsilon_{ij}|$ como sendo a matriz de variações incrementais nos coeficientes diretos de insumo. As correspondentes matrizes inversas de Leontief são dadas por $B = I - A^{-1} = |b_{ij}|$ e por $B(\varepsilon) = [I - A - \varepsilon]^{-1} = |b_{ij}(\varepsilon)|$. Seguindo Sonis e Hewings (1989, 1995), caso a variação seja pequena e só ocorra num coeficiente direto, isto é:

$$\varepsilon_{ij} = \begin{cases} \varepsilon & i = i_1, j = j_1 \\ 0 & i \neq i_1, ou, j \neq j_1 \end{cases} \tag{6.10}$$

tem-se que o campo de influência desta variação pode ser aproximado pela expressão:

$$F(\varepsilon_{ij}) = \frac{\lfloor B(\varepsilon_{ij}) - B \rfloor}{\varepsilon_{ij}} \tag{6.11}$$

onde $F(\varepsilon_{ij})$ é uma matriz (nxn) do campo de influência do coeficiente a_{ij}.

Visando determinar quais seriam os coeficientes que possuiriam os maiores campos de influência, é necessário associar-se a cada matriz $F(\varepsilon_{ij})$ um valor que seria dado por:

$$S_{ij} = \sum_{k=1}^{n}\sum_{l=1}^{n}\left[f_{kl}\left(\varepsilon_{ij}\right)\right]^2 \tag{6.12}$$

onde S_{ij} é o valor associado à matriz $F(\varepsilon_{ij})$. Portanto, os coeficientes diretos que possuírem os maiores valores de S_{ij} serão aqueles com os maiores campos de influência dentro da economia.

Sonis e Hewings (1995) apresentam um detalhamento maior do que o aqui exposto, inclusive considerando-se os casos em que mudanças acontecem não apenas em um único coeficiente, mas no total de uma linha ou de uma coluna, ou mesmo na matriz como um todo. O principal problema dos métodos estudados até o momento é que, apesar de eles analisarem a importância do setor em termos dos impactos globais, é difícil visualizar o grau com que estes impactos refletem a importância de um ou dois coeficientes (ou fluxos principais) dentro do setor e a natureza dos impactos fora deste setor—por exemplo, se o impacto é concentrado em um ou dois setores, ou é mais amplamente difundido para o resto da economia (veja Van der Linden et. al. 1993 para uma discussão de como este assunto pode ser analisado dentro do enfoque de campo de influência).

6.5. Matriz de intensidade

Sonis et al. (1997) e Sonis e Hewings (1999) desenvolveram uma metodologia que procura comparar duas ou mais economias distintas por meio da construção de gráficos tridimensionais que permitam a fácil visualização da estrutura econômica das regiões de interesse. A comparação pode ser regional – duas ou mais regiões – ou temporal – onde a mesma região seria analisada em momentos diferentes.

Sejam:

$$M_c(B) = \begin{bmatrix} B_{*1} & B_{*2} & \ldots & B_{*n} \end{bmatrix} \tag{6.13}$$

$$M_l(B) = \begin{bmatrix} B_{1*} \\ B_{2*} \\ \vdots \\ B_{n*} \end{bmatrix} \tag{6.14}$$

onde $M_c(B)$ é um vetor *(1xn)* em que cada elemento representa a soma de uma coluna da matriz inversa de Leontief, e $M_l(B)$ é um vetor *(nx1)* onde cada elemento representa a soma de uma linha da matriz inversa de Leontief

Defina-se, ainda, b_{**} como sendo a soma de todos os elementos da matriz inversa de Leontief., A matriz intensidade (*M*) seria dada por:

$$M = \frac{1}{b_{**}} M_l M_c = \left[m_{ij}\right] \tag{6.15}$$

Para a elaboração do gráfico em três dimensões, ordenam-se os eixos *x* e *y* com os multiplicadores linha e coluna em ordem de tamanho, de tal maneira que os maiores multiplicadores da linha e coluna ficarão em um vértice do quadrado definido pelos dois eixos, localizando-se os menores no vértice oposto. Como cada elemento da matriz intensidade é definido pelo produto de um multiplicador linha por um coluna dividido pela somatória dos elementos da matriz inversa, no primeiro vértice estará o maior produto de todas as multiplicações e no lado oposto, a menor. Na medida em que se desloca do vértice maior para o menor, passa-se pelos multiplicadores intermediários, sempre em ordem decrescente. Portanto, o relevo do gráfico da matriz intensidade mostra um decaimento permanente, quando se parte do vértice maior para o menor.

Construído este gráfico, passa-se à região que se quer comparar com a primeira. O procedimento se repete, mas, para a segunda economia, deve-se manter a ordem dos setores que determina o decaimento para a primeira. Ou seja, a ordem dos setores estabelecida para os multiplicadores da primeira economia será mantida para a segunda. Desta maneira, pode-se elaborar um novo gráfico e compará-lo ao primeiro.

O que se deve esperar? Se a segunda economia mantiver a estrutura econômica da primeira, tendo os mesmos setores como os maiores multiplicadores linha e coluna, certamente o gráfico manterá também o decaimento de um vértice até seu oposto. Caso contrário, se a segunda economia apresentar uma ordem diferente da primeira quanto aos setores que são mais encadeados, aquela tendência de permanente decaimento será interrompida por picos e depressões. E é nesta análise visual que reside a contribuição do método: gráficos similares implica estruturas econômicas similares, gráficos distintos indicam estruturas econômicas diferentes.

6.6. Modelo GHS

Guilhoto, Sonis e Hewings (1996) desenvolveram um trabalho, que consiste na integração das principais técnicas utilizadas na análise de estruturas de insumo-produto, objetivando decompor e distinguir o impacto de um setor/região da economia sobre seus vários componentes. Para tal, tratam de dois métodos; o enfoque de setores chave, associados inicialmente a Hirschman (1958) e Rasmussen (1956), que são modificados por Cella (1984), Clements(1990), Clements e Rossi(1992) e Guilhoto, et.al.(1994), e o enfoque de ligações puras, identificado com as fontes de mudança na economia e os efeitos internos e externos dos multiplicadores de Miyazawa (1976).

A contribuição principal destes autores recai sobre a montagem de diferentes decomposições de matrizes, de maneira a realizar uma ligação formal destes dois enfoques: setores chave, e as fontes de mudança na economia. Esta técnica é fundamental, no sentido de identificar o grau dos impactos de demanda final em determinadas regiões e sobre todas as outras.

Os autores realizam uma consolidação destas abordagens, tomando por base a matriz A, definida como se segue:

$$A = \begin{bmatrix} A_{jj} & A_{jr} \\ A_{rj} & A_{rr} \end{bmatrix} \tag{6.16}$$

onde :

A_{jj} e A_{rr} representam matrizes quadradas de coeficientes técnicos diretos do setor *j* e do resto da economia (economia menos setor *j),* respectivamente, enquanto que A_{jr} e A_{rj} representam matrizes retangulares dos insumos diretos adquiridos pelo setor *j* do resto da economia e os insumos diretos adquiridos pelos resto da economia do setor *j.*

Tomando-se como base (6.16) e fazendo-se uma decomposição tripla multiplicativa da matriz inversa de Leontief, obtém-se:

$$B = (I - A)^{-1} = \begin{pmatrix} B_{jj} & B_{jr} \\ B_{rj} & B_{rr} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta_{jj} & 0 \\ 0 & \Delta_{rr} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta_j & 0 \\ 0 & \Delta_r \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I & A_{jr}\Delta_r \\ A_{rj}\Delta_j & I \end{pmatrix} \tag{6.17}$$

onde,

$$\Delta_j = \left(I - A_{jj}\right)^{-1} \tag{6.18}$$

$$\Delta_r = \left(I - A_{jj}\right)^{-1} \tag{6.19}$$

$$\Delta_{jj} = \left(I - \Delta_j A_{jr} \Delta_r A_{rj}\right)^{-1} \tag{6.20}$$

$$\Delta_{rr} = \left(I - \Delta_r A_{rj} \Delta_j A_{jr}\right)^{-1} \tag{6.21}$$

Partindo-se do modelo de Leontief, $X = \left(I - A\right)^{-1} Y$, e da formulação (6.17) e seus desmembramentos, derivam-se importantes indicadores que podem ser usados, segundo Guilhoto, Sonis e Hewings (1996), para:

a) classificar regiões de acordo com sua importância dentro de uma economia e

b) identificar como o processo de produção acontece na economia.

$$\begin{pmatrix} X_j \\ X_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta_{jj} & 0 \\ 0 & \Delta_{rr} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta_j Y_j + \Delta_j A_{jr} \Delta_r Y_r \\ \Delta_r A_{rj} \Delta_j Y_j + \Delta_r Y_r \end{pmatrix} \tag{6.22}$$

apresenta novas definições para ligações para trás (PBL), e para a frente (PFL), através de:

$$PBL = \Delta_r A_{rj} \Delta_j Y_j \tag{6.23}$$

$$PFL = \Delta_j A_{jr} \Delta_r Y_r \tag{6.24}$$

O PBL nos indicará, especialmente através de ($\Delta_j Y_j$), o impacto puro do valor da produção total na região j sobre o resto da economia. Diz-se que o impacto é puro porque, segundo Guilhoto, Sonis e Hewings (1996, p.17), ele está livre:

a) da demanda de insumos que a região j produz para a região j e

b) dos retornos do resto da economia para a região j e vice-versa. Por sua vez, o PFL, através de $(\Delta_r Y_r)$, indicará o impacto puro do valor da produção total no resto da economia r sobre a região j.

Utilizando-se (6.22), pode-se deduzir que:

$$\begin{pmatrix} X_j \\ X_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta_{jj} \Delta_j Y_j + \Delta_{jj} \Delta_j A_{jr} \Delta_r Y_r \\ \Delta_{rr} \Delta_r A_{rj} \Delta_j Y_j + \Delta_{rr} \Delta_r Y_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_j^j + X_j^r \\ X_r^j + X_r^r \end{pmatrix} \tag{6.25}$$

O que possibilita a divisão do nível de produção da economia em dois componentes:

$$X_j^j = \Delta_{jj} \Delta_j Y_j \tag{6.26}$$

$$X_j^r = \Delta_{jj} \Delta_j A_{jr} \Delta_r Y_r \tag{6.27}$$

Em X_j^j, obtém-se o valor da produção total da região *j* proporcionado pela demanda final da região *j*, enquanto que X_j^r fornece o valor da produção total da região *j* decorrente da demanda final do resto da economia. Podemos ainda obter outros dois componentes:

$$X_r^j = \Delta_{rr} \Delta_r A_{rj} \Delta_j Y_j \tag{6.28}$$

$$X_r^r = \Delta_{rr}\Delta_r Y_r \qquad (6.29)$$

onde X_r^j fornece o valor da produção total do resto da economia devido à demanda final da região *j*, enquanto X_r^r fornece o valor da produção total do resto da economia devido à demanda final do resto da economia.

Verifica-se, portanto, que estas técnicas fornecem um poderoso instrumental que integra os principais métodos usados, possibilitando, ao mesmo tempo, a decomposição dos impactos entre as regiões, o que permite analisar a integração duma economia nacional.

O modelo GHS foi aplicado por Guilhoto, Hewings e Sonis (1997) para identificar a interdependência, ligações e multiplicadores na Ásia através de um grupo de tabelas de insumo-produto para alguns países deste continente, utilizando, ainda, os valores dos Estados Unidos nos anos de 1975 e 1985. Quanto aos principais resultados os autores ressaltam que, além de identificar os setores-chave, o método permite detectar as fontes de mudanças na economia, pois se torna possível quebrar, ou seja, separar, o impacto setor/região na economia em vários componentes.

6.7. Um Resumo

Os diversos indicadores econômicos utilizados nos modelos insumo-produto têm, cada qual, um enfoque, um objetivo e, por isso, seus resultados nem sempre são coincidentes. Sobre este ponto, Guilhoto et al. (1995, p.234) comentam que a apresentação de visões alternativas sobre a estrutura e as trocas estruturais em uma economia contribuirão para uma análise mais equilibrada sobre o processo de transformação econômica, apesar da literatura procurar eleger a melhor técnica para se identificar os setores-chave.

O índice de ligação de Hirschman e Rasmussen se preocupa com a relação entre cada setor e os demais setores da economia, determinando, quando se trabalha com o índice de ligação para trás, o grau de encadeamento do setor *j* relativamente ao grau de encadeamento da economia como um todo. Este resultado sinalizaria se tal produção está concentrada em insumos ou, ao contrário, faz-se através do aumento do valor adicionado da economia. Quando se analisa o índice de ligação para frente, percebe-se a importância deste setor como fornecedor de insumo.

Os multiplicadores incorporam os efeitos diretos e indiretos para medir os impactos na economia causados por um choque de demanda. Não é, como o índice de ligação, uma fotografia. Constitui-se num instrumento de estimação dos efeitos causados por uma mudança das variáveis. Não há dúvida, como já foi visto, que altos índices de ligação para trás indicam altos multiplicadores. Mas os valores têm significados diferentes.

Se para os multiplicadores a pergunta a ser feita seria qual o impacto para economia de uma mudança na demanda, para o campo de influência seria quais os coeficientes técnicos (estrutura de produção) que, se alterados, mais transformam a matriz inversa e, portanto, mais modificam os encadeamentos sucessivos causados por uma variação da demanda.

Todos os métodos descritos neste capítulo apresentam resultados numéricos que traduzem algum aspecto da economia estudada. Entretanto, a matriz de intensidade foge a regra, procurando lançar uma visão do todo sobre estruturas econômicas e, graficamente, compará-las. A análise dos resultados deve se concentrar na diferença entre os gráficos, cujos picos indicam quais os setores que têm maior multiplicador linha e coluna.

A importância dos índices puros de ligação se justifica pelo fato de levar em conta o valor de produção dos setores. Pela abordagem matemática já descrita, pode-se perceber que tanto as interações inter quanto as intrasetoriais são levadas em conta como também a relevância do setor do ponto de vista do volume absoluto. Os setores indicados como os mais importantes dentro da economia por este método são, em geral, aqueles que unem grande interação e expressiva produção.

CAPÍTULO 7
MODELOS DE INSUMO-PRODUTO E O MEIO-AMBIENTE

O modelo inter-regional de insumo-produto apresentado acima pode ser estendido para possibilitar a análise de problemas relacionados à poluição, pois muitas das emissões de poluentes resultam da atividade econômica e as inter-relações entre as indústrias afetam significativamente sua natureza e magnitude.

A demanda por automóveis, por exemplo, gera poluição não apenas na planta montadora, mas também na fábrica de pneus e na de usina siderúrgica produtora de aço. Mudanças nas relações de oferta e demanda, tais como mudanças na tecnologia ou na balança comercial com outras regiões ou nações, também podem mitigar ou exacerbar as emissões. A substituição de um alto forno a coque pela energia elétrica na produção de aço, por exemplo, pode, ao contrário do que se imagina num primeiro momento, aumentar a poluição total do ar se a eletricidade for gerada a partir de uma termoelétrica (Casler e Blair, 1997).

A interdependência dos setores econômicos, tanto na esfera da produção quanto na emissão de poluição torna praticamente impossível identificar os verdadeiros emissores considerando apenas um único setor, de tal sorte que a abordagem insumo-produto parece ser a mais adequada para esta finalidade (Labandeira e Labeaga, 2002).

O procedimento usual para avaliar as emissões de CO2 tem sido estimar o uso de energia pelas indústrias e consumidores finais por meio de um modelo insumo-produto de energia e, a partir de coeficientes de conversão, estimar as emissões de CO2 decorrentes. Logo, o cálculo da emissão de CO2 é feito aplicando-se coeficientes de emissão sobre as intensidades do consumo de energia.

Embora seja possível obter os fluxos de energia simplesmente calculando a inversa de Leontief da maneira convencional convertendo, em seguida, estes valores para unidades físicas, este procedimento leva a inconsistências. No modelo tradicional de insumo-produto, a intensidade de energia calculada a partir da técnica dos coeficientes de impacto direto é estimada por meio de

$$\Pi = c(I - A)^{-1} \tag{7.1}$$

onde cada coluna de c representa um dado tipo de energia e cada um de seus elementos mede a intensidade de energia por unidade monetária de produto de cada setor.

Como os elementos de $(I - A)^{-1}$ medem o total (em unidades monetárias) de insumo necessário para produzir uma unidade monetária de produto, os elementos de Π representam o uso de energia derivado do uso de insumo em cada setor. Esta abordagem, contudo, pressupõe que os fatores de conversão sejam os mesmos entre os setores e que os preços da energia sejam os mesmos para os vários setores que a utilizam.

Tais hipóteses não são necessárias quando da utilização de unidades híbridas. Este modelo de unidades híbridas considera tanto a energia consumida no processo de produção de uma indústria, quanto à energia utilizada na produção dos insumos utilizados por ela (Miller e Blair, 1985).

Em outras palavras, é realizada uma análise de processo, isto é, para determinado bem ou serviço identificam-se os insumos diretamente utilizados na sua produção. Estes insumos incluem combustíveis (energia direta) e bens e serviços não energéticos (não combustíveis). Estes são então analisados para determinar os insumos requeridos para sua produção, os quais novamente incluem combustíveis e bens e serviços não energéticos (não combustíveis) e assim por diante (Miller e Blair, 1985).

Este processo rastreia os insumos até os recursos primários utilizados na sua produção. O primeiro round dos insumos de energia revela os requerimentos diretos de energia. Os rounds subseqüentes de insumos energéticos definem os requerimentos indiretos de energia. Logo, a soma destes dois requerimentos é o requerimento total de energia[4], cujo cálculo é algumas vezes chamado de intensidade de energia (Miller e Blair, 1985).

No cálculo da intensidade de energia de um produto deve-se distinguir entre setores de energia primária (extração de petróleo e gás, por exemplo) e setores de energia secundária (refino de petróleo e eletricidade). Estes últimos recebem energia primária como insumo e a convertem em formas secundárias de energia. Logo, o montante total de energia primária requerido para produzir um determinado produto deve ser igual ao montante necessário de energia secundária (deduzido de eventuais perdas de conversão) (Miller e Blair, 1985).

O modelo de energia em unidades híbridas é baseado em um conjunto de matrizes análogo ao do modelo convencional, isto é, numa matriz de transações ou fluxo de energia (medida em unidades físicas), numa matriz de requerimentos diretos de energia e numa matriz de requerimentos totais de energia (Miller e Blair, 1985).

Numa economia composta por n setores, dos quais m são setores de energia, a matriz de fluxos de energia será E (m × n).

Assumindo que a energia consumida pela demanda final (em unidades físicas) é dada por e_y, o consumo total de energia na economia é representado por F (onde e_y e F são ambos vetores-coluna com m elementos) e i é um vetor (n × 1) cujos elementos são todos números "um",

$$\mathbf{Ei} + \mathbf{e}_y = \mathbf{F} \tag{7.2}$$

ou seja, a soma da energia consumida pelos setores interindustriais mais o consumo da demanda final é o montante de energia consumido (e produzido) pela economia.

De posse da matriz E, é possível construir a matriz de transações interindustriais em unidades híbridas. O procedimento consiste em substituir na matriz de transações interindustriais (Z) as linhas que representam os fluxos de energia em unidades monetárias pelas linhas que representam os fluxos físicos de energia, obtidos a partir da matriz E. Ou seja, após esta substituição, tem-se uma nova matriz de fluxos interindustriais (Z*), a qual representa os fluxos interindustriais de energia em unidades físicas e os demais fluxos em unidades monetárias.

Considere-se o modelo inter-regional, apresentado anteriormente. Neste modelo, o setor 1 de cada uma das duas regiões é, por hipótese, um setor de energia primária (extração de petróleo, por exemplo), cujos fluxos de produção para os demais setores são medidos em tEP (tonelada equivalente de petróleo). Nos demais setores não-energéticos, as transações são

[4] Por exemplo, a energia usada numa planta montadora de automóveis é o requerimento direto de energia, enquanto que a energia usada na produção dos materiais usados (pneus, motores, etc.) seria englobada no requerimento indireto de energia.

medidas em $ (unidades monetárias). Assim, as matrizes de energia e de transações interindustriais serão, respectivamente

$$E = \begin{bmatrix} tEP & tEP & tEP & tEP \\ tEP & tEP & tEP & tEP \end{bmatrix} \quad (7.3)$$

e

$$Z = \begin{bmatrix} \$ & \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ & \$ \end{bmatrix} \quad (7.4)$$

e a matriz em unidades híbridas será

$$\mathbf{Z}^* = \begin{bmatrix} tEP & tEP & tEP & tEP \\ \$ & \$ & \$ & \$ \\ tEP & tEP & tEP & tEP \\ \$ & \$ & \$ & \$ \end{bmatrix} \quad (7.5)$$

Adotando-se o mesmo procedimento para as matrizes Y e X, ter-se-á

$$\mathbf{Y}^* = \begin{bmatrix} tEP \\ \$ \\ tEP \\ \$ \end{bmatrix} \quad (7.6)$$

$$\mathbf{X}^* = \begin{bmatrix} tEP \\ \$ \\ tEP \\ \$ \end{bmatrix} \quad (7.7)$$

De maneira esquemática, se E_k, e_{ky} e F_k representarem elementos das matriz de energia (7.3) e dos vetores definidos em (7.2), pode-se definir esquematicamente Z*, X* e Y* como

$$\mathbf{Z}_\mathbf{i}^* = \begin{cases} Z_j \text{ para linhas que não são fluxos de energia} \\ E_k \text{ para as linhas de fluxos de energia} \end{cases} \quad (7.8)$$

$$\mathbf{Y}_\mathbf{i}^* = \begin{cases} Y_j \text{ para linhas que não são fluxos de energia} \\ e_{ky} \text{ para as linhas de fluxo de energia} \end{cases} \quad (7.9)$$

$$\mathbf{X}_\mathbf{i}^* = \begin{cases} X_j \text{ para linhas que não são fluxos de energia} \\ F_k \text{ para as linhas de fluxo de energia} \end{cases} \quad (7.10)$$

A partir de (7.5) e (7.7) pode-se obter

$$\mathbf{A}^* = \mathbf{Z}^*\left(\hat{\mathbf{X}}^*\right)^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{tEP}{tEP} & \frac{tEP}{\$} & \frac{tEP}{tEP} & \frac{tEP}{\$} \\ \frac{\$}{tEP} & \frac{\$}{\$} & \frac{\$}{tEP} & \frac{\$}{\$} \\ \frac{tEP}{tEP} & \frac{tEP}{\$} & \frac{tEP}{tEP} & \frac{tEP}{\$} \\ \frac{\$}{tEP} & \frac{\$}{\$} & \frac{\$}{tEP} & \frac{\$}{\$} \end{bmatrix} \tag{7.11}$$

A matriz $\left(\mathbf{I}-\mathbf{A}^*\right)^{-1}$ terá as mesmas unidades de (7.10), porém, ela representa os requerimentos (em tEP ou unidades monetárias) por unidade (tEP ou unidades monetárias) de demanda final (requerimento total), enquanto A* representa o requerimento por unidade de produto total (requerimento direto).

A matriz de requerimentos diretos de energia e a matriz de requerimentos totais de energia são obtidas extraindo-se , respectivamente, as linhas dos fluxos de energia de $\mathbf{A}^*$ e $\left(\mathbf{I}-\mathbf{A}^*\right)^{-1}$.

Para isto é necessário criar a matriz $\hat{\mathbf{F}}^*$ com dimensão m × n na qual os elementos de F* que representam fluxos de energia são colocados ao longo da diagonal principal e os demais elementos são zeros.

Ou, esquematicamente,

$$\mathbf{F}_\mathbf{i}^* = \begin{cases} 0 \text{ para linhas que não são fluxos de energia} \\ F_k \text{ para linhas de fluxo de energia} \end{cases} \tag{7.12}$$

Dito de outro modo, o vetor F* teria n elementos (representando o número de setores da economia, inclusive os setores energéticos) onde os elementos representando os setores de energia (m de n elementos) representariam o total produzido de energia (em unidades físicas) por estes setores e os demais elementos seriam zero.

Logo, no caso do exemplo acima,

$$\mathbf{F}^* = \begin{bmatrix} tEP & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & tEP & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \tag{7.13}$$

Fazendo $\mathbf{F}^*\left(\hat{\mathbf{X}}^*\right)^{-1}$, obtém-se um vetor de zeros e números "um", no qual os números "um" denotam a localização dos setores de energia.

Deste modo, pós multiplicando as matrizes de requerimentos diretos e de requerimentos totais de energia por $\mathbf{F}^*\left(\hat{\mathbf{X}}^*\right)^{-1}$ recuperam-se apenas os coeficientes de energia, ou seja, a intensidade de energia.

Logo, se δ representa os requerimentos diretos e α os requerimentos totais:

$$\delta = \mathbf{F}^*\left(\hat{\mathbf{X}}^*\right)^{-1}\mathbf{A}^* \tag{7.14}$$

$$\alpha = \mathbf{F}^{*}\left(\hat{\mathbf{X}}^{*}\right)^{-1}\left(\mathbf{I}-\mathbf{A}^{*}\right)^{-1} \tag{7.15}$$

Os requerimentos indiretos de energia, γ, são obtidos da diferença entre (7.14) e (7.15), ou seja:

$$\gamma = \mathbf{F}^{*}{}'\left(\hat{\mathbf{X}}^{*}\right)^{-1}\left[\left(\mathbf{I}-\mathbf{A}\right)^{-1}-\mathbf{A}\right] \tag{7.16}$$

Assumindo que as emissões de CO2 estão linearmente relacionadas com os requerimentos de energia fornecidos por (7.14), (7.15) e (7.16), é possível obter tanto as emissões diretas de carbono, como também as emissões indiretas e totais.

Seja e a matriz dos coeficientes que convertem a utilização de energia em emissões, tal que os elementos na diagonal principal sejam os coeficientes de conversão para cada setor e os demais elementos sejam zero.

No caso do exemplo aqui adotado:

$$\mathbf{e} = \begin{bmatrix} CO_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & CO_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \tag{7.17}$$

Logo, as emissões diretas, totais e indiretas serão, respectivamente:

$$\delta_{CO2} = \mathbf{eF}^{*}\left(\hat{\mathbf{X}}^{*}\right)^{-1}\mathbf{A}^{*} \tag{7.18}$$

$$\alpha_{CO2} = \mathbf{eF}^{*}\left(\hat{\mathbf{X}}^{*}\right)^{-1}\left(\mathbf{I}-\mathbf{A}^{*}\right)^{-1} \tag{7.19}$$

$$\gamma_{CO2} = \mathbf{eF}^{*}\left(\hat{\mathbf{X}}^{*}\right)^{-1}\left[\left(\mathbf{I}-\mathbf{A}^{*}\right)^{-1}-\mathbf{A}^{*}\right] \tag{7.20}$$

Ou seja, enquanto no modelo de energia, obtinha-se uma matriz-produto $\mathbf{F}^{*}\left(\hat{\mathbf{X}}^{*}\right)^{-1}$, composta por zeros e números "um" (indicando a localização dos setores de energia) que pré multiplicava as matrizes de requerimentos totais, diretos e indiretos, no modelo de emissão de CO_2 aplica-se o mesmo princípio, com a diferença que a matriz-produto $\mathbf{eF}^{*}\left(\hat{\mathbf{X}}^{*}\right)^{-1}$ não apenas extrai a intensidade de energia como também a transforma em intensidade de emissão de CO_2[5].

[5] Se o modelo estimado considerar a inter-relação que existe entre o consumo das famílias e a renda originada do trabalho e da produção de cada setor, obtém-se também a intensidade de carbono do consumo das famílias.

CAPÍTULO 8
OBTENDO AS MATRIZES DE INSUMO-PRODUTO:
MÉTODOS CENSITÁRIOS E NÃO CENSITÁRIOS

Para a construção de uma matriz regional, ou mesmo nacional, alguns aspectos devem ser considerados. Os principais provavelmente dizem respeito à atualização dos valores, caso os dados sejam referentes a um ano anterior ao ano de interesse do estudo, e à regionalização dos coeficientes, se o trabalho partir de uma matriz nacional.

Quanto à regionalização dos coeficientes, ela será necessária na medida em que não haja dados primários disponíveis para todos os coeficientes da matriz em termos regionais. Ressalte-se que os dados primários são obtidos através de processos censitários, portanto, na ausência de fontes primárias, há a necessidade de estimar parte dos coeficientes de interesse.

Roundt (1983) argumenta que, apesar da obtenção dos dados serem classificadas em censitários e não censitários, na prática, todas as matrizes de insumo-produto são matrizes híbridas, construídas por meio de técnicas com informação semi censitárias, isto é, que se utilizam de dados primários e secundários.

8.1. Atualização, o método bi-proporcional de ajuste (RAS)

Miller e Blair (1985) sugerem a técnica RAS como um método apropriado para se atualizar os coeficientes de uma matriz. Este método procura captar duas alterações possíveis nos coeficientes ocorridas no transcorrer do tempo: efeito-substituição e efeito-fabricação.

O efeito-substituição admite que pode haver alteração na composição dos insumos no processo produtivo, em razão, por exemplo, de variações dos preços relativos. A variação detectada terá impacto sobre todos os setores que utilizam o insumo em questão. Em outras palavras, se houve uma diminuição da utilização de aço para o ano mais recente, este insumo terá proporcionalmente sua utilização reduzida em todos os setores que fazem uso do produto.

O efeito-fabricação analisa os dados de outro prisma. Para um setor, procura-se analisar a relação entre valor adicionado e consumo de bens intermediários. Caso os dados sinalizem para uma mudança da composição de valor adicionado e consumo intermediário, a técnica propõe uma alteração nos coeficientes também de maneira proporcional, ou seja, um setor que demonstre variação na relação citada terá todos os seus coeficientes de consumo intermediário ajustados proporcionalmente.

Para se colocar em prática este método, deve-se ter em mãos o valor total da produção, por setor, da economia para a qual se está construindo a matriz, além do valor total do consumo intermediário e da oferta intermediária para os demais setores, sempre para cada setor e para o ano de interesse.

Chega-se , assim, a três vetores:

$$X(1) = \begin{bmatrix} X_1(1) \\ X_2(1) \\ X_3(1) \end{bmatrix} \tag{8.1}$$

$$U(1) = \begin{bmatrix} U_1(1) \\ U_2(1) \\ U_3(1) \end{bmatrix} \tag{8.2}$$

$$V(1) = \begin{bmatrix} V_1(1) & V_2(1) & V_3(1) \end{bmatrix} \tag{8.3}$$

onde:

X(1) é o vetor de produção total por setor no período 1;

U(1) é o vetor do total das vendas interindustriais por setor no período 1 e

V(1) é o vetor do total da utilização de produtos intermediários por setor no período 1.

Fazendo-se:

$$K = A(0)\hat{X}(1), \tag{8.4}$$

sendo *A(0)* a matriz *A* de coeficientes técnicos no período 0 (a matriz utilizada para a atualização), chega-se a uma matriz de fluxos intersetoriais (*K*) que estima os fluxos atualizados, partindo-se da hipótese de que não houve alteração nos coeficientes. Portanto, utiliza-se os coeficientes da matriz original e a produção atualizada.

Somando as linhas de *K*, encontra-se um vetor dos totais das linhas (U^1) e espera-se, caso não tenha havido efeitos-substituição, que o vetor encontrado coincida com o vetor *U(1)*.

As diferenças eventuais entre os elementos de U^1 e *U(1)*, são resolvidos por meio da pré-multiplicação da matriz *A(0)* pelo vetor diagonalizado *R*, cujos elementos são:

$$r_i = \frac{U_i(1)}{U_i^1} \tag{8.5}$$

Portanto, quando a soma da linha *i* da matriz *K* é maior que o total da oferta de bens intermediários do setor *i* no período 1, ajusta-se todos os coeficientes da linha *i* da matriz *A(0)* pelo fator r_i.

Feito este procedimento, chega-se a:

$$\left[R^1 A(0)\hat{X}(1)\right]i = \left[A^1\hat{X}(1)\right]i = Z^1 í = U(1) \tag{8.6}$$

Ajustado os totais das linhas, faz-se o mesmo procedimento para os totais das colunas, utilizando-se o vetor *V(1)*.

A alteração eventual das colunas, que captarão o efeito-fabricação, alterará, por sua vez, os totais das linhas. Volta-se, então, ao ajustamento dos totais das linhas e assim por diante.

A solução do método RAS apresenta um resultado da forma:

$$A^2 = R^1 A(0) S^1 \tag{8.7}$$

Onde R^1 é o vetor diagonalizado do ajuste das linhas e S^1 é o vetor diagonalizado do ajuste das colunas.

Pela expressão acima, percebe-se a razão da denominação da técnica RAS.

8.2. Estimando matrizes de Insumo-Produto

Para a estimação das matrizes de insumo-produto, os dados podem ser primários, obtidos através de métodos censitários, ou secundários, que demandam alguma técnica de estimação.

Quando há disponibilidade para se trabalhar com dados primários, Montoya (1998) destaca dois métodos alternativos denominados modelo de Isard e o modelo de Metzler.

O modelo de Isard é, segundo o autor, considerado ideal na literatura de insumo-produto. Isto porque o modelo assume que há uma função de produção do tipo Leontief específica para cada setor de cada região e, ainda, "os coeficientes técnicos dependerão não somente da tecnologia utilizada e da estrutura de preços relativos, mas, também, da organização atual dos fluxos regionais de abastecimento em cada setor" (Montoya, 1998, p.55 e 56).

Como os setores são considerados específicos, as relações inter-regionais são detalhadas e, dessa forma, os fluxos inter-regionais podem mensurar os efeitos de transbordamento entre as regiões causados pela variação da demanda final de uma delas.

Naturalmente, esta técnica exige um enorme volume de dados, o que dificulta a sua operacionalização.

O modelo de Metzler também procura avaliar os impactos dos efeitos de transbordamento inter-regional decorrentes de uma variação autônoma da demanda final em uma das regiões.

Mas, ainda segundo o autor, o modelo é limitado na análise dos problemas regionais pelo fato de não discriminar "os efeitos inter-regionais por setor produtivo de cada região onde ocorrem as despesas. Trata-se, portanto, de um modelo inter-regional do tipo agregado, pelo qual não é possível visualizar os efeitos econômicos nos setores produtivos de cada região" (Montoya, 1998, p.54 e 55).

Quanto às estimações realizadas com dados secundários, há duas perguntas a serem respondidas quando se procura ajustar coeficientes regionais.

As estruturas de produção dos setores regionais se assemelham à estrutura de produção nacional? Ou seja, há diferenciação tecnológica entre a região e o país para dado setor?

A segunda pergunta seria: qual a parcela dos insumos utilizados por dado setor regional vem da própria região?

Miller e Blair (1985) propõem alguns métodos para a estimação dos valores.

O RAS, já discutido anteriormente, pode ser usado também com a finalidade de estimar coeficientes regionais. O procedimento não difere do exposto anteriormente, apenas os vetores *U(1)*, *V(1)* e *X(1)* referem-se, não mais aos totais em período diferente da matriz base *A(0)*, mas aos totais da produção regional. Em outras palavras, não se observa uma variação no tempo, e sim uma mudança espacial.

Esta técnica procura responder a primeira questão. Tanto o efeito-substituição quanto o efeito-fabricação alteram a estrutura de produção de um setor. Não se pretende saber a origem de seus insumos.

Outra técnica descrita em Miller e Blair (1985) refere-se ao quociente locacional. Os autores apresentam três abordagens distintas para esta técnica. Todas as três procuram avaliar a tendência importadora dos setores.

O quociente locacional simples é definido pela relação:

$$LQ_i^R = \left[\frac{X_i^R / X^R}{X_i^N / X^N} \right] \tag{8.8}$$

Onde:

X_i^R é a produção total do setor *i* da região *R*;

X^R é a produção total da região *R*;

X_i^N é a produção nacional total do setor *i;* e

X^N é a produção nacional total.

Esta relação mede a participação relativa do setor *i* na economia da região *R* em relação a participação do mesmo setor na economia nacional. Assim, procura estimar o potencial importador da região em relação aos produtos do setor *i*. Se LQ_i for menor que 1, significa que, em decorrência da região *R* ter uma produção proporcionalmente menor de produtos do setor *i*, há uma tendência a se importar este produto. Dessa forma, faz-se:

$$a_{ij}^{RR} = a_{ij}^N (LQ_i^R) \tag{8.9}$$

Se LQ_i for igual ou maior que 1, os setores que demandam os produtos correspondentes ao setor i não terão necessidade de importá-los, portanto:

$$a_{ij}^{RR} = a_{ij}^N \tag{8.10}$$

Seguindo o mesmo raciocínio, os autores apresentam o quociente locacional de demanda. Neste caso, a relação é a seguinte:

$$PLQ_i^R = \left[\frac{X_i^R / X^{*R}}{X_i^N / X^{*N}} \right] \tag{8.11}$$

onde X^{*R} e X^{*N} são, respectivamente, o total da produção regional e nacional dos setores que demandam produtos do setor *i*. A idéia deste método é desconsiderar o tamanho dos setores que não demandam os produtos do setor *i*. O tratamento dado aos coeficientes regionais segue o utilizado no quociente locacional simples.

A terceira variação do quociente locacional é o quociente interindustrial:

$$CIQ_{ij}^R = \left[\frac{X_i^R / X_i^N}{X_j^R / X_j^N} \right] \tag{8.12}$$

Neste caso, estima-se um quociente para cada célula da matriz regional. Mede-se a participação do setor regional ofertante no total de produção nacional deste setor em comparação à participação do setor regional demandante em relação ao mesmo setor em termos nacionais.

Novamente, o tratamento dado aos coeficientes regionais segue a metodologia do quociente simples.

Todos os métodos do quociente locacional, ao contrário do RAS, visam estimar que parcela dos insumos vem da própria região e que parcela é importada do resto do país. Não se pretende detectar mudanças no processo de produção. A composição de insumos não se modifica.

Com relação à consistência do método locacional, Schaffer e Chu (1969) utilizaram os dados censitários da matriz do Estado de Washington de 1963 para comparar os resultados do quociente locacional e do interindustrial com algumas técnicas alternativas de estimação. O trabalho mostra que "location-quotient procedures and the cross-industry quotient procedure are the most successful"(Schaffer e Chu, 1969, p.95) na comparação.

Para se calcular os coeficientes dos fluxos inter-regionais entre duas regiões, pode-se utilizar técnicas derivadas do quociente locacional ou modelos gravitacionais.

Em um modelo de apenas duas regiões, pode-se utilizar o quociente locacional para determinar diretamente a importação e a exportação. Quando o LQ_i é igual, por exemplo, a 0,7, significa que 30% dos insumos serão importados. Portanto, para modelos com apenas duas regiões, pode-se aplicar os resultados da técnica de quociente locacional automaticamente. Para modelos com mais de duas regiões, há a necessidade de se assumir hipóteses adicionais. Montoya (1998) cita os modelos de coeficiente linha e os de coeficiente coluna. Os primeiros admitem que a proporção do produto vendida pelas diversas regiões é a mesma. Para os modelos de coeficiente coluna "cada região importa uma proporção fixa de suas necessidades de um dado produto de uma região específica" e "cada setor segue o mesmo padrão da região como um todo" (Montoya, 1998, p.52).

Já os modelos gravitacionais associam fluxos de comércio a custos de transferência. Sendo assim, estes modelos levam em conta, não só a produção da região *R* e a demanda por insumos da região *S*, mas também a distância envolvida nesta transação.

CAPÍTULO 9
APLICAÇÕES DE INSUMO-PRODUTO

Com base na teoria de insumo-produto, proposta por Leontief, várias aplicações foram se desenvolvendo, tratando dos mais diversos problemas enfrentados pela sociedade, desde aspectos econômicos até sociais, passando também pelos problemas de meio ambiente.

Entre os vários trabalhos que sintetizam a evolução da teoria de insumo-produto podem ser citados os de Hewings, Sonis, e Boyce (eds) (2002), Lahr e Dietzenbacher (eds) (2001), Kurz, Dietzenbacher, e Lager (eds) (1998), Isard et al. (eds) (1998), Hewings e Madden (1995), Miller, Polenske, e Rose (eds.) (1989), Rose e Miernyk (1989), Miller e Blair (1985), Bulmer-Thomas (1982), e Stone (1984).

Dada a grande gama de aplicações da teoria de insumo-produto, em estudos nacionais e regionais, que tratam dos assuntos mais diversos possíveis, esta seção divide estas aplicações em sete grandes grupos. Esta divisão de forma alguma pretende abranger toda a área de conhecimento da teoria de insumo-produto, mas apenas fornecer uma idéia da sua potencialidade e dos seus vários campos de atuação, quais sejam: a) análises estruturais e análises de impacto; b) meio ambiente e recursos naturais; c) distribuição de renda; d) construção e atualização de matrizes; e) matrizes de contabilidade social; f) modelos econométricos de insumo-produto; e g) modelos aplicados de equilíbrio geral (AEG). É válido salientar que tais aplicações, sem dúvida alguma, têm se beneficiado dos grandes avanços tecnológicos na área computacional e do fato da integração de matrizes de insumo-produto nas contas nacionais, de acordo com o novo sistema de contas nacionais da ONU (SNA, 1993).

9.1. Análises estruturais e de impacto

As análises estruturais visam entender como a economia funciona e como os setores e as regiões se relacionam entre si, enquanto que as análises de impacto visam estudar a reação da economia e dos seus setores a choques resultantes de políticas econômicas e/ou de alterações de comportamento dos agentes econômicos.

Dentro das análises estruturais, o conceito e a determinação de setores chave numa economia podem ser apresentados de diversas maneiras, e a necessidade básica é explorar as informações provenientes de cada tipo de análise, ao invés de se dirigir o centro das atenções para as vantagens aparentes e reais que uma técnica pode oferecer. Seria surpreendente se existisse uma consistência total; como Diamond (1976) observou, a multiplicidade de objetivos que caracterizam as estratégias de crescimento e desenvolvimento de muitos países tornam improvável que um número pequeno de setores que os requisitos necessários para satisfazer as necessidades de emprego, renda, produção, divisas, entre outros.

Dentre as técnicas utilizadas nas análises estruturais, os índices de Rasmussen/Hirschman e o enfoque do campo de influência são usados para estudar como a estrutura interna da economia se comporta, sem levar em consideração o nível de produção em cada setor, enquanto que o índice Puro de ligação é usado para analisar a estrutura produtiva quando os diferentes níveis de produção em cada setor são levados em consideração. O primeiro tipo de análise é importante, pois, se a estrutura interna da economia não é levada em consideração ao se definir setores chave, pode-se gerar gargalos que limitarão o seu crescimento. Por outro lado, o nível de produção em cada setor é também importante na medida em que auxilia na determinação de quais seriam os principais setores responsáveis por variações nos níveis do PIB e de outras variáveis macroeconômicas importantes. Portanto, ambas as análises devem ser combinadas.

Outro tipo de análise possível seria o estudo das origens das mudanças temporais no nível de produção setorial, as quais podem ser atribuídas, por um lado, a mudanças nos coeficientes de produção, mudanças na demanda final, e a mudanças nos efeitos interativos entre a demanda final e os coeficientes de produção, e, por outro lado, a mudanças que se originam dentro do setor e em outros setores da economia (veja Guilhoto, Hewings, Sonis, e Guo, 1997).

Devido ao grande número de informações presentes nas matrizes de insumo-produto, uma das áreas que tem se desenvolvido muito, atualmente, é a de topografia econômica, que se preocupa em retratar a estrutura de funcionamento da economia por meio de figuras que expressem de uma forma clara as relações que se dão entre os diversos agentes econômicos. Claramente, esta área tem se beneficiado de desenvolvimentos na área de computação, os quais permitem a utilização de técnicas cada vez mais sofisticadas de mapeamento do sistema econômico e da sua representação gráfica. A este respeito veja, por exemplo, os trabalhos de Guilhoto, Sonis, e Hewings (1999), Guilhoto (1999), Guilhoto et al. (2000), Rodrigues e Guilhoto (1999), Moretto e Guilhoto (1999).

Através da utilização de várias técnicas de análise de *clusters* é possível a determinação de complexos produtivos, onde são determinados os setores que fazem parte de um dada cadeia produtiva, a este respeito veja Bergman e Feser (2000).

Veja também a este respeito os trabalhos de Bulmer-Thomas (1982), Miller e Blair (1985), Miller (1998), Guilhoto, Sonis, Hewings, e Martins (1994), McGilvray (1977), Guilhoto, Sonis, e Hewings (1996), Guilhoto, Hewings, e Sonis (1997 e 1998), Dietzenbacher (1997), e Furtuoso e Guilhoto (2000). (ACHEI MUITO SOLTO)

9.2. Meio ambiente e recursos naturais

A utilização de modelos de insumo-produto em problemas de meio ambiente, como poluição e utilização de recursos naturais, é umas das aplicações que vem crescendo em importância nos últimos anos. Este aumento da utilização do instrumental de insumo-produto nos problemas ambientais se deve, por um lado, ao aumento da conscientização da importância das questões ambientais, e, por outro, pelo fato do instrumental de insumo-produto ser o mais indicado para a mensuração dos impactos indiretos na geração e eliminação de poluição e na utilização de recursos naturais, passando pela geração e utilização de energia.

Trabalhados a este respeito, além daqueles apresentados na seção 2.3.3 acima, podem ser encontrados em Miller e Blair (1985), Leontief (1986) , Casler e Blair (1997), Bouhia (1998), e Machado (2000).

9.3. Distribuição de renda

O estudo do problema da distribuição de renda em modelos de insumo-produto se deve ao trabalho pioneiro de Miyazawa (1976), onde a demanda final do modelo de Leontief é dividida em demanda interna de consumo das famílias e demanda exógena (isto é, gasto do governo, investimento, e exportações):

$$y = y^c + y^e \qquad (9.1)$$

onde y^c é o vetor (nx1) de demandas de consumo e y^e é o vetor (nx1) de demandas exógenas. Para tornar este modelo mais real, as demandas de consumo não devem ser tratadas como parâmetros exógenos, mas sim como funções da renda, na tradição de Keynes e Kalecki (Miyazawa, 1960 e 1976, Keynes, 1964, e Kalecki, 1968 e 1971).

A função de consumo multisetorial é definida como

$$y^c = CQ \tag{9.2}$$

onde C é uma matriz (nxr) com os coeficientes de consumo, e Q é um vetor (rx1) com a renda total de cada grupo de renda.

A matriz C é derivada a partir de uma matriz E, cujo elemento e_{ik} representa a quantidade total do i-ésimo produto consumido pelo k-ésimo grupo de renda, isto é,

$$c_{ik} = \frac{e_{ik}}{q_k} \tag{9.3}$$

Além de incorporar esta função consumo multisetorial nas equações de Leontief, deveser incluído, ainda, no modelo a estrutura da distribuição da renda, uma vez que "a estrutura de consumo geralmente depende da estrutura de distribuição da renda" (Miyazawa, 1976, p. 1).

A estrutura de distribuição da renda pode ser representada pelas equações simultâneas

$$Q = Vx \tag{9.4}$$

onde V é uma matriz (rxn) com os coeficientes do valor adicionado.

Obtém-se a matriz V a partir de uma matriz R, cujo elemento r_{kj} representa a renda do k-ésimo grupo de renda obtida do j-ésimo setor. V_{kj} é dado por

$$v_{kj} = \frac{r_{kj}}{x_j} \tag{9.5}$$

As equações simultâneas (8.4) representam o fato que, a determinada estrutura produtiva predominante num país, está associada uma estrutura de distribuição da renda.

Para se calcular a solução para o modelo, substitui-se (8.1), (8.2), e (8.4) no modelo de Leontief, obtendo-se:

$$x = Ax + CVx + y^e \tag{9.6}$$

cuja solução é dada por

$$x = (I - A - CV)^{-1} y^e \tag{9.7}$$

É conveniente, também, expressar a matriz da equação (8.7) como o produto de $Z = (I - A)^{-1}$ - que reflete fluxos de produção - e uma outra matriz refletindo os fluxos de consumo endógeno, ou seja,

$$x = Z(I - CVZ)^{-1} y^e \tag{9.8}$$

Aplicações à economia brasileira podem ser encontradas nos trabalhos de Fonseca e Guilhoto (1987), Guilhoto, Conceição e Crocomo (1996), e Cavalcanti (1997).

9.4. Construção e atualização de matrizes

A área de construção e atualização de matrizes é uma das que vem merecendo especial interesse, o qual se dá em dois campos de atuação, formado pelos órgãos oficiais de estatística e pelos pesquisadores que necessitam de matrizes nem sempre fornecidas pelos órgãos estatísticos.

A preocupação dos órgãos estatísticos pode ser expressa como sendo a de como obter informações uniformizadas de uma forma cada vez mais rápida e precisa dadas as restrições de recursos e tempo. Para tanto, existe um trabalho constante dos pesquisadores dos institutos de pesquisa, sendo a normatização do seu trabalho geralmente feito através de manuais de contas nacionais de órgãos nacionais e supranacionais, tais como as Nações Unidas e a OECD. Veja, como exemplo, o manual de contas nacionais da ONU, SNA(1993).

Por sua vez, os pesquisadores, para as suas análises, muitas vezes necessitam construir matrizes nacionais, regionais e interregionais não disponibilizadas pelos órgãos estatísticos. Isto acontece, ou porque as matrizes se referem a períodos antigos e/ou porque estas simplesmente não existem. Neste caso, os métodos mais utilizados são: a) quociente locacional; b) RAS; c) Delphi; e d) atualização por índices de preços. Discussões a respeito desses métodos podem ser encontradas em Miller e Blair (1985), e Montoya (1998).

9.5. Matrizes de Contabilidade Social

As Matrizes de Contabilidade Social (MCS) visam ampliar a análise de insumo-produto de modo a incorporar a estes outros elementos das contas nacionais que, geralmente, não estão presentes nas análises de insumo-produto.

Não existe uma definição padrão do que seja uma MCS, sendo a construção de uma MCS geralmente feita de acordo com o problema a ser analisado. Seguindo Pyatt (1988), uma MCS é uma maneira simples e eficiente de representar a lei fundamental da economia de que para cada receita deve haver um gasto correspondente.

De acordo com Robinson (1989), apesar das definições das entradas numa MCS variarem, existem algumas propriedades básicas que esta deve satisfazer: a) ela é uma matriz quadrada onde os totais das linhas e das colunas que representam as rendas e os gastos dos vários agentes devem sempre ser iguais; b) existe uma convenção de entrada dupla que garante que não existirão vazamentos ou injeções de recursos no sistema e que cada fluxo deve ir de um agente para outro; c) por convenção, as receitas são registradas nas linhas e os gastos nas colunas.

Veja a este respeito Pyatt e Round (1985) e, em especial, o capítulo de King (1985), e Hewings e Madden (1995), e, para a economia brasileira, o trabalho de Sampaio (2000).

9.6. Modelos econométricos de Insumo-Produto

Os modelos econométricos de insumo-produto visam, por um lado, tirar vantagem do poder de previsão dos modelos econométricos e, por outro, tirar vantagem dos aspectos intersetoriais e interregionais encontrados nos modelos de insumo-produto.

Os modelos macroeconométricos, por natureza, são modelos que tratam das variáveis macroeconômicas da economia, ou seja, dos seus agregados. Ao mesmo tempo, são modelos que permitem análise de previsão, onde a moeda tem o poder de afetar o nível de produção da economia. Já os modelos de insumo-produto são modelos desagregados da economia que permitem análises intersetoriais e interregionais, sendo mais indicados para análises de impacto, cuja importância está relacionada ao lado real da economia – logo a moeda não teria o poder de afetar a produção.

O ponto interessante da combinação destes dois modelos é a possibilidade de se levar em consideração que a moeda afeta o nível de produção da economia, pelo menos no curto prazo, e de se poder fazer previsões para os diversos setores/regiões da economia ao longo do tempo.

A combinação destes modelos pode ser feita de várias formas, sendo as mais utilizadas as seguintes: a) o enfoque de cima para baixo, ou seja, o modelo macroeconométrico dá a linha de deslocamento da economia e o modelo de insumo-produto deve se ajustar de modo a fornecer resultados consistentes com o modelo macroeconométrico; e b) há uma interação entre os modelos através da "conversação" entre eles, de forma que os resultados de um influencia os resultados do outro e os dois entram num processo de interação e convergência, chegando num resultado comum e consistente.

Discussões a esse respeito podem ser encontradas nos trabalhos de West and Jackson (1999), West (1995 e 1998), Rey (1997 e 1998) e Isard et al (1998). Para a economia brasileira veja os trabalhos de Guilhoto e Fonseca (1998) e Azzoni e Kadota (2000).

9.7. Modelos Aplicados de Equilíbrio Geral

Os modelos Aplicados de Equilíbrio Geral (AEG) se utilizam, de um lado, da teoria neoclássica Walrasiana de equilíbrio geral para determinar o sistema de equações que explicam o comportamento dos agentes dentro da economia. De outro lado, as matrizes de insumo-produto são a grande fonte de dados, que expressa a situação de equilíbrio da economia em um dado ano. As informações de insumo-produto são então combinadas com informações de contabilidade nacional, dando origem a matrizes de contabilidade social e de elasticidades das variáveis, as quais permitem que o modelo trabalhe com variações de preço e quantidade no sistema. Os modelos AEG, na sua maior parte, preocupam-se com o lado real da economia, ou seja, a moeda não causaria impacto algum sobre o lado real da economia, sendo importante os preços relativos.

Como visto acima, umas das polêmicas da teoria de Leontief é se esta poderia ser conciliada com a teoria Walrasiana, o que é possível conforme mostrado, de certa forma pelos modelos AEG. Porém, conforme mencionado anteriormente, o objetivo deste trabalho não é o de resolver a polêmica, mas apenas de apresentar alguns dos seus aspectos.

Apesar de não existir um consenso de como os elementos monetários devam ser introduzidos num modelo AEG, sem dúvida estes modelos representam um passo na direção de diminuir a distância que separa a teoria microeconômica (base dos modelos AEG) da macroeconômica (base dos modelos macroeconométricos)[6]. Exemplos destes modelos podem ser encontrados nos trabalhos de Bourguignon, Branson e Melo (1992), Lewis (1994) e Fargeix e Sadoulet (1994).

É interessante notar que, apesar dos primeiros modelos AEG aparecerem na década de 1960, foi somente a partir da década de 80 que se passou a ter uma grande evolução nesta área, possível, principalmente, graças ao aperfeiçoamento dos métodos numéricos de solução dos modelos, assim como ao desenvolvimento da indústria de computação, que permitiu: a) o barateamento do custo do tempo de computação; b) o aumento da velocidade de processamento; e c) o aparecimento de uma série de "softwares" próprios para a solução destes tipos de modelos.

Resenhas e discussões de modelos AEG são feitas, entre outros, em Blitzer, Clark, e Taylor (1975), Dervis, Melo, e Robinson (1982), Scarf e Shoven (1984), Shoven e Whalley (1984), Stone (1984), Decaluwé e Martens (1988), Melo (1988), Guilhoto (1988), Robinson e Roland-Holst (1988), Pereira e Shoven (1988), Robinson (1989), Bergman (1990), Bandara (1991), Dixon et al. (1992),

---

[6] Uma discussão sobre a estrutura dos modelos AEG e dos modelos macroeconométricos pode ser encontrada em Guilhoto e Fonseca (1990).

Shoven e Whalley (1992), Mercenier e Srinivasan (1994), Guilhoto (1995), Isard e Azis (1998), e Haddad (1999).

Não existe um padrão pré-definido de como os modelos AEG devem ser classificados, estando os modelos, na literatura, classificados pelos mais diversos critérios, entre eles: objetivo de estudo dos modelos; método de solução; modo de fechamento; se são estáticos ou dinâmicos; teoria econômica utilizada na construção do modelo; entre outros.

Optou-se aqui por classificar os modelos AEG de acordo com o método de solução numérica utilizada, divididos, basicamente, em 2 grupos: os que, seguindo a tradição de Leif Johansen (Johansen, 1974), têm o seu método de solução dado de uma forma linear e os resultados do modelo são apresentados através de taxas de crescimento; e os que apresentam os resultados em níveis, porém com o método de solução não linear.

Os modelos do tipo Johansen começaram com o trabalho pioneiro de Leif Johansen no final da década de 1950, com a construção de um modelo multissetorial em taxas de crescimento para a economia Norueguesa (veja Johansen, 1974). O modelo é obtido através da diferenciação logarítmica das equações originais com respeito ao tempo, de maneira a se obter um sistema simultâneo de equações lineares em relação às taxas de crescimento.

Os modelos não lineares, em níveis, podem ainda ser subdivididos, basicamente, em dois grupos: a) os que se utilizam do enfoque desenvolvido por Herbert Scarf, em que a solução do modelo AEG é formulada de modo a achar um ponto fixo num mapeamento de preços através das equações de excesso de demanda (veja Scarf e Hansen, 1973, e Shoven e Whalley, 1992); e b) os que, seguindo o método utilizado por Adelman e Robinson (1978a e 1978b) no seu modelo para a Coréia, tratam os modelos AEG como uma coleção de equações não lineares, utilizando-se de métodos numéricos para a sua solução. Outro tipo de enfoque, porém menos utilizado, é o de análise de atividade que se utiliza de programação não linear. Apresentado em Ginsburgh e Waelbroeck (1981), neste enfoque se constrói um modelo de programação não linear, em níveis, cuja solução gera preços-sombra que podem ser interpretados como preços de mercado.

A partir do desenvolvimento de MCS e de modelos AEG, um novo tipo de enfoque foi desenvolvido: o enfoque do Valor de Transação (VT)[7] (veja Drud, Grais, e Pyatt, 1983 e 1986, e Pyatt, 1988) – formado por um conjunto de equações que descreve como os preços e as transações são determinados. Ou seja, os modelos VT começam com uma MCS e então se constroem as equações que explicam cada entrada na matriz, contrariamente aos modelos AEG, onde, inicialmente, são construídas as equações e, somente após esta fase, uma MCS é construída de maneira a suprir o modelo com os dados necessários.

O aspecto regional também tem se tornado cada vez mais presente nos modelos AEG, quer seja no âmbito mundial – relação entre países –, quer seja entre regiões de um mesmo país. Dentro desta visão temos o Modelo GTAP (*Global Trade Analysis Project*), Hertel (ed) (1997), que pela sua facilidade de uso e aplicabilidade tem se tornando referência no estudo do comércio entre os países. No caso de modelos interregionais AEG no âmbito nacional, o leitor é referenciado para os trabalhos de Isard e Azis (1998) e Haddad (1999).

A pesquisa atual em termos de modelos AEG também tem-se preocupado com a introdução de elementos teóricos não tradicionais, como elementos monetários, incerteza, elementos intertemporais e otimização. Para uma discussão destes tópicos veja Robinson (1989) e Mercenier e Srinivasan (1994).

---

[7] Este enfoque recebe o nome de TV (*Transactions-Value)* no trabalho original.

Seguindo-se a apresentação acima, os modelos multisetoriais construídos para a economia brasileira podem ser subdivididos em 9 grupos:[8]

A. modelos de consistência, resultados em níveis: Rijckeghem (1969), Werneck (1984), Garcia (1988), Moreira (1992) e Moreira e Urani (1993);
B. modelos AEG que têm a sua solução dada em taxas de crescimento e o método de solução é linear: Guilhoto (1986 e 1995), Rodrigues et al. (1998);
C. modelos AEG que têm a sua solução dada em níveis e o método de solução é não linear: Lysy e Taylor (1980), Adelman e Robinson (1988), Sousa (1985), Sousa (1987a), Sousa e Hidalgo (1988), e Willunsen e Cruz (1990), Ferreira Filho (1995), Najberg, Rigolon e Vieira (1995);
D. modelos híbridos que utilizam o enfoque descrito no item (C) e de análise de atividades, resultados em níveis: Sousa (1987b);
E. modelos que utilizam o enfoque do valor de transação, resultados em níveis: Kadota e Prado (1985);
F. modelos que incorporam elementos monetários na estrutura do modelo AEG, resultados em níveis: Urani (1993);
G. modelos AEG intertemporais, resultados em níveis: Mercenier e Sousa (1994);
H. modelos baseados no GTAP, resultados em taxas de crescimento: Ferreira Filho (1998 e 1999), Teixeira (1998) e Bitencourt e Teixeira (2000);
I. modelos interregionais, resultados em taxas de crescimento: Haddad (1999), Lima et al. (2000).

Conforme pode ser observado anteriormente, as principais correntes de modelagem na área de modelos AEG estão representadas em modelos já construídos para a economia brasileira, sendo a maior parte deles construídos a partir de meados da década de 1980.

A base de dados também tem evoluído com o tempo, passando-se pelas matrizes de insumo-produto de 1959 a 1995. Os modelos foram usados para os mais diversos fins: estudo do problema da distribuição de renda; possibilidades de crescimento da economia; problemas do setor externo; políticas regionais; políticas agrícolas; ajuste do setor público; teste da utilização de diferentes teorias de fechamento dos modelos AEG e os seus resultados sobre as soluções destes, entre outros.

9.8. Evolução da teoria de Insumo-Produto e direções futuras

Nesta seção é feita uma exploração do que se espera que aconteça no futuro em termos de desenvolvimento da teoria de insumo-produto.

Devido ao novo sistema de contas nacionais da ONU incorporar nas contas nacionais as matrizes de insumo-produto, espera-se que através deste procedimento dados mais atualizados estejam disponíveis para os pesquisadores. Este fato deverá permitir um melhor entendimento da evolução das estruturas produtivas, bem como melhorar a qualidade das análises. Ao mesmo tempo, existe um esforço por parte dos órgãos de estatística de diversos países para que ocorra uma padronização das classificações utilizadas, bem como no desenvolvimento de novos métodos que permitirão a obtenção de dados cada vez mais confiáveis e comparáveis entre as nações.

---

[8] Apesar de haverem outros modelos AEG construídos para a economia brasileira, a lista de modelos apresentada aqui representa aqueles para os quais se teve acesso à literatura que os descreve. Acredita-se porém que os principais modelos construídos se encontram dentro daqueles descritos nesta revisão.

Espera-se, também, que, cada vez mais, aconteça uma integração dos modelos macroeconométricos com os modelos de insumo-produto, extraindo de cada um deles as vantagens da macroeconomia e da microeconomia e tentado desta forma diminuir a distância que separa as duas teorias.

Outra área que deverá crescer é a de modelagem mundial, principalmente com modelos do tipo GTAP e INFORUM, que são modelos abertos, de fácil uso, e que permitem a incorporação, com facilidade, de novos países ao sistema.

Devido à quantidade de informações e ao desenvolvimento de novas técnicas que permitem cada vez mais explorar as matrizes de insumo-produto, torna-se necessário o desenvolvimento de ferramentas e gráficos que permitam uma melhor visualização da topografia econômica de uma região, assim como a sua comparação com outras regiões.

O estudo do meio ambiente e da administração dos recursos naturais deverá cada vez mais utilizar a teoria de insumo-produto, dado que esta teoria é a mais indicada para a análise setorial, regional, e dos efeitos diretos e indiretos da utilização dos recursos naturais e da geração de poluição.

Devido aos avanços matemáticos e computacionais, em especial na área de *softwares,* certamente, novas teorias serão desenvolvidas, sendo que as mesmas poderão ser testadas, agora, de forma mais rápida.

9.9. Comentários finais

Neste trabalho, foi visto um pouco dos antecedentes da teoria de insumo-produto e de como esta se situa dentro da literatura econômica.

Mais do que isso, ficou patente a necessidade de se seguir a filosofia de Leontief, cuja máxima era a de que a teoria deve ser unida à prática, visando a maior compreensão dos porquês dos fatos.

Esta necessidade de entender cada vez mais os problemas que afligem a economia brasileira faz com que as questões estruturais que preocupam as nações, e em especial o Brasil, aumente. Isto é claramente observado dentro da economia brasileira, quando a preocupação passou da inflação para o problema de desenvolvimento e de integração regional. E conforme demonstrado, a teoria de insumo-produto se mostra a mais adequada, pois se preocupa com o fluxo circular, que engloba a explicação da formação de riquezas e da sua distribuição entre a sociedade.

É sempre bom lembrar que nas análises que são realizadas com as matrizes de insumo-produto:

> *"... coeficientes de insumo-produto 'baseados em valor', muito além de refletirem somente as condições físicas de produção da indústria em questão, geralmente também dependem da distribuição doméstica da renda, dos preços mundiais, das tarifas de importação, e das condições físicas de produção em outras indústrias (e talvez em todas as outras indústrias)."* Steedman (2000, p.229)

REFERÊNCIAS

Adelman, I., e S. Robinson (1978a). *Income Distribution Policies in Developing Countries*. Stanford: Stanford University Press.

Adelman, I., e S. Robinson (1978b). "Income Distribution, Import Substitution, and Growth Strategies in a Developing Country." Em Day, R. H. e A. Cigno (1978) (eds.). *Modeling Economic Change: The Recursive Programming Approach*. Amsterdam: North-Holland.

Adelman, I., e S. Robinson (1988). "Macroeconomic Adjustment and Income Distribution". *Journal of Development Economics*. 29. pp. 23-44.

Ayres, R.A. e A.V. Kneese (1969). "Production, Consumption, and Externalities". *The American Economic Review*. Vol. 59, n.7, pp. 282-297.

Azzoni, C.R., e D.K. Kadota (2000). "An Econometric Input-Output Model for São Paulo State". em Guilhoto, J.J.M. e G.J.D. Hewings (eds) (2000). *Structure and Structural Change in the Brazilian Economy*. Ashgate. No Prelo.

Bandara, J.S. (1991). "Computable General Equilibrium Models for Development Policy Analysis in LDCs". Em *Journal of Economic Surveys*. 5 (1): 3-69.

Baumol, W.J. (2000). "Leontief's Great Leap Forward: Beyond Quesnay, Marx and von Bortkiewicz". *Economic Systems Research.* Vol. 12, N. 2, Junho, pp. 141-152.

Bergman, L. (1990). "The Development of Computable General Equilibrium Modeling". Em Bergman, L., D.W. Jorgenson, e E. Zalai (eds.) (1990). *General Equilibrium Modeling and Economic Policy Analysis*. Oxford: Basil Blackwell.

Bergman, E. e E. Feser (2000). *Industrial and regional Clusters.* em www.rri.wvu.edu/regscbooks.htm.

Bitencourt, M.B. e E.C. Teixeira (2000). "Impactos dos Acordos Rodada Uruguai, Mercosul, Alca e Rodada do Milênio na Triticultura Brasileira - Aplicação do GTAP". *Anais do XXXVIII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural.* Rio de Janeiro, 30 de julho a 5 de agosto.

Blitzer, C.B., P.B. Clark, e L. Taylor (eds.) (1975). *Economy-Wide Models and Development Planning.* Oxford: Oxford University Press.

Bortkiewicz, L. von (1952). "Value and Price in the Marxian System". *International Economic Papers, 2, pp. 5-60.*

Bouhia, H. (1998). "Incorporating Water into the I-O Table". Harvard University. Presented in the World Congress of I-O Techniques. New York. 1998.

Bourguignon, F., W. Branson, e J. Mello (1992). "Adjustment and Income Distribution: a Macro-Micro Framework." *Journal of Development Economics*. 38 (1).

Bullard, C.W. e A.R. Sebald (1988). "Monte Carlo Sensitivity Analysis of Input-Output Models," *Review of Economics and Statistics*, 70:705-712

Bulmer-Thomas, V. (1982). *Input-Output Analysis in Developing Countries: Source, Methods and Applications*. New York: Wiley.

Cantillon, R. (1931). *Essai Sur la Nature du Commerce en Général*. Editado com uma tradução em inglês por H. Higgs. London: Macmillan.

Carter, A.P. (2000). "Book Review". *Economic Systems Research.* Vol. 12, N. 1, pp. 131-133.

Casler, S.D. e P. Blair (1997). "Economic Structure, Fuel Combustion, and Pollution Emissions". *Ecological Economics.* 22, pp.19-27.

Cavalcanti, J. E. A. (1997). "Distribuição Setorial da Renda: Seus Efeitos de Indução na Economia Brasileira". *Pesquisa e Planejamento Econômico*. 27 (1): 141-184. Abr.

Cella, G. (1984). "The Input-Output Measurement of Interindustry Linkages," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. 46:73-84.

Chenery, H. e T.N. Srinivasan (eds.) (1989). *Handbook of Development Economics*. Vol. II. Elsevier Science Publishers.

Clements, B.J. (1990). "On the Decomposition and Normalization of Interindustry Linkages," *Economics Letters*, 33:337-340.

Clements, B.J. e J.W. Rossi (1992). "Ligações Interindustriais e Setores-Chave na Economia Brasileira," *Pesquisa e Planejamento Econômico*. 22:101-124.

Cumberland, J.H. (1966). "A Regional Interindustry Model for the Analysis of Development Objectives". *Regional Science Association Papers*. vol. 16, pp. 69-94.

Daly, H.E. (1968). "On Economics of a Life Science". *Journal of Political Economy.* Vol. 76, pp. 392-407.

Davar, E. (2000). "Leontief and Walras: Input-Output and Reality". *13th International Input-Output Association Conference*. Macerata, Itália, 21 a 25 de agosto.

Decaluwé, B. e A. Martens (1988). "CGE Modeling and Developing Economies. A Concise Empirical Survey of 73 Applications to 26 Countries." *Journal of Policy Modeling*. 10 (4): 529-568.

Dervis, K., J. de Melo, e S. Robinson (1982). *General Equilibrium Models for Development Policy.* Reimpressão. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

Diamond, J. (1976). "Key Sectors in Some Underdeveloped Countries: a Comment," *Kyklos* 4:672-74

Dietzenbacher, E. (1997). "In Vindication of the Ghosh Model: A Reinterpretation as a Price Model". *Journal of Regional Science.* 37(4):629-651.

Dietzenbacher, E. e M.L. Lahr (eds) (2004). *Wassily Leontief and Input-Output Economics.* Cambridge: Cambridge University Press.

Dixon, P.B., B.R. Parmenter, A.A. Powell, P.J. Wilcoxen (1992). *Notes and Problems in Applied General Equilibrium Economics*. Amsterdam: North-Holland.

Dmitriev, V.K. (1974). *Economic Essays on Value, Competition and Utility*. Cambridge: Cambridge University Press.

Doeksen, G.A., e C.H. Little (1968). "Effects of the Size of the Input-Output Models on the Results of an Impact Analysis". *Agricultural Economics Research.* 20 (4). pp. 134-38. October.

Duchin, F. (2000). "International Trade: Evolution in the Thought and Analysis of Wassily Leontief". *13th International Input-Output Association Conference*. Macerata, Itália, 21 a 25 de agosto.

Drud, A., W. Grais, e G. Pyatt (1983). "The Transaction Value Approach to the Formulation and Implementation of Economywide Equilibrium Models." *World Bank Discussion Paper*.

Drud, A., W. Grais, e G. Pyatt (1986). "Macroeconomic Modeling Based on Social-Accounting Principles". *Journal of Policy Modeling*. 8(1): 111-145.

Evans, W.D. (1954) "The Effects of Structural Matrix Errors on Interindustry Relations Estimates," *Econometrica* 22:461-480

Feijó, C.A. et al. (2008). *Contabilidade Social: A Nova Referência das Contas Nacionais do Brasil*. Rio de Janeiro: Campus. 3. Edição.

Fargeix, A. e E. Sadoulet (1994). "A Financial Computable General Equilibrium Model for the Analysis of Stabilization Programs." Em Mercenier e Srinivasan (ed.) (1994). op. cit.. pp. 147-181.

Ferreira Filho, J.B.S. (1995). *MEGABRÁS - Modelo de Equilíbrio Geral Aplicado à Agricultura Brasileira.* Tese de Douturado. FEA-USP.

Ferreira Filho, J.B.S. (1998). *Uma Análise de Equilíbrio Geral dos Impactos da Integração Econômica no Cone Sul sobre a Agricultura Brasileira.* Tese de Livre Docência. DEAS-ESALQ-USP.

Ferreira Filho, J.B.S. (1999). "Trade Liberalization, the Mercosur Integration Process and the Agriculture-Industry Transfers: a General Equilibrium Analysis". *Revista Brasileira de Economia*. 53(4):499-522. Out./Dez..

Fonseca, M.A.R. da, e J.J.M. Guilhoto (1987). "Uma Análise dos Efeitos Econômicos de Estratégias Setoriais". *Revista Brasileira de Economia*. Vol. 41. N. 1. Jan-Mar. pp. 81-98.

Fontela, E. (2000). "Leontief and the Future of the World Economy". *13th International Input-Output Association Conference*. Macerata, Itália, 21 a 25 de agosto.

Furtuoso, M.C.O. e J.J.M. Guilhoto (2000). "A Estrutura Produtiva da Economia Brasileira e o Agronegócio: 1980 a 1995". em Montoya, M.A. e J.L. Parré (eds.) (2000). *O Agronegócio Brasileiro no Final do Século XX*. Passo Fundo: Editora UPF.

Garcia, M. G. P. (1988). "Um Modelo de Consistência Multissetorial para a Economia Brasileira". - *Pesquisa e Planejamento Econômico*. 18 (2): 401-452. Agosto.

Gehrke, C. (2000). "Alfred Kähler's *Die Theorie der Arbeiterfreisetzung durch die Maschine:* an Early Contribution to the Analysis of the Impact of Automation on Workers". *Economic Systems Research.* Vol. 12, N. 2, Junho, pp. 199-214.

Ginsburgh, V.A., e J.L. Waelbroeck (1981). *Activity Analysis and General Equilibrium Modeling*. Amsterdam: North-Holland.

Guilhoto, J.J.M. (1986). *A Model for Economic Planning and Analysis for the Brazilian Economy*. Dissertação de Doutorado. University of Illinois - E.U.A..

Guilhoto, J.J.M (1988). "A Experiência Brasileira com Modelos Computáveis de Equilíbrio Geral". *Textos para Discussão*. N. 175. IEI/UFRJ. Setembro.

Guilhoto, J.J.M. (1995). *Um Modelo Computável de Equilíbrio Geral para Planejamento e Análise de Políticas Agrícolas (PAPA) na Economia Brasileira.* Tese de Livre Docência. ESALQ-USP.

Guilhoto, J.J.M. (1999). "Decomposition & Sinergy: a Study of the Interactions and Dependence Among the 5 Brazilian Macro Regions". (Compact Disc). Dublin: Forfás. *39th Congress of the European Regional Science Association. Dublin, Irlanda*. 23 a 26 de agosto.

Guilhoto, J.J.M, P.H.Z. Conceição, e F.C. Crocomo (1996). "Estruturas de Produção, Consumo, e Distribuição de Renda na Economia Brasileira: 1975 e 1980 Comparados". *Economia & Empresa.* 3(3): 33-46. Jul./Set..

Guilhoto, J.J.M.G., F.C. Crocomo, A.C. Moretto, e R.L. Rodrigues (2000). "The Productive Structure in Brazil and Its 5 Macro Regions - 1985, 1990, and 1995 Compared". em Guilhoto, J.J.M. e G.J.D. Hewings (eds) (2000). *Structure and Structural Change in the Brazilian Economy*. Ashgate. No Prelo.

Guilhoto, J.J.M. e M.A.R. Fonseca (1990). "As Principais Correntes de Modelagem Econômica e o Caso Brasileiro". em *Anais do XII Encontro Brasileiro de Econometria.* Brasília, 3 a 6 de dezembro.

Guilhoto, J.J.M. e M.A.R. Fonseca (1998). "The Northeast and the Rest of Brazil Economies in a Mercosur Context, 1992-2014: An Econometric Inter-regional Input-Output Approach". *Studies in Regional Science*. Vol. 29, N. 1, pp. 171-185. Dezembro.

Guilhoto, J.J.M., G.J.D. Hewings, M. Sonis (1997). "Interdependence, linkages and multipliers in Asia: an international input-output analysis". Apresentado no *5. Summer Institute of the PRSCO of the RSAI*, Nagoya, Japão.

Guilhoto, J.J.M., G.J.D. Hewings, M. Sonis, e J. Guo (1997). "Economic Structural Change Over Time: Brazil and United States Compared". *Economia Aplicada*. 1(1): 35-57. Jan/Mar.

Guilhoto, J.J.M. e U. Sesso Filho (2005). "Estimação da Matriz Insumo-Produto a Partir de Dados Preliminares das Contas Nacionais". *Economia Aplicada*. Vol. 9. N. 2. Abril-Junho. pp. 277-299

Guilhoto, J.J.M., U.A. Sesso Filho (2010). "Estimação da Matriz Insumo-Produto Utilizando Dados Preliminares das Contas Nacionais: Aplicação e Análise de Indicadores Econômicos para o Brasil em 2005". *Economia & Tecnologia*. UFPR/TECPAR. Ano 6, Vol 23, Out./Dez. ISSN 1809-080X.

Guilhoto, J.J.M., M. Sonis, e G.J.D. Hewings (1996). "Linkages and Multipliers in a Multiregional Framework: Integrations of Alternative Approaches". *Discussion Paper 96-T-8. Regional Economics Applications Laboratory*, University of Illinois.

Guilhoto, J.J.M., M. Sonis, e G.J.D. Hewings (1999). "Multiplier Product Matrix Analysis for Inter-regional Input-Output Systems: An Application to the Brazilian Economy". *Proceedings of the Forty-Sixth North American Meeting of the Regional Science Association International*. Montreal, Canadá, 11 a 14 de novembro.

Guilhoto, J.J.M., M. Sonis, G.J.D. Hewings, e E.B. Martins (1994). "Índices de Ligações e Setores-Chave na Economia Brasileira: 1959/80". em *Pesquisa e Planejamento Econômico*. 24 (2). pp. 287-314. Agosto.

Guilhoto, J.J.M., M. Sonis, G.J.D. Hewings, e E.B. Martins (1995). "Linkages, key sectors and structural change: some new perspectives". *The Developing Economies*, v. 33, n.3, Set.

Haddad, E.A. (1999). *Regional Inequality and Structural Changes: Lessons from the Brazilian Experience*. Aldershot:Ashgate.

Heckscher, E. (1919). "The Effect of Foreign Trade on the Distribuition of Income". Em *Readings in the Theory of International Trade,* editado por H.S. Ellis e L.A. Metzler. Homewwood, IL: Richard D. Irwin. pp. 272-300.

Hertel, T.H. (1997). *Global Trade Analysis: Modeling and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.

Hewings, G.J.D. (1972). "Aggregation for Regional Impact Analysis". *Growth and Change*. 2 (1). pp. 15-19. January.

Hewings, G.J.D., e M. Madden (eds) (1995). *Social and Demographic Accounting*. Cambridge: Cambridge University Press.

Hewigns, G.J.D., M. Sonis, e D. Boyce (eds) (2002). *Trade, Networks and Hierarchies: Modeling Regional and Inter-regional Economies.* Berlin: Springer.

Hirschman, A.O. (1958). *The Strategy of Economic Development*. New Haven: Yale University Press.

Isard, W. (1951). "Inter-regional and Regional Input-Output Analysis: A Model of a Space-Economy". *Review of Economics and Statistics*, n.33, p.319-328.

Isard, W.E. (1960). *Methods of Regional Analysis: An Introduction to Regional Science*. Cambridge: MIT Press.

Isard, W.E. et al. (1968). "On the Linkage of the Socieconomic and Ecological Systems". *Regional Science Association Papers*. vol. 21, pp. 79-99.

Isard, W. et. al. (1998). *Methods of Inter-regional and Regional Analysis*. Aldershot: Ashgate Publishing.

Isard, W. e I.J. Azis (1998). "Applied General Inter-regional Equilibrium". Em Isard et. al. (1998). *Op. cit.*.

Isnard, A.N. (1781). *Traité des Richesses. 2 Volumes. London e Lausance: F. Grasset.*

Johansen, L. (1974). *A Multi-Sectoral Study of Economic Growth*. Segunda Edição Ampliada. Amsterdam: North-Holland.

Kadota, D. K. e E. F. S. Prado (1985). "Modelo de Equilíbrio Geral para Análise da Política Industrial". Em *Estudos de Política Industrial e Comércio Exterior*. N. 4. Rio de Janeiro: IPEA/INPES.

Kalecki, M. (1968). *Theory of Economic Dynamics*. New York: Monthly Review Press.

Kalecki, M. (1971). *Selected Essays on the Dynamics of the Capitalist Economy.* Cambridge: Cambridge University Press.

Keynes, J.M. (1964). *The General Theory of Employment, Interest, and Money*. New York: Harcourt.

King, B.B. (1985). "What is a SAM?", em G. Pyatt e J.I. Round, eds. *Social Accounting Matrices: A Basis for Planning*. Washington, DC: World Bank.

Kuczynski, M. e R.L. Meek (eds) (1972). *Quesnay's Tableau Économique.* London: Macmillan.

Kurz, H.D., E. Dietzenbacher, e C. Lager (eds) (1998). *Input-Output Analysis*. Cheltenham: Edward Elgar. 3 Volumes.

Kurz, H.D. e N. Salvadori (2000). "Classical Roots of Input-Output Analysis: a Short Account of its Long Prehistory". *Economic Systems Research.* Vol. 12, N. 2, Junho, pp.153-179.

Labandeira, X. e J.M. Labeaga (2002). "Estimation and control of Spanish energy-related CO_2 emissions: an input-output approach". *Energy Policy*, n.30, p.597-611.

Lager, C. (2000). "Production, Prices and Time: a Comparison of Some Alternative Concepts". *Economic Systems Research.* Vol. 12, N. 2, Junho, pp. 231-253.

Lahr, M.L., e E. Dietzenbacher (2001). *Input-Output Analysis: Frontiers and Extensions*. Houndmills: Palgrave.

Leontief, W. (1928). "Die Wirstschaft als Kreislauf". *Archiv für Sozialwissenschaft und Sozilpolitik.* 60, pp. 577-623.

Leontief, W. (1936). "Quantitative Input-Output Relations in the Economic Systems of the United States". *Review of Economics and Statistics,* 18, pp. 105-25.

Leontief, W. (1944). "Output, Employment, Consumption, and Investment". *Quaterly Journal of Economics.* Vol. 58, n. 2, pp. 290-313.

Leontief, W. (1951). *The Structure of the American Economy*. Segunda Edição Ampliada. New York: Oxford University Press.

Leontief, W. (1952). "Machines and Man". *Scientif American*. Vol. 187, n. 3, pp. 150-160.

Leontief, W. (1953a). "Domestic Production and Foreign Trade: The Capital Position Re-examined". *Proceedings of the American Philosophical Society.* Vol. 97, pp. 332-349.

Leontief, W. (1953b). "Inter-regional Theory". Em *Studies in the Structure of the American Economy*. Leontief, W. et al. (eds) New York: Oxford University Press. pp. 93-115.

Leontief, W. (1966). *Input-Output Economics.* New York: Oxford University Press.

Leontief, W. (1970). "Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach". *The Review of Economics and Statistics*. Vol. 52, N. 3, pp. 262-271.

Leontief, W. (1975). "Structure of the World Economy - Outline of a Simple Input-Output Formulation". *Proceedings of the IEEE*. vol. 63, n. 3, pp. 345-350.

Leontief, W. (1986). *Input-Output Economics*. Segunda Edição. New York: Oxford University Press.

Leontief, W. (1987). "Input-Output Analysis". em Eatwell, J., M. Milgate, e P. Newman (eds.). *The New Palgrave. A Dictionary of Economics*, vol. 2., pp.860-64.

Leontief, W. (1991). "The Economy as a Circular Flow". *Structural Change and Economic Dynamics*, 2, pp. 177-212.

Leontief, W., A.P. Carter, e P. Petri (1977). *The Future of the World Economy*, New York: Oxford University Press.

Leontief, W. e F. Duchin (1986). *The Future of Automation Workers*. New York: Oxford University Press.

Leontief, W. e D. Ford (1972). "Air Pollution and the Economic Structure: Empirical Results on Input-Output Computations". Em *Input-Output Techniques*, editado por A. Bródy e A.P. Carter. Amsterdam: North Holland, pp. 9-30.

Leontief, W. e A. Strout (1963). "Multiregional Input-Output Analysis". Em *Structural Interdependence and Economic Development".* Editado por T. Barna. New York: St. Martin's Press. pp. 119-150.

Leontief, W. et al. (1965). "The Economic Impact - Industrial and Regional - of an Arms Cut". *The Review of Economics and Statistics*. Vol. 47, n.3, pp. 217-241.

Lewis, J.D. (1994). "Macroeconomic Stabilization and Adjustment Policies in a General Equilibrium Model with Financial Markets: Turkey." Em Mercenier e Srinivasan (ed.) (1994). op. cit.. pp. 101-136.

Lima, P.V.P.S. et al. (2000). "Mudanças Cambiais Versus Mudanças Tarifárias: Resultados sobre a Ótica do MIBRA-USP, um Modelo Inter-regional de Equilíbrio Geral da Economia Brasileira". *Mimeo*. DEAS-ESALQ-USP.

Lysy, F. J. e L. Taylor (1980). "A General Equilibrium Income Distribution Model for Brazil." Em Taylor, L., et al. (1980). *Models of Growth and Distribution for Brazil*. New York: Oxford University Press.

Machado, G.V. (2000). "Energy Use, CO_2 Emissions and Foreign Trade: An IO Approach Applied to the Brazilian Case". *13th International Input-Output Association Conference*. Macerata, Itália, 21 a 25 de agosto.

Manne, A. S. (1974). "Multi-Sector Models for Development Planning: A Survey." Journal of Development Economics, 1(1), pp. 43-69, Junho.

Marx, K. (1956). *Capital,* vol II. Moskow: Progress Publishers

McGilvray, J. (1977) "Linkages, Key sectors and Development Strategy". In W. Leontief (ed.) *Structure, System and Economic Policy*. Cambridge, University Press, pp. 49-56.

Melo, J. (1988). "Computable General Equilibrium Models for Trade Policy Analysis in Developing Countries: A Survey". *Journal of Policy Modeling*. 10(4): 469-503.

Mercenier, J. e M.C.S. Sousa (1994). “Structural Adjustment and Growth in a Highly Indebted Market Economy: Brazil”. Em Mercenier e Srinivasan (ed.) (1994). op. cit.. pp. 281-310.

Mercenier, J. e T.N. Srinivasan (ed.) (1994). *Applied General Equilibrium and Economic Development: Present Achievements and Future Trends*. Ann Arbor: The University of Michigan Press.

Miller, R.E. (1998). “Regional and Inter-regional Input-Output Analysis”. Em Isard et. al. (1998). *Op. cit.*.

Miller, R.E., e P.D. Blair (1985). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Miller, R.E., e P.D. Blair (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. 2. Edição. Cambrige: Cambridge University Press.

Miller, R.E., K.R. Polenske, e A.Z. Rose (eds.) (1989). *Frontiers of Input-Output Analysis*. New York: Oxford University Press.

Miyazawa, K. (1960). “Foreign Trade Multiplier, Input-Output Analysis and the Consumption Function”. *Quarterly Journal of Economics.* Vol. 74 (1). Fev..

Miyazawa, K. (1976). *Input-Output Analysis and the Structure of Income Distribution*. Berlin: Springer-Verlag.

Montoya, M.A. (1998). *A Matriz de Insumo-Produto Internacional do Mercosul em 1990: a Desigualdade Regional e o Impacto Interssetorial do Comércio Inter-regional.* Tese de Doutorado. ESALQ-USP.

Moreira, A.R.B. (1992). “Um Modelo Multissetorial de Consistência da Economia Brasileira”. *Pesquisa e Planejamento Econômico*. 22(3). pp. 401-436. Dezembro.

Moreira, A.R.B., e A. Urani (1993). *Um Modelo Multissetorial de Consistência para a Região Nordeste*. Projeto BNB/IPEA. Relatório Final.

Moretto, A.C. e J.J.M. Guilhoto (1999). “Synergetic Interactions among Four Regions in the State of Paraná, Brazil: An Inter-regional Input-Output Analysis”. *Proceedings of the Forty-Sixth North American Meeting of the Regional Science Association International*. Montreal, Canadá, 11 a 14 de novembro.

Morimoto, Y. (1970). “On Aggregation Problems in Input-Output Analysis”. *Review of Economic Studies,* 37 (109), pp 119-26, January.

Najberg, S., F.J.Z. Rigolon, S.P. Vieira (1995). “Modelo de Equilíbrio Geral Computável como Instrumento de Política Econômica: Uma Análise de Câmbio X Tarifas”. *Textos para Discussão n. 30*. Rio de Janeiro: BNDES.

Ohlin, B. (1933). *Inter-regional and International Trade*. Cambridge: Harvard University Press.

Park, S. (1974). "On Input-Output Multipliers with Errors in Input-Output Coefficients." *Journal of Economic Theory* 6:399-403.

Pereira, A.M., e J.B. Shoven (1988). “Survey of Dynamic Computational General Equilibrium Models for Tax Policy Evaluation”. *Journal of Policy Modeling*. 10(3): 401-436.

Petty, W. (1986). *A Treatise of Taxes and Contributions*. Cambridge: Cambridge University Press.

Polenske, K.R. (1980). *The U.S. Multiregional Input-Output Accounts and Model*. Lexington, MA: Lexington Books, D.C. Heath and Company.

Polenske, K.R. (2000). “Leontief’s Magnificent Machine and Other Contribuitions to Applied Economics”. *13th International Input-Output Association Conference*. Macerata, Itália, 21 a 25 de agosto.

Pyatt, G. (1988). “A SAM Approach to Modeling”. *Journal of Policy Modeling*. 10 (3): 327-352.

Pyatt, G. e J.I. Round, eds. (1985). *Social Accounting Matrices: A Basis for Planning*. Washington, DC: World Bank.

Rasmussen, P. (1956). *Studies in Intersectoral Relations*. Amsterdam: North Holland.

Rey, S.J. (1997). “Integrating Econometric and Input-Output Models in a Multiregional Context”. *Growth and Change*. 28(2): 222-243.

Rey, S.J. (1998). “The Performance of Alternative Integration Strategies for Combining Regional Econometric and Input-Output Models”. *Inter-regional Regional Science Review,* 21(1): 1-36.

Ricardo, D. (1982). *On the Principles of Political Economy and Taxation.* Cambridge: Cambridge University Press.

Rijckeghem, W. van (1969). "A Intersectoral Consistency Model for Economic Planning in Brazil." Em Ellis, H. S. (1969) (ed.). *The Economy of Brazil*. Berkeley e Los Angeles: University of California Press. pp. 376-402.

Robinson, S. (1989). “Multisectoral Models”. Em Chenery e Srinivasan (eds.). op. cit. pp. 886-947.

Robinson, S. e D.W. Roland-Holst (1988). “Macroeconomic Structure and Computable General Equilibrium Models”. *Journal of Policy Modeling*. 10(3). pp. 353-375.

Rodrigues, R.L. e J.J.M. Guilhoto (1999). “Agricultural Cooperatives and the Economic Development of the Paraná State, Brazil (1985-1995): An Input-Output Analysis”. *Proceedings of the Forty-Sixth North American Meeting of the Regional Science Association International*. Montreal, Canadá, 11 a 14 de novembro.

Rodrigues, R.L., S.F.R. Silveira, A. Sampaio, e J.J.M. Guilhoto (1998). “DMR-BR: Um Modelo Aplicável de Equilíbrio Geral Utilizado para Análise dos Efeitos de Políticas Econômicas no Brasil”. *Pesquisa e Planejamento Econômico.* 28(1): 161-208. Abr.

Round, J.I. (1983). “Nonsurvey techniques: a critical review of the theory and the evidence”. *International Regional Science Review*, v. 8, n. 3, p. 189-212, 1983.

Rose, A. e W. Miernyk (1989). “Input-Output Analysis: The First Fifty Years”. *Economic Systems Research,* 1, pp. 229-71.

Sampaio, A.V. (2000). *Análise da Agricultura Utilizando Multiplicadores da Matriz de Contabilidade Social (SAM), 1985-1995.* Tese de Doutorado. DEAS-ESALQ-USP.

Scarf, H.E. e T. Hansen (1973). *The Computation of Economic Equilibrium*. New Haven, CT: Yale University Press.

Scarf, H.E., e J.B. Shoven (1984) (eds.). *Applied General Equilibrium Analysis.* New York: Cambridge University Press.

Schaffer, W. e K. Chu (1969). “Nonsurvey Techniques for Constructing Regional Interindustry Models”. *Papers, Regional Science Association.* 23. pp. 83-101.

Sherman, J. e W. Morrison (1949). "Adjustment of an Inverse Matrix to Changes in the Elements of a Given Column or a Given Row in the Original Matrix." *Annals of Mathematical Statistics*, 20:621

Sherman, J. e W. Morrison (1950). "Adjustment of an Inverse Matrix Corresponding to a Change in One Element of a Given Matrix." *Annals of Mathematical Statistics*, 21:124-127

Shoven, J.B., e J. Whalley (1984). "Applied General-Equilibrium Models of Taxation and International Trade: An Introduction and Survey." *Journal of Economic Literature*, vol XXII, pp. 1007-1051. Setembro.

Shoven, J.B, e J. Whalley (1992). *Applying General Equilibrium*. Cambridge Surveys of Economic Literature. Cambridge: Cambridge University Press.

Simonovits, A. (1975). "A Note on the Underestimation and Overestimation of the Leontief Inverse." *Econometrica*, 43:493-498

Smith, A. (1965). *The Whealt of Nations*. New York: The Modern Library.

SNA (1993). *System of National Accounts.* Rev. 4. Brussels: Commission of the European Communities. 711p.

Sonis, M. e G.J.D. Hewings (1989). "Error and Sensitivity Input-Output Analysis: a New Approach." Em R.E. Miller, K.R. Polenske e A.Z. Rose (eds.) *Frontiers of Input-Output Analysis*. New York, Oxford University Press.

Sonis, M. e G.J.D. Hewings (1995) *Fields of Influence in Input-Output Systems*, unpublished manuscript, Regional Economics Applications Laboratory, Urbana, Illinois

Sonis, M. e G.J.D. Hewings (1999) "Economic Landscapes: Multiplier Product Matrix Analysis for Multiregional Input-Output Systems," *Hitotsubashi Journal of Economics*, v. 40, n. 1, p. 59-74, June.

Sonis, M., G.J.D. Hewings, e J. Guo (1997). "Input-Output Multiplier Product Matrix". *Discussion Paper 94-T-12*. Regional Economics Applications Laboratory. Urbana: University of Illinois.

Sousa, M. C. S. (1985). "Impactos de Políticas Econômicas Alternativas sobre o Desempenho na Agricultura: Uma Análise de Equilíbrio Geral". *Estudos Econômicos*. 15 (1): 109-125. Jan./Abr..

Sousa, M. C. S. (1987a). "Proteção, Crescimento e Distribuição de Renda no Brasil: uma Abordagem de Equilíbrio Geral. *Revista Brasileira de Economia*. 41(1): 99-116. Jan./Mar..

Sousa, M. C. S. (1987b). "Avaliação Econômica do Programa Nacional do Álcool (Proálcool): uma Análise de Equilíbrio Geral". *Pesquisa e Planejamento Econômico*. 17(2): 381-410. Agosto.

Sousa, M. C. S., e A. B. Hidalgo (1988). "Um Modelo de Equilíbrio Geral Computável para o Estudo de Políticas de Comércio Exterior no Brasil". *Pesquisa e Planejamento Econômico*. 18(2): 379-400. Agosto.

Steedman, I. (2000). "Income Distribution, Foreign Trade and the Value-Added Vector". *Economic Systems Research.* Vol. 12, N. 2, Junho, pp. 221-230.

Stone, R. (1981). *Aspects of Economic and Social Modeling.* Geneva: Librairie Droz.

Stone, R. (1984). "Input-Output Analysis and Economic Planning: A Survey." *Revista de Econometria*, IV(I): 65-109, Abril.

Taylor, L. (1975). "Theoretical Foundations and Technical Implications." Em Blitzer, Clark, e Taylor (1975) (eds.), op. cit., pp. 33-110.

Ten Raa, T. (2005). *The Economics of Input-Output Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.

Teixeira, E.C. (1998). "Impact of the Uruguay Round Agreement and Mercosul on the Brazilian Economy". *Revista Brasileira de Economia.* 52 (3). pp. 441-462. Jul/Set.

Torrens, R. (1820). *An Essay on the Influence of the External Corn Trade upon the Production and Distribuion of National Wealth*. Segunda edição. London: Hatchard.

Tsukui, J. e Y. Murakami (1979). *Turnpike Optimality in Input-Output Systems: Theory and Application for Planning.* Amsterdam: North-Holland.

Urani, A. (1993). “Políticas de Estabilização e Equidade no Brasil: Uma Análise Contrafactual - 1981/83”. Em *Pesquisa e Planejamento Econômico*. 23 (1): 65-98. Abril.

Van der Linden, J., J. Oosterhaven, F. Cuello, G.J.D. Hewings, e M. Sonis. (1993) "Fields of Influence of Technological Change in EC Intercountry Input-Output Tables 1970-1980" *Working Paper* 93-T-13 Regional Economics Applications Laboratory, University of Illinois, Urbana.

Vanek, J. (1968). “The Factor Proportions Theory: the N-Factor Case”. *Kyklos*. Vol. 21, n.4, pp. 749-756.

West, G.R. (1995). “Comparison of Input-Output, Input-Output + Econometric and Computable General Equilibrium Models at the Regional Level. *Economic Systems Research*, 7(2): 209-227.

West, G.R. (1998). “The Integration of Regional Input-Output/Econometric and Applied General Equilibrium Models: Some Conceptual Issues”. Paper presented at the *Seminar on Regional Economic Modelling in Honour of the Late Philip Israilevich*. Federal Reserve Bank of Chicago, Illinois, November.

West, G.R. and Jackson, R.W. (1999). “Input-Output+Econometric and Econometric+Input-Output: Model Differences or Different Models?”. *Journal of Regional Analysis and Policy*. 28(1).

Werneck, R. L. F. (1984). "Desequilíbrio Externo e Reorientação do Crescimento e dos Investimentos na Economia Brasileira." *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 14(2): 311-352, Agosto.

Williamson, R.B. (1970). “Simple Input-Output Models for Area Analysis”. *Land Economics*. 46 (3). pp. 333-38. March.

Willumsen, M.J.F., e R. Cruz (1990). “O Impacto das Exportações Sobre a Distribuição de Renda no Brasil”. *Pesquisa e Planejamento Econômico*. 20(3). pp. 557-580. Dezembro.