

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DE RIBEIRÃO PRETO - DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MICHAEL MOURA MARTINS

**GRAU DE INTERDEPENDÊNCIA E SETORES-CHAVE DA ECONOMIA
BRASILEIRA CONTEMPORÂNEA: UM ESTUDO FUNDAMENTADO NA ANÁLISE
DE REDES**

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Chibebe Nicolella

RIBEIRÃO PRETO
2009

Prof^a. Dr^a. SUELY VILELA
Reitora da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Rudinei Toneto Júnior
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Prof. Dr. Walter Belluzzo Júnior
Chefe do Departamento de Economia

MICHAEL MOURA MARTINS

**GRAU DE INTERDEPENDÊNCIA E SETORES-CHAVE DA ECONOMIA
BRASILEIRA CONTEMPORÂNEA: UM ESTUDO FUNDAMENTADO NA ANÁLISE
DE REDES**

Dissertação apresentada ao Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Nicolella

RIBEIRÃO PRETO
2009

Martins, Michael Moura

Grau de interdependência e setores-chave da economia brasileira contemporânea: um estudo fundamentado na análise de Redes / Michael Moura Martins; orientador Alexandre Chibebe Nicolella, Ribeirão Preto, 2009, 90 p.

Dissertação de mestrado apresentada ao Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

1. Matriz Insumo-Produto. 2. Redes. 3. Dependência Intersetorial.

FOLHA DE APROVAÇÃO

MICHAEL MOURA MARTINS

Grau de interdependência e setores-chave da economia brasileira contemporânea: um estudo fundamentando na análise de Redes

Dissertação apresentada ao Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Economia Aplicada

Aprovado em: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

À Gabriela, minha esposa, com muito amor, carinho, admiração e gratidão por sua compreensão, ajuda, presença e incansável dedicação ao longo do período em que estamos juntos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a minha família, em especial aos meus pais (Maria de Lourdes e Juraci), aos meus tios (Adriana e Fulgêncio) e ao meu irmão (Nathan), por todo amor, carinho e compreensão que recebi durante todos os anos de minha vida. Agradeço, também, e de forma especial, a minha esposa Gabriela que esteve ao meu lado em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis. A todos estes reservo meu coração.

Também, não poderia deixar de agradecer o meu professor e orientador Alexandre. Por ele tenho profundo respeito e, principalmente, gratidão. Além disso, agradeço ao meu professor Jaylson, a quem devo a idéia e a realização da maior parte deste trabalho.

Além disso, agradeço aos meus amigos (Adriano, Eduardo, Elton, Evandro, Fabrício, Glauber, Guto, Heverton, Jáder, Leandro, Márcio, Ricardo, Rodrigo, Ronaldo e Victor). A eles guardo o respeito e o carinho adquiridos durante todo o tempo em que convivemos.

A todas as pessoas aqui citadas devo todas as conquistas que obtive ao longo de toda a minha vida e, por isso, sou e sempre serei extremamente grato.

RESUMO

MARTINS, Michael M. **Grau de interdependência e setores-chave da economia brasileira contemporânea: um estudo fundamentando na análise de redes.** 90 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

Este trabalho mostra como a teoria sobre redes sociais pode ser útil para se realizar análises de dependência intersetorial. Mais especificamente, este trabalho busca identificar os setores produtivos que exercem maior poder de influência - seja de forma positiva ou negativa – sobre o sistema econômico nacional, ou seja, os setores-chave da economia brasileira. Para tanto, utiliza-se como base a matriz brasileira de insumo-produto de 1996 atualizada com dados do sistema de contas nacionais referentes ao ano de 2002. Sob uma perspectiva da teoria sobre redes sociais e com o uso do *software* UCINET, foram criadas duas redes que representassem as relações dos setores produtivos da economia brasileira: a primeira enfatiza as origens dos insumos utilizados pelo sistema produtivo nacional, já a segunda destaca os destinos desses insumos. Com essas redes – somadas aos cálculos de índices oriundos dessa mesma teoria – concluiu-se que os setores que mais impactam sobre o sistema produtivo brasileiro e, portanto, merecedores de atenção especial por parte dos formuladores de políticas econômicas são: Famílias, Agropecuária, Resto do Mundo, Refino de Petróleo e Construção Civil. Além disso, também, concluiu-se que as redes que representam os setores brasileiros são: densas, possuem baixas distâncias geodésicas, apresentam elevados coeficientes de cluster e têm graus de centralidade elevados, o que faz com que as oscilações de produção em determinado setor produtivo se propague pelo resto da economia rapidamente.

Palavras-chave: análise insumo-produto. redes. dependência intersetorial.

ABSTRACT

MARTINS, Michael M. **Degree of interdependence and key sectors of the contemporary Brazilian economy: a study based on analysis of networks.** 90 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

This work shows how the theory on social networks can be useful for analysis of interdependence. More specifically, this work seeks to identify the productive sectors that have more power of influence - is a positive or negative - on the national economic system, ie the key sectors of the Brazilian economy. For both, were used as the base matrix of input-output Brazilian 1996 updated with data from the system of national accounts for the year 2002. From a perspective of the theory on social networks and with using the software UCINET, two networks were created that represented the relationship of the productive sectors of the Brazilian economy: the first emphasizes the origins of the inputs used by the national productive system and the second highlights the destinations these inputs. With these networks - added to the calculations of indices from that theory - it was concluded that the sectors that exert greater powers of influence on the Brazilian productive system, and therefore deserving of special attention by policy-makers are economic: Families, Agricultural, Rest of the World, Oil Refining and Construction. In addition, it was concluded that the networks that represent the sectors Brazilians are dense, have low geodesic distances, have high coefficients of cluster and have high degrees of centrality, which means that fluctuations of output in a productive sector spreads rapidly through the rest of the economy.

Key-words: input-output analysis. networks. intersectorial dependence.

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Exemplo de uma matriz adjacente.....	67
Tabela 4.2 – Medidas de conexões dos setores fornecedores de insumos.....	68
Tabela 4.3 – Medida de densidade: foco nos fornecedores de insumos.....	69
Tabela 4.4 – Distância geodésica: foco nos fornecedores de insumos.....	88
Tabela 4.5 – Número de caminhos que ligam os setores fornecedores de insumos.....	89
Tabela 4.6 – Análise de clusters: foco nos fornecedores de insumos.....	71
Tabela 4.7 – Centralidade: foco nos fornecedores de insumos.....	72
Tabela 4.8 – Medidas de conexões dos setores compradores de insumos.....	78
Tabela 4.9 – Medida de densidade: foco nos compradores de insumos.....	79
Tabela 4.10 – Distância geodésica: foco nos compradores de insumos.....	90
Tabela 4.11 – Número de caminhos que ligam os setores compradores de insumos.....	91
Tabela 4.12 – Análise de clusters: foco nos compradores de insumos.....	80
Tabela 4.13 – Centralidade: foco nos compradores de insumos.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Tabela simplificada de insumo-produto.....	19
Figura 2.2. Estrutura da tabela de recursos de bens e serviços.....	28
Figura 2.3. Tabela de recursos e demanda final.....	29
Figura 3.1. Redes de amigos.....	49
Figura 3.2. Redes de regulares.....	51
Figura 3.3. Estrutura centro-periferia.....	52
Figura 3.4. Rede de Grupo Exclusivo Regulares.....	52
Figura 3.5. Rede de Grupo Dominantes.....	53
Figura 3.6. Rede Linha Regulares.....	53
Figura 3.7. Exemplo de uma rede empírica: rede de amigos.....	54
Figura 4.1. Rede de relações intersetoriais: foco nos fornecedores de insumos.....	62
Figura 4.2. Setores que possuem relações de grau 1 com o resto do mundo.....	64
Figura 4.3. Rede de grupos semelhantes: foco nos fornecedores de insumos.....	66
Figura 4.4. Rede de relações intersetoriais: foco nos compradores de insumos.....	73
Figura 4.5. Setores que possuem relações de grau 1 com o setor construção civil.....	74
Figura 4.6. Setores que possuem relações de grau 1 com as famílias.....	75
Figura 4.7. Setores que possuem relações de grau 1 com o resto do mundo.....	76
Figura 4.8. Rede de grupos semelhantes: foco nos compradores de insumos.....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1. Seções da Tabela de Insumo-Produto.....	21
Quadro 2.2. Identidades Fundamentais da Tabela Insumo-Produto.....	29
Quadro 2.3. Representação da Tabela de Usos dos Bens e Serviços.....	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. ANÁLISE INSUMO-PRODUTO E INTERDEPENDÊNCIA SETORIAL.....	18
2.1. Estrutura Básica de uma Tabela de Insumo-Produto.....	18
2.2. Modelo de Leontief.....	22
2.3. Matriz Brasileira de Insumo-Produto.....	25
2.3.1. Estrutura da Matriz Brasileira de Insumo-Produto.....	26
2.3.2. Método de Atualização da Matriz Insumo-Produto.....	32
3. MÉTODOS DE ANÁLISE DA INTERDEPENDÊNCIA SETORIAL.....	37
3.1. Índices “Clássicos” de Análise Intersetorial.....	37
3.1.1. Índice de Rasmussem-Hirschan.....	37
3.1.2. Índice de Cella-Clements.....	39
3.1.3. Índice Puro de Ligações Intersetoriais.....	42
3.1.4. O Enfoque do Campo de Influência.....	46
3.2. Conceitos, Características Estruturais e Taxonomia de Redes.....	48
4. ANÁLISE DA DEPENDÊNCIA INTERSETORIAL DA ECONOMIA BRASILEIRA.....	61
4.1. Dependência Intersetorial: foco no fornecimento dos insumos.....	61
4.2. Dependência Intersetorial: foco nas compras dos insumos.....	72
5. CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS	88

1. INTRODUÇÃO

De forma geral, estudos sobre as estruturas de produção das economias nacionais, através da matriz insumo-produto têm como questão principal a interdependência setorial. Numa economia, nem todo setor produtivo está relacionado com os demais da mesma maneira. Alguns dependem de um grande número de setores, enquanto outros transacionam somente com poucos. Logo, mudanças em alguns setores produtivos resultarão em maiores efeitos de repercussão do que as ocorridas em outros. Sendo assim, é importante observar atentamente os setores econômicos que têm maior probabilidade de exercer grande influência sobre a economia como um todo afim de que se possa, por exemplo, tomar decisões adequadas com antecedência de modo a evitar flutuações econômicas indesejáveis. Em geral, a técnica padrão utilizada para esse tipo de estudo é a triangularização da matriz insumo-produto, que consiste na troca de posições entre as linhas e as colunas de maneira que se possa obter uma matriz triangular¹.

Fukui (1986) mostrou a importância da técnica de triangularização para o estudo das relações entre os setores produtivos, bem como realizou a triangularização das tabelas de insumo-produto de quatro países desenvolvidos (Estados Unidos, Itália, Noruega e Japão) e de dois países em desenvolvimento (Índia e Coréia do Sul). Os resultados sugeriram que os setores produtivos desses diversos países podem ser ordenados de maneira parecida, o que implica numa similaridade entre suas estruturas de produção. Outro trabalho desse gênero foi realizado por Takahiro e Mitsuhiro (2002), no qual, por meio do levantamento das relações intersetoriais, foram analisados os efeitos das políticas econômicas do governo japonês sobre a produção industrial da região de Kyushu. Os autores concluíram que os investimentos realizados pelo governo japonês nos setores básicos da economia desta região aumentaram a integração e a

¹ Para maiores detalhes sobre a técnica de triangularização de matrizes, ver Yan (1965, p. 299-310).

interdependência entre os setores locais e, conseqüentemente, diminuiu a dependência que essa região apresentava em relação a fornecedores de insumos de regiões mais distantes. Por fim, Midmore, Munday e Roberts (2006) mostraram que a ênfase qualitativa sobre as tabelas de insumo-produto é importante para a identificação dos setores-chave² de uma economia e, portanto, para a implementação de políticas de fomento ao desenvolvimento econômico.

No âmbito brasileiro, Clements e Rossi (1992) utilizam-se da matriz de insumo-produto referente ao ano de 1980 para identificar os setores produtivos que possuíam o maior poder de influência sobre a economia como um todo. Além disso, contrariando o censo comum da época, verificaram que não existia nenhuma relação entre o grau de modernização do setor produtivo e seu poder de influência sobre a economia. Outro trabalho nesse sentido foi desenvolvido por Guilhoto, Sonis e Hewings (1994), no qual os autores, por meio da utilização das matrizes brasileiras de insumo-produto dos anos de 1959, 1970, 1975 e 1980, calcularam diversos índices de ligações setoriais e identificaram alguns dos setores-chave da economia brasileira. Por fim, Rodrigues, *et al.* (2007), através da estimação de matrizes de insumo-produto e do cálculo de índices de ligações intersetoriais, realizaram um estudo sobre a evolução da estrutura produtiva da economia paranaense durante as décadas de 1980 e 1990 e identificaram os setores-chave da mesma. Além disso, eles também verificaram a existência de uma tendência de diversificação da estrutura produtiva do Estado do Paraná e de uma maior abertura comercial.

Da mesma forma que os trabalhos anteriores, almeja-se aqui realizar um estudo acerca da interdependência dos setores produtivos brasileiros. Para tanto, será utilizada a matriz de insumo-produto atualizada para o ano de 2002 e a teoria sobre redes sociais. Nas últimas duas

² Neste contexto são considerados como setores-chave de uma economia os setores produtivos que afetam esta economia com maior intensidade. Seja de forma positiva ou negativa.

décadas um número importante de fenômenos econômicos e sociais – crimes, indústrias, inovações tecnológicas, difusão do conhecimento, religião, sexo etc – têm sido estudados através do conceito de redes³. Por exemplo, Conley e Udry (2005) utilizaram o conceito de redes para mostrar como os padrões de conexão entre os agentes econômicos podem afetar a difusão das inovações tecnológicas por toda a sociedade. Glaeser, Sacerdote e Scheinkman (1996) utilizaram o conceito de redes para argumentar que as interações sociais entre vizinhos podem afetar o nível de atividade criminosa. Granovetter (1994a) mostra como um agente pode obter vantagens no mercado de trabalho através da rede em que o mesmo está inserido. Duflo e Saez (2003) argumentam que as interações numa rede social podem afetar as políticas de fomento do governo. Por fim, Fafchamps, Goyal e Van der Leij (2006), com base em artigos publicados em revistas econômicas durante os últimos 30 anos, afirmam que as diferenças de produtividade entre os autores devem-se a forma com que cada autor está conectado à rede do conhecimento. De forma que, trabalhos de co-autoria tenderiam a se propagar com maior rapidez pelo meio acadêmico se comparados aos trabalhos realizados de forma individual.

De forma mais precisa, pode-se dizer que este trabalho tem como objetivo principal identificar os setores produtivos que contribuem de maneira mais acentuada para o desenvolvimento econômico, ou seja, os setores-chave da economia brasileira contemporânea. Para tanto será analisada a matriz brasileira de insumo-produto de 1996 atualizada com dados do sistema de contas nacionais referente ao ano de 2002 sob uma perspectiva da teoria das redes sociais. Além disso, como objetivos específicos, busca-se fazer uma resenha dos principais métodos e medidas utilizadas pela teoria das redes sociais na análise de redes empíricas; aplicar métodos e calcular medidas oriundas da literatura de redes sociais à matriz de insumo-produto

³ Além desses tipos de fenômenos o conceito de redes também tem sido amplamente aplicado em diversas outras áreas, tais como: física, química, biologia, matemática etc.

brasileira de 2002.

Para atingir os objetivos acima, a presente dissertação está estruturada em três capítulos. No primeiro apresentar-se-á a estrutura básica da tabela brasileira de insumo-produto e o Modelo de Leontief que se pode extrair da mesma. No segundo, serão apresentados alguns dos métodos “clássicos” de análise intersetorial e as possíveis aplicações e limitações da teoria sobre redes frente à complexidade dos sistemas econômicos empíricos. Por fim, no último capítulo serão identificados os setores-chave da economia brasileira contemporânea mediante ao cálculo de medidas/índices oriundas da literatura de redes sociais.

2. ANÁLISE INSUMO-PRODUTO E A INTERDEPENDÊNCIA SETORIAL

O estudo de tabelas de insumo-produto tem-se apresentado como um importante instrumento de análise de políticas econômicas, principalmente, no que diz respeito à políticas setoriais. Dada essa importância, no presente capítulo será apresentada a estrutura contábil geral de uma tabela de insumo-produto, bem como o Modelo de Leontief que pode ser construído a partir dela. Ademais, mostrar-se-á como se dá a construção da matriz de insumo-produto brasileira.

2.1. A Estrutura Básica de uma Tabela de Insumo-Produto

A tabela de insumo-produto é uma estrutura contábil que descreve os fluxos de bens e serviços num determinado intervalo de tempo, mostrando as transações (compras e vendas) entre os setores produtivos e a demanda final, bem como entre os setores e outros consumidores (outros setores produtivos, resto do mundo etc).

Na Figura 2.1 é apresentada uma tabela de insumo-produto. Mesmo sendo uma tabela simplificada com certos lançamentos altamente agregados e certas transações menores omitidas, nela aparecem as identidades fundamentais da contabilidade de insumo-produto. Essas são obtidas somando horizontalmente cada linha e verticalmente cada coluna. Por exemplo, a linha i da tabela mostra o destino da produção bruta do setor i (X_i), ou seja, as vendas do setor i destinadas para cada setor j (X_{ij}), para o consumo final (C_i), para o investimento privado (I_i), para o governo (G_i) e para as exportações (E_i), em suma:

$$X_i = \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \right) + C_i + I_i + G_i + E_i, \quad \text{com } i = 1, 2, \dots, n, \quad (2.1)$$

em que $\sum_{j=1}^n X_{ij}$ é a demanda intermediária pelos produtos do setor i e $C_i + I_i + G_i + E_i$

corresponde a demanda final.

Figura 2.1. Tabela Simplificada de Insumo-Produto.

De	Para	Setores Compradores 1 j n	Demanda Final			Exportações	Produto Total
			Famílias	Investimento	Governo		
Setores Vendedores	1	$X_{11} \dots X_{1j} \dots X_{1n}$	$C_1 \dots \dots \dots I_1 \dots \dots \dots G_1$	E_1	X_1		
		
		
		
	i	$X_{i1} \dots X_{ij} \dots X_{in}$	$C_i \dots \dots \dots I_i \dots \dots \dots G_i$	E_i	X_i		
.			
.			
.			
n	$X_{n1} \dots X_{nj} \dots X_{nn}$	$C_n \dots \dots \dots I_n \dots \dots \dots G_n$	E_n	X_n			
Trabalho		$L_1 \dots \dots L_j \dots \dots L_n$	L_C	L_I	L_G	L_E	L
Outro valor adicionado		$V_1 \dots \dots V_j \dots \dots V_n$	V_C	V_I	V_G	V_E	V
Importações		$M_1 \dots \dots M_j \dots \dots M_n$	M_C	M_I	M_G	-	M
Dispêndio bruto total		$X_1 \dots \dots X_j \dots \dots X_n$	C	I	G	E	X

Fonte: Richardson (1978, p. 35).

Por sua vez, a coluna j mostra a origem das compras do setor j . Ou seja, as compras realizadas pelo setor j em cada setor i da economia (X_{ij}), as compras de insumos primários (trabalho, capital etc) e as importações. Na tabela de insumo-produto da Figura 2.1 o valor agregado dos insumos primários está dividido em apenas dois componentes: pagamentos ao trabalho (L_j) e todos os outros pagamentos (V_j). Somando verticalmente os componentes da coluna j obtém-se as compras totais do setor j :

$$X_j = \left(\sum_{i=1}^n X_{ij} \right) + L_j + V_j + M_j, \quad \text{com } j=1,2,\dots,n, \quad (2.2)$$

na qual $\sum_{i=1}^n X_{ij}$ é o consumo intermediário do setor j e M_j são as compras realizadas pelo setor j junto ao resto do mundo (importações). Como os valores totais das compras e das vendas de cada um dos setores produtivos devem ser iguais, tem-se então que:

$$\sum_{i=1}^n X_i = \sum_{j=1}^n X_j. \quad (2.3)$$

Assim, todos os fluxos intermediários podem ser cancelados, de maneira que:

$$L + V + M = C + I + G + E. \quad (2.4)$$

Rearranjando, obter-se-á a tradicional identidade da contabilidade social entre renda bruta e produto bruto,

$$L + V = C + I + G + (E - M), \quad (2.5)$$

na qual a soma total das remunerações dos fatores de produção é igual ao valor total de bens e serviços finais comprados pelos setores de consumo, investimento, dispêndio do governo e exportações líquidas. Dessa forma, as tabelas de insumo-produto podem ser interpretadas como uma desagregação em nível de setores produtivos das contas do sistema tradicional da contabilidade social, desagregação essa que atinge fundamentalmente a conta de produção.

Determinadas as convenções contábeis, pode-se montar um quadro de insumo-produto que representa uma descrição estática dos insumos e da produção dos diferentes setores que

compõem um sistema econômico em um determinado período de tempo. Conforme apresentado no Quadro 2.1, a estrutura de uma tabela de insumo-produto pode ser dividida em doze seções.

Quadro 2.1. Seções da Tabela de Insumo-Produto.

(1) Fluxos interindustriais	(2) Demanda final	(3) Produto total
(4) Insumos primários	(5) Bens e serviços não produzidos pelos setores	(6) Custos primários totais
(7) Importações	(8) Importação do setor de consumo	(9) Importações totais
(10) Insumos totais	(11) Componentes agregados da demanda final	(12) Oferta / Demanda total

Fonte: Silveira (1994, p. 11).

O primeiro quadrante retrata os fluxos intersetoriais, isto é, os bens e serviços produzidos por determinado setor produtivo e consumidos como produtos intermediários pelo próprio setor e/ou por outros setores. O segundo retrata as parcelas da produção de cada setor destinadas ao consumo, investimento, governo e exportações. O terceiro retrata o valor total da produção em cada um dos setores produtivos. No quarto quadrante são representados os custos primários (remunerações pagas aos fatores de produção) por cada setor. No quinto os bens e serviços finais não produzidos nos setores. No sexto a remuneração paga a cada fator de produção, isto é, o valor total de cada categoria de custo primário. As compras efetuadas pelos setores produtivos junto ao resto do mundo são expostas no sétimo quadrante. No oitavo é exposto quanto cada componente de demanda final comprou do resto do mundo. No nono o valor total das compras feitas junto ao resto do mundo. No décimo as compras totais efetuadas por cada setor produtivo.

No décimo primeiro o valor total de cada categoria da demanda final; e, por fim, no décimo segundo quadrante é exposto o somatório da produção para o consumo intermediário e da produção para o consumo final, incluindo importações e exportações.

Com base na estrutura contábil da tabela de insumo-produto apresentada pode-se definir um modelo econômico que explique como as complexas relações intersetoriais podem afetar de forma significativa a eficácia das políticas econômicas. Este modelo conhecido como Modelo de Insumo-Produto ou Modelo de Leontief⁴ será explicado na próxima seção.

2.2. Modelo de Leontief

Adotando algumas hipóteses básicas sobre o sistema econômico, em particular, sobre a natureza das funções setoriais de produção, pode-se derivar da contabilidade de insumo-produto da Figura 2.1 um modelo econômico formado por um sistema de equações lineares simultâneas, conhecido como Modelo de Insumo-Produto⁵. As suposições fundamentais sobre as quais se baseia tal modelo são:

- a) Inexistência de produção conjunta, ou seja, cada setor é responsável pela produção de uma única mercadoria.
- b) Utilização dos insumos em proporções fixas, ou seja, não existe substituições entre insumos, isto é, as funções setoriais de produção são consideradas funções de coeficientes fixos.

⁴ Devido ao seu autor Wassily Leontief.

⁵ É importante ressaltar que ao se fazer referência ao Modelo de Insumo-Produto estamos nos referindo a sua versão “fechada”, que impõem as famílias o mesmo tratamento analítico dado aos demais subsetores institucionais.

Conforme explica Haddad (1976), aceitas as hipóteses acima, a quantidade de insumo i utilizada pelo setor j será diretamente proporcional à produção deste último. Assim, tem-se a seguinte função:

$$X_{ij} = a_{ij}X_j, \quad \text{com } i, j = 1, 2, \dots, n, \quad (2.6)$$

em que $a_{ij} \geq 0$ é uma constante que representa a quantidade necessária do produto i para produzir uma unidade do produto j . Esta constante é denominada *coeficiente técnico*⁶.

Com base em (2.6), pode-se reescrever a identidade (2.1) da seguinte forma:

$$X_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}X_j + Y_i, \quad \text{com } i = 1, 2, \dots, n, \quad (2.7)$$

em que $Y_i \equiv C_i + I_i + G_i + E_i$. Reescrevendo (2.7) em termos matriciais obter-se-á:

$$X = AX + Y, \quad (2.8)$$

na qual $X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix}$, $A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$ e $Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}$.

Cabe salientar que a *matriz de coeficientes técnicos* (A) retrata a tecnologia da produção do sistema econômico. Em cada vetor-coluna dessa matriz encontra-se a estrutura de insumos do setor correspondente por unidade de seu respectivo produto. Como os coeficientes técnicos de insumo-produto permanecem, por hipótese, constantes ao longo do tempo, há um nexo entre

⁶ Os termos coeficientes de insumos diretos, coeficientes lineares de insumo-produto, coeficientes técnicos e coeficientes tecnológicos são designações sinônimas.

demanda final e produto bruto.

Porém, para captar os efeitos de ordem n num único conjunto de equações faz-se necessário rearranjar a equação (2.8) do Modelo de Insumo-Produto e multiplicá-la pela matriz identidade, de modo a se obter:

$$(I - A)X = Y, \quad (2.9)$$

em que I é a matriz identidade de ordem n . Dessa forma, $(I - A)$ pode ser escrita como:

$$(I - A) = \begin{bmatrix} 1 - a_{11} & -a_{12} & \dots & -a_{1n} \\ -a_{21} & 1 - a_{22} & \dots & -a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \dots \\ -a_{n1} & -a_{n2} & \dots & -a_{nn} \end{bmatrix}.$$

Sob a condição de que $I - A$ tenha uma inversa, pode-se usá-la para exprimir o produto como função da demanda final:

$$X = BY, \quad (2.10)$$

em que $B = (I - A)^{-1}$ é a *matriz inversa de Leontief*. Cada elemento dessa matriz (b_{ij}) é chamado de *coeficiente de interdependência* e representa as necessidades diretas e indiretas de insumo do setor i por unidade de demanda final em termos de produção do setor j . Dessa forma, pode-se determinar que efeito mudanças específicas na demanda final têm sobre a produção bruta. Tais efeitos incluem não apenas os diretos, mas, também, os efeitos indiretos que as encomendas de insumos geram sobre todos os setores da economia.

Multiplicando a matriz inversa de Leontief por qualquer volume e composição da

demanda final obtém-se o nível de produção de cada setor necessário para satisfazer a demanda final. Isto nos dá um poderoso instrumento de análise, já que permite medir o impacto total das alterações exógenas (mudanças na demanda final) sobre a economia como um todo. Dessa forma, obtém-se um conjunto de multiplicadores que, ao contrário do multiplicador originalmente desenvolvido por Kahn e popularizado por Keynes, são altamente desagregados. Com tais multiplicadores, torna-se possível captar, por exemplo, como a arrecadação total de um imposto (seja sobre a renda, produção, emprego etc) varia de acordo com o setor em que se origina tal cobrança. Logo, o Modelo de Insumo-Produto permite ao analista econômico estimar diferentes tipos de multiplicadores relacionados aos efeitos de determinada política econômica sobre a renda, produção, emprego etc.

2.3. Matriz Brasileira de Insumo-Produto

A mais recente matriz brasileira de insumo-produto publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) refere-se ao ano de 1996. Portanto, qualquer trabalho de análise de dependência intersetorial da economia brasileira contemporânea deve contar com um esforço de atualização da matriz insumo-produto com base no sistema de contas nacionais. Neste tópico, primeiramente, será fornecido um esboço da estrutura da matriz brasileira de insumo-produto do ano de 1996 e, posteriormente, será exposto como Grijó e Bêni (2005, 2006) atualizaram a mesma a partir de dados do sistema de contas nacionais referentes ao ano de 2002⁷.

⁷ Grijó e Bêni (2005, 2006) atualizaram a matriz brasileira de insumo-produto com dados das contas nacionais referentes ao ano de 2002 devido ao fato de o IBGE divulgar as tabelas do sistema de contas nacionais com três anos de atraso. Poderia-se aqui buscar a atualização da mesma matriz para o ano de 2006, porém esse não é o foco principal desse estudo.

2.3.1. Estrutura da Matriz Brasileira de Insumo-Produto de 1996

Para realizar a construção da matriz brasileira de insumo-produto o IBGE utiliza as *tabelas de usos e recursos de bens e serviços* do sistema de contas nacionais. A tabela de recursos apresenta as informações sobre a origem setorial da produção dos bens e serviços valorada a preço básico⁸. Por sua vez, a tabela de usos apresenta o destino setorial dos produtos (consumo intermediário e demanda final). A construção de tais tabelas baseia-se no princípio do equilíbrio entre oferta e demanda de cada produto. Este equilíbrio pode ser verificado diretamente no sistema de contas nacionais pela comparação entre a coluna da oferta total (primeira coluna da tabela de recursos) e a coluna da demanda total (última coluna da tabela de usos). Os vetores da oferta e demanda total se equivalem, isto é, o valor da oferta de cada produto é igual ao valor de sua demanda.

Existe uma diferença conceitual importante entre a tabela de insumo-produto, na qual está baseado o Modelo de Leontief, e as tabelas de usos e recursos utilizadas pelo IBGE. O Modelo de Leontief pressupõe a existência de uma relação biunívoca entre setores produtivos e produtos. Por sua vez, as tabelas de usos e recursos utilizadas pelo IBGE, ver Figuras 2.2 e 2.3, apresentam uma estrutura bidimensional entre setores produtivos e produtos. Em outras palavras, enquanto que o Modelo de Insumo-Produto pressupõe que cada setor produtivo é responsável pela produção de apenas um único e distinto produto, nas tabelas construídas pelo IBGE um determinado setor produtivo pode produzir um ou mais produtos. Conforme Grijó e Bêrni (2005, 2006) esse “problema conceitual” é resolvido pelo IBGE por meio da adoção das três hipóteses seguintes:

⁸ Referir-se a preços básicos significa considerar os preços recebidos pelo produtor pela venda de uma certa mercadoria.

- Linearidade no processo de produção dos setores produtivos. Segundo essa hipótese os valores dos insumos de um setor são considerados uma proporção fixa do valor de sua produção total.
- Proporcionalidade à produção total do setor. Conforme essa hipótese, a produção de determinado produto é proporcional à produção total dos setores que o produzem.
- Alocação proporcional da demanda por cada produto nos setores produtivos (hipótese de “market-share”). Esta hipótese considera constante a participação dos setores produtivos na produção dos produtos.

Essas hipóteses “aplicadas” às tabelas de recursos e usos do sistema de contas nacionais permitem a superação do problema da compatibilidade conceitual, fazendo com que se tenha as tabelas de *usos* e *recursos* estruturadas de forma a mostrarem, tanto em suas colunas como em suas linhas, apenas os setores produtivos.

Na Figura 2.2 apresenta-se a estrutura da *tabela de recursos*. Esta tabela é composta por uma matriz de produção (V), por um vetor de produção setorial (g) e por um vetor de produção por produto (q). A matriz V apresenta para cada setor/atividade i (especificado na i -ésima linha) os valores das produções dos produtos (especificados nas colunas). O vetor linha q lista o valor bruto da produção total por produto. Finalmente, o vetor coluna g especifica os valores da produção bruta total de cada setor/atividade.

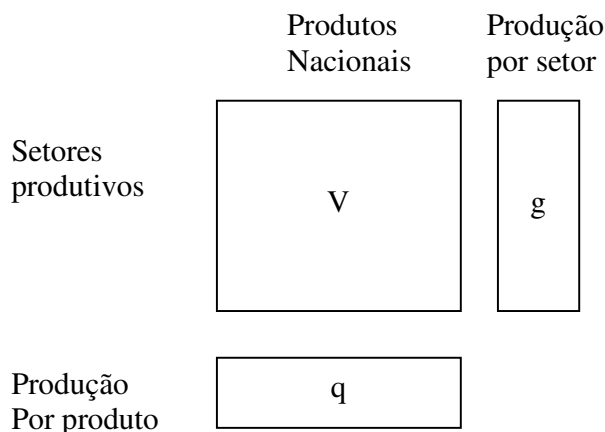


Figura 2.2. Estrutura da Tabela de Recursos de Bens e Serviços.

Fonte: Grijó e Bêrni (2006, p. 15).

Na Figura 2.3 apresenta-se a estrutura da *tabela de usos* (insumos). Nela U_n é a matriz de consumo intermediário nacional, que apresenta para cada atividade o valor consumido de produtos de origem interna; U_m é a matriz de consumo intermediário importado, que apresenta para cada atividade o valor consumido de produtos de origem externa; F_n é a matriz de demanda final por produtos nacionais e apresenta o valor, por categorias da demanda final, dos produtos consumidos de origem interna; F_m é a matriz da demanda final por produtos importados e apresenta o valor do produto de origem externa consumidos pelas categorias da demanda final; T_e é a matriz dos valores dos impostos e subsídios associados a produtos, incidentes sobre bens e serviços absorvidos pela demanda final; T_p é a matriz dos valores dos impostos e subsídios absorvidos pelas atividades produtivas; y é o vetor com o valor adicionado total gerado pelas atividades produtivas; e g , como já definido, é o vetor dos valores da produção dos setores.

	Setores produtivos	Demanda final	Produção por produto
Produtos nacionais	U_n	F_n	q
Produtos importados	U_m	F_m	
Impostos indiretos	T_p	T_e	
Renda gerada	y		
Setores produtivos	g		

Figura 2.3. Tabela de Usos de Bens e Serviços.

Fonte: Grijó e Bêrni (2006, p. 15).

Com base nas Figuras 2.2 e 2.3 pode-se compor um conjunto de identidades contábeis, a partir das quais a matriz de insumo-produto brasileira do ano de 1996 foi construída. Este conjunto de identidades está descrito no Quadro 2.2 adiante.

Quadro 2.2. Identidades Fundamentais da Tabela Insumo-Produto.

	Produtos nacionais	Setores	Demanda final	Valor da produção
Produtos nacionais		U_n	F_n	q
Produtos importados		U_m	F_m	
Setores	V			g
Impostos		T_p	T_e	
Valor adicionado		y		
Valor da produção	q	g		

Fonte: Grijó e Bêrni (2006, p. 16).

A partir do quadro informacional acima podem ser obtidas as seguintes identidades contábeis:

$$q = U_n i + F_n, \quad (2.11)$$

$$g = V_i, \quad (2.12)$$

na qual i é o vetor unitário e, portanto, V_i representa a oferta total da produção nacional em termos dos setores de atividade e $U_n i$ representa a soma das aquisições de cada produto pelos setores produtivos. A identidade (2.11) estabelece que o valor da produção nacional por produto é igual ao total do consumo intermediário dos setores produtivos somados a sua utilização pela demanda final. Por sua vez, a identidade (2.12) expressa que o valor da produção de cada setor produtivo é igual ao somatório dos produtos nele produzidos.

Das duas primeiras hipóteses, explicitadas no início da seção, decorre que os coeficientes técnicos de insumos são constantes. Dessa forma, pode-se definir a *matriz de coeficientes técnicos* de produção (B_n) como:

$$B_n = U_n \hat{g}^{-1}, \quad (2.13)$$

em que \hat{g}^{-1} é a inversa da matriz diagonal do valor da produção por produtos nacionais. Conforme explica Grijó e Bêni (2005, 2006), a equação (2.13) define a matriz retangular dos coeficientes técnicos de produção a partir da matriz de absorção das atividades nacionais (U_n), que pode ser escrita da seguinte maneira:

$$U_n \equiv B_n \hat{g}. \quad (2.14)$$

Lembrando que $\hat{g}i = g$, a substituição de (2.14) em (2.11) rende a relação entre as atividades e os produtos no equilíbrio geral do sistema:

$$q = B_n g + F_n. \quad (2.15)$$

Uma vez que se deseja obter a matriz de insumo-produto nas dimensões *atividade x atividade* deve-se construir a matriz de “market-share” (D) a partir da matriz de produção (V), o que é feito como segue:

$$D = V\hat{q}^{-1}. \quad (2.16)$$

A matriz de “market-share” generaliza o suposto da proporcionalidade entre a produção setorial dos produtos e a produção total do setor (Grijó e Bêni, 2006, p. 18). Pós-multiplicando ambos os lados da equação (2.16) por \hat{q} obtém-se:

$$V = D\hat{q}. \quad (2.17)$$

Já que $\hat{q}i = q$, a introdução de (2.17) em (2.12) permite reescrever a matriz de produção da seguinte maneira:

$$g = Dq. \quad (2.18)$$

As identidades (2.15) e (2.18) estabelecem uma conexão importante entre a demanda total dos produtos (q) e a oferta total das atividades nacionais (g). Com efeito, substituindo (2.15) em (2.18) obtém-se:

$$g = D(B_n g + F_n) \quad , \quad (2.19)$$

$$g = DB_n g + DF_n \quad , \quad (2.20)$$

$$g = (I - DB_n)^{-1} DF_n. \quad (2.21)$$

Enfim fica resolvido o problema de compatibilidade conceitual, já que a matriz DB_n é estruturada de forma que tanto as suas linhas quanto as suas colunas descrevam apenas os setores da economia. A matriz $(I - DB_n)^{-1}$ representada em (2.21) corresponde à *matriz inversa de Leontief*. Nela cada entrada mostra a produção exigida pelo setor i por uma unidade monetária de vendas a demanda final do setor j , ou seja, fornece os efeitos diretos e indiretos de mudanças exógenas sobre os setores produtivos.

2.3.2. Atualização da Matriz Insumo-Produto de 1996

A subseção anterior mostrou os principais traços da metodologia da matriz de insumo-produto brasileira referente ao ano de 1996. Entretanto, nosso trabalho basear-se-á na estimativa da matriz de insumo-produto brasileira referente ao ano de 2002. Esta matriz é resultado do trabalho realizado por Grijó e Bêrni (2005, 2006), no qual foi realizada uma atualização da matriz brasileira de insumo-produto de 1996 com base em dados das tabelas de recursos e usos de bens e serviços do sistema de contas nacionais de 2002.

As tabelas de recursos e usos de bens e serviços são anualmente divulgadas pelo IBGE. A tabela de recursos evidencia as condições de oferta do produto da economia enquanto que a tabela de usos evidencia as condições de sua demanda. Como já dito, a construção de ambas baseia-se no princípio do equilíbrio entre oferta e demanda de mercado de cada produto respeitando, em seu conjunto, o equilíbrio geral do sistema econômico. Como já salientado, este equilíbrio pode ser verificado diretamente no sistema de contas nacionais pela comparação entre a coluna da oferta total (primeira coluna da tabela de recursos de bens e serviços) e a coluna da

demanda total (última coluna da tabela de usos dos bens e serviços). Os vetores de oferta e demanda totais, formados pelas colunas acima, se equivalem, significando que o valor da oferta de cada produto é igual ao valor de sua absorção, a preços de mercado. Porém, as matrizes de produção e absorção, típicas do Modelo Insumo-Produto, são construídas a partir do equilíbrio entre oferta e demanda valoradas as transações a preços básicos. Assim, define-se como problema central do artigo de Grijó e Bêrni (2005, 2006) o fato de terem a tabela de produção e absorção a preços de mercado, mas, necessitarem, para a construção da matriz insumo-produto, dessas tabelas a preços básicos⁹.

As diferenças entre preços básicos e preços de mercado referem-se à questão do valor de transporte, valor do comércio e aos impostos pagos pelo produtor. A margem de comércio é o valor que se acresce ao produto em sua comercialização, não sendo apropriado pelo responsável pela sua produção, mas pela atividade atacadista e varejista do comércio. A margem de transporte é o valor que se acresce ao produto decorrente de seus deslocamentos da unidade produtiva até o consumo final, sendo apropriado pela atividade de transporte. Os impostos sobre produtos são os impostos líquidos de subsídios pagos pelo produtor na aquisição de produtos (insumos) necessários à obtenção de sua produção, sendo apropriados pelo governo. Todos estes componentes que integram as duas formas de valoração estão presentes na tabela de recursos dos bens e serviços das contas nacionais.

A oferta total a preços de mercado (A^m) é formada pelo valor da oferta a preços básicos (A^b), mais o valor das margens de comércio (MC) e transporte (MT), impostos sobre produtos (T) e as importações (M), ou seja:

⁹ Referir-se a preços básicos significa considerar os preços recebidos pelo produtor pela venda de uma certa mercadoria.

$$A^m = A^b + MC + MT + T + M . \quad (2.22)$$

Dessa forma, o valor de oferta a preços básicos é simplesmente:

$$A^b = A^m - MC - MT - T - M . \quad (2.23)$$

Assim, chega-se à conclusão de que o núcleo principal da tabela de recursos dos bens e serviços das contas nacionais apresenta o valor da produção dos setores a preços básicos (A^b). Sua única diferença em relação à tabela de produção utilizada no Modelo Insumo-Produto é que a primeira encontra-se transposta em relação à segunda. Dessa forma, na tabela de produção os produtos constam nas colunas e os setores produtivos nas linhas.

Encontrada a tabela de produção utilizada pelo Modelo de Insumo-Produto valoradas a preços básicos, falta ainda encontrar a tabela de absorção do modelo, também valorada, a preços básicos. A tabela de usos dos bens e serviços das contas nacionais é esquematizada conforme o Quadro 2.3. O quadrante do consumo intermediário (B_1), apresenta o valor, a preços do consumidor, do consumo dos setores produtivos por produtos. O quadrante da demanda final (B_2) apresenta a demanda final (DF) por produtos, composta por exportações (X), consumo do governo (G), consumo das famílias (CF), formação bruta de capital fixo ($FBCF$) e variação de estoques (E). Lembrando que todos estes elementos também estão valorados a preços do consumidor, pode-se escrever:

$$DF = X + G + CF + FBCF + E . \quad (2.24)$$

Somando B_1 e B_2 obtém-se a demanda total da economia a preços do consumidor:

$$DT = B_1 + B_2. \quad (2.25)$$

Quadro 2.3. Representação da Tabela de Usos dos Bens e Serviços.

	Setores Produtivos	Instituições
Produto	Consumo intermediário (B_1)	Demanda final (B_2)
Fatores de Produção	Valor adicionado (C)	

Fonte: Grijó e Bêni (2005, p. 8).

Por último, o quadrante (C) apresenta os componentes do valor adicionado bruto da economia a preços básicos (VA^b). Este engloba a remuneração dos fatores de produção, subdivididos em remunerações dos empregados (W) e excedente operacional bruto (EOB), remunerações de autônomos (A) e outros impostos líquidos de subsídios sobre a produção (TP). Ou seja,

$$VA^b = W + EOB + A + TP. \quad (2.26)$$

Para obter a tabela de absorção valorada a preços básicos deve-se converter seus valores de preços do consumidor para preços básicos, preservando o equilíbrio geral do sistema econômico. Para isso, é necessário que se obtenham os quadrantes (B_1) e (B_2) do Quadro 2.3. a preços básicos.

A partir da identidade fundamental entre oferta total (OT) e demanda total (DT) da economia,

$$OT = DT, \quad (2.27)$$

substituindo (2.22) e (2.25) em (2.27), pode-se obter:

$$A^b + MC + MT + T + M = B1 + B2 . \quad (2.28)$$

Isolando a oferta total a preços básicos (A^b), tem-se:

$$A^b = B1 + B2 - MC - MT - T - M . \quad (2.29)$$

Ou seja, é necessário que se subtraia do consumo intermediário (B_1) e do consumo final (B_2), da tabela de usos dos bens e serviços das contas nacionais, os componentes de margem de comércio, margem de transporte, impostos sobre produtos e impostos sobre importações. Com estas operações pode-se obter a matriz de absorção típica do Modelo de Insumo-Produto.

Completado o trabalho de atualização da matriz insumo-produto desenvolvido por Grijó e Bêni (2005, 2006), no qual se obteve as tabelas de recursos e usos de bens e serviços a preços básicos, o cálculo da matriz brasileira de insumo-produto do ano de 2002 segue os mesmos procedimentos de construção da matriz brasileira de 1996, realizados pelo IBGE e explicados no tópico anterior.

3. MÉTODOS DE ANÁLISE DA INTERDEPENDÊNCIA SETORIAL

Apesar da concordância existente sobre a importância das análises intersetoriais para se determinar os setores que exercem maior influência sobre o sistema econômico como um todo, não existe um consenso em torno de um método para a identificação desses setores. O presente capítulo tem por objetivo apresentar uma abordagem inovadora, até onde se conhece, para a realização de tais análises. De forma mais específica, busca-se aqui mostrar de que maneira a teoria sobre redes sociais pode ser utilizada para a identificação dos setores-chave de uma economia. Com este intuito, primeiramente, apresentar-se-á alguns dos métodos “clássicos” de análise intersetorial e, em seguida, far-se-á uma exposição sobre os principais conceitos, características estruturais e taxonomia de redes.

3.1. Índices “Clássicos” de Análise Intersetorial

Antes de explicar como a teoria sobre redes sociais pode ser útil na tentativa de se identificar os setores-chave de uma economia, realizar-se-á uma exposição de alguns dos principais índices utilizados na análise da dependência intersetorial, entre eles: Índice de Rasmussen-Hirschman, Índice de Cella-Clements, Índice Puro de Ligações Intersetoriais e o Campo de Influência.

3.1.1. Índice de Rasmussem-Hirschman

Rasmussen (1956) e Hirschman (1958) foram os primeiros autores a propor um índice que tivesse como objetivo diagnosticar quais seriam os setores produtivos com maior poder de influência dentro da economia como um todo. Para tanto, utilizaram-se da equação final do

Modelo de Insumo-Produto, repetida aqui por conveniência:

$$X = BY, \quad (2.10)$$

lembrando que $B = (I - A)^{-1}$ é a matriz inversa de Leontief.

Com base na equação (2.10) os autores calcularam dois índices de ligações. O primeiro deles foi o *índice de ligação para trás (backward linkage, BL)* que representa o poder de dispersão dos efeitos econômicos provocados por determinado setor j e é definido como:

$$U_j = \frac{B_{*j} / n}{B^*}, \quad (3.1)$$

em que $B^* = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}$ é a média de todos os elementos de B e B_{*j} é a soma dos elementos

da j -ésima coluna da matriz B , ou seja, $B_{*j} = \sum_{i=1}^n b_{ij}$.

O outro índice é o de *ligações para frente (forward linkage, FL)* que mede a sensibilidade da dispersão dos efeitos econômicos provocados por determinado setor i , sendo definido como:

$$U_i = \frac{B_{i*} / n}{B^*}, \quad (3.2)$$

em que B_{i*} é a soma dos elementos da i -ésima linha de B , ou seja, $B_{i*} = \sum_{j=1}^n b_{ij}$.

Por meio desses índices, Rasmussen (1956) e Hirschman (1958) conseguiram determinar o quanto um setor produtivo específico demanda e é demandado dos outros setores e,

conseqüentemente, conseguiram encontrar os setores produtivos que apresentam maior poder de encadeamento dentro da economia.

É importante ressaltar que, segundo esses índices, valores maiores do que 1 indicam setores com grau de ligações acima da média e, portanto, setores-chave dentro do sistema econômico. Apesar de serem ferramentas úteis para uma análise intersetorial, os índices propostos por Rasmussen (1956) e Hirschman (1958) não consideram os diferentes níveis de produção em cada setor produtivo da economia – o que pode modificar o grau de impacto que cada setor exerce na economia como um todo. Baseado nesta crítica, Cella (1984) desenvolveu um índice alternativo.

3.1.2. Índice de Cella-Clements

Na tentativa de acrescentar aos índices apresentados no tópico anterior os impactos do volume da produção de cada setor na economia como um todo, Cella (1984) definiu, a partir da matriz de coeficientes diretos de Leontief (A), as seguintes matrizes:

$$A = \begin{bmatrix} A_{jj} & A_{jr} \\ A_{rj} & A_{rr} \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

e

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} A_{jj} & 0 \\ 0 & A_{rr} \end{bmatrix}, \quad (3.4)$$

nas quais A_{jj} é uma matriz que representa os insumos diretos dentro do setor j ; A_{rr} é uma matriz que representa os insumos diretos dentro do resto da economia; A_{jr} e A_{rj} são matrizes

retangulares que mostram, respectivamente, os insumos diretos adquiridos pelo setor j do resto da economia e os insumos diretos adquiridos pelo resto da economia do setor j . Por fim, \bar{A} é a matriz de coeficientes de insumos diretos usada para definir as interações apenas dentro do setor j e, da mesma forma, as interações entre o resto dos setores com a exclusão do setor j .

Conforme explica Cella (1984), resolvendo (3.3) para a matriz inversa de Leontief, tem-se:

$$L = (I - A)^{-1} = \begin{pmatrix} \tilde{\Delta}_j & \tilde{\Delta}_j A_{jr} \Delta_r \\ \Delta_r A_{rj} \tilde{\Delta}_j & \Delta_r (I + A_{rj} \tilde{\Delta}_j A_{jr} \Delta_r) \end{pmatrix}, \quad (3.5)$$

em que $\tilde{\Delta}_j = (I - A_{jj} - A_{jr} \Delta_r A_{rj})^{-1}$ e $\Delta_r = (I - A_{rr})^{-1}$. Da mesma maneira, pode-se resolver a equação (3.4) para a matriz inversa de Leontief da seguinte forma:

$$\bar{L} = (I - \bar{A})^{-1} = \begin{pmatrix} \Delta_j & 0 \\ 0 & \Delta_r \end{pmatrix}, \quad (3.6)$$

em que $\Delta_j = (I - A_{jj})^{-1}$.

A partir das equações (3.5) e (3.6), Cella (1984) define os efeitos das ligações totais do setor j na economia como um todo (TL) da seguinte maneira:

$$TL = i' [L - \bar{L}] [f] = i' \begin{pmatrix} \tilde{\Delta}_j - \Delta_j & \tilde{\Delta}_j A_{jr} \Delta_r \\ \Delta_r A_{rj} \tilde{\Delta}_j & \Delta_r A_{rj} \tilde{\Delta}_j A_{jr} \Delta_r \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f_{jj} \\ f_{rr} \end{pmatrix}, \quad (3.7)$$

na qual i' é um vetor linha unitário e f , f_{jj} e f_{rr} são, respectivamente, o vetor coluna da

demanda final do total da economia, o vetor coluna da demanda final do setor j e o vetor coluna da demanda final do resto da economia, excluindo o setor j .

Em outras palavras, TL nada mais é do que a diferença entre a produção total da economia e a produção total da economia caso o setor j não existisse. Conforme explica Guilhoto, *et al.* (1994), em termos de desenvolvimento econômico, esta situação pode ser interpretada como sendo o oposto da substituição de importações (mais especificamente, o desaparecimento de todo um setor industrial da economia).

Por fim, para encontrar os setores de maior destaque dentro da economia, Cella (1984) define os índices de ligações para trás (*backward linkage, BL*) e para frente (*forward linkage, FL*) como:

$$BL = [(\tilde{\Delta}_j - \Delta_j) + i'_{rr}(\Delta_r A_{rj} \tilde{\Delta}_j)] [f_{jj}] \quad (3.8)$$

e

$$FL = [(\tilde{\Delta}_j A_{jr} \Delta_r) + i'_{rr}(\Delta_r A_{rj} \tilde{\Delta}_j A_{jr} \Delta_r)] [f_{rr}], \quad (3.9)$$

sendo i'_{rr} um vetor linha unitário de dimensão apropriada.

Porém, as conclusões de Cella (1984) estão, em parte, equivocadas. Já que o segundo componente do índice de ligações para frente pertence na verdade ao índice de ligações para trás. Clements (1990) corrigiu esse problema e definiu os índices de ligações para trás e para frente como sendo, respectivamente:

$$BL = [(\tilde{\Delta}_j - \Delta_j) + i'_{rr}(\Delta_r A_{rj} \tilde{\Delta}_j)] [f_{jj}] + [i'_{rr}(\Delta_r A_{rj} \tilde{\Delta}_j A_{jr} \Delta_r)] [f_{rr}] \quad (3.10)$$

e

$$FL = [(\tilde{\Delta}_j \ A_{jr} \ \Delta_r)] [f_{rr}]. \quad (3.11)$$

Dessa forma, pode-se calcular o grau de ligações de determinado setor com todos os outros setores da economia, ou seja, pode-se identificar quais são os setores que contribuem de maneira mais significativa para o crescimento econômico.

3.1.3. Índice Puro de Ligações Intersetoriais

Buscando aperfeiçoar o método desenvolvido no tópico anterior, Sonis e Hewings (1993) criaram uma forma alternativa para se isolar o setor j do resto da economia. Segundo eles, para se isolar o setor j deve-se realizar a seguinte decomposição:

$$A = \begin{pmatrix} A_{jj} & A_{jr} \\ A_{rj} & A_{rr} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{jj} & A_{jr} \\ A_{rj} & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & A_{rr} \end{pmatrix} = A_j + A_r, \quad (3.12)$$

na qual a matriz A_j representa o setor j isolado do resto da economia e a matriz A_r representa o resto da economia. Realizada a decomposição, Sonis e Hewings (1993) utilizam-se da matriz inversa de Leontief definida anteriormente,

$$B = (I - A)^{-1}, \quad (3.13)$$

para demonstrar que cada decomposição aditiva da matriz de insumos diretos – equação (3.12) – pode ser convertida em duas decomposições multiplicativas alternativas da matriz inversa de Leontief. Dessa forma, B pode ser reescrita como:

$$B = P_1 P_2. \quad (3.14)$$

Ou, alternativamente:

$$B = P_1 P_3, \quad (3.15)$$

sendo $P_1 = (I - A_r)^{-1}$, $P_2 = (I - P_1 A_j)^{-1}$ e $P_3 = (I - A_j P_1)^{-1}$.

Dado que P_2 mostra os impactos diretos e indiretos que a demanda por insumos do setor j exerce sobre o resto da economia e que P_3 revela o nível dos impactos diretos e indiretos sobre o setor j resultantes das necessidades de insumos do resto da economia tem-se que a equação (3.14) isola as interações dentro do resto da economia (P_1) das interações do setor j com o resto da economia (P_2). E que a equação (3.16), por outro lado, isola as interações dentro do resto da economia (P_1) das interações do resto da economia com o setor j (P_3).

Com base em P_1 e P_2 , pode-se reescrever a equação (3.14) da seguinte maneira:

$$B = \begin{pmatrix} I & 0 \\ 0 & \Delta_r \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tilde{\Delta}_j & \tilde{\Delta}_j A_{jr} \\ \Delta_r A_{rj} \tilde{\Delta}_j & I + \Delta_r A_{rj} \tilde{\Delta}_j A_{jr} \end{pmatrix}, \quad (3.16)$$

em que, $P_1 = \begin{pmatrix} I & 0 \\ 0 & \Delta_r \end{pmatrix}$ e $P_2 = \begin{pmatrix} \tilde{\Delta}_j & \tilde{\Delta}_j A_{jr} \\ \Delta_r A_{rj} \tilde{\Delta}_j & I + \Delta_r A_{rj} \tilde{\Delta}_j A_{jr} \end{pmatrix}$. Decompondo P_2 obtém-se:

$$P_2 = \begin{pmatrix} I & 0 \\ \Delta_r A_{rj} & I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tilde{\Delta}_j & 0 \\ 0 & I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I & A_{jr} \\ 0 & I \end{pmatrix}, \quad (3.17)$$

em que, $P_2 = (I - B_j)^{-1}$. Portanto, B_j pode ser definido como sendo:

$$B_j = P_1 A_j = \begin{pmatrix} A_{jj} & A_{jr} \\ \Delta_r A_{rj} & 0 \end{pmatrix}. \quad (3.18)$$

A equação (3.18) é de suma importância porque é através dela que os autores definem o *Índice Puro de Ligações para Trás (PBL)*,

$$PBL = i'_{rr} \Delta_r A_{rj} q_{jj}, \quad (3.19)$$

na qual q_{jj} representa o valor da produção total no setor j .

Conforme explicam Guilhoto, *et al.* (1994), o *PBL* nos dá o *impacto puro* na economia do valor total da produção do setor j , ou seja, o impacto que é dissociado da demanda de insumos que o setor j realiza do próprio setor.

A principal diferença deste método em relação ao desenvolvido por Cella (1984) é que este utiliza o valor bruto da produção no lugar do valor da demanda final. Isto porque Sonis e Hewings (1993) acreditam que o valor bruto da produção seja mais eficiente para captar os impactos do setor j sobre o resto da economia se comparado ao valor da demanda final.

Da mesma forma que foi obtido o índice de puro de ligações para trás pode-se obter o índice puro de ligações para frente (*PFL*). Usando como base P_1 e P_3 pode-se reescrever a equação (3.16) da seguinte maneira:

$$B = \begin{pmatrix} I & 0 \\ 0 & \Delta_r \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tilde{\Delta}_j & \tilde{\Delta}_j A_{jr} \Delta_r \\ \Delta_r A_{rj} \tilde{\Delta}_j & I + A_{rj} \tilde{\Delta}_j A_{jr} \Delta_r \end{pmatrix}, \quad (3.20)$$

em que $P_1 = \begin{pmatrix} I & 0 \\ 0 & \Delta_r \end{pmatrix}$ e $P_3 = \begin{pmatrix} \tilde{\Delta}_j & \tilde{\Delta}_j A_{jr} \Delta_r \\ \Delta_r A_{rj} \tilde{\Delta}_j & I + A_{rj} \tilde{\Delta}_j A_{jr} \Delta_r \end{pmatrix}$. Decompondo P_3 obtém-se:

$$P_3 = \begin{pmatrix} I & 0 \\ A_{rj} & I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tilde{\Delta}_j & 0 \\ 0 & I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I & A_{jr} \Delta_r \\ 0 & I \end{pmatrix}, \quad (3.21)$$

em que $P_3 = (I - F_j)^{-1}$. Portanto, F_j pode ser definido como:

$$F_j = A_j P_1 = \begin{pmatrix} A_{jj} & A_{jr} \Delta_r \\ A_{rj} & 0 \end{pmatrix}. \quad (3.22)$$

Da equação (3.22) deriva-se o *Índice Puro de Ligação para Frente (PFL)*,

$$PFL = A_{jr} \Delta_r q_{rr}, \quad (3.23)$$

em que q_{rr} é um vetor coluna que mostra o volume de produção total em cada setor do resto da economia. Como já explicado, a razão para se usar o valor da produção total ao invés do valor da demanda final é o isolamento do setor j do resto da economia. A importância do *PFL* reside no fato de que ele mostra o *impacto puro* da produção total no resto da economia sobre o setor j .

Além dos índices apresentados até este momento, seguindo o método de Sonis e Hewings (1993), pode-se ainda, através da adição do *PFL* e do *PBL* calcular o *índice puro do total das ligações (PTL)* de cada setor na economia, a saber:

$$PTL = PBL + PFL \quad (3.24)$$

Por fim, cabe ressaltar que esses índices, apesar de apresentarem uma melhora significativa em relação ao método inicialmente desenvolvido por Cella (1984), não podem ser utilizados de maneira isolada ao se analisar o grau de interdependência e os setores-chave da economia.

3.1.4. O Enfoque do Campo de Influência

O enfoque do campo de influência é um método que serve como complemento aos índices apresentados anteriormente. Este conceito permite medir não apenas o grau com que um determinado setor produtivo afeta a economia como um todo, mas também o tamanho dessa influência. Conforme explicam Sonis e Hewings (1994), os índices, apesar de possibilitarem a avaliação dos impactos de um determinado setor sobre o resto da economia, não permitem a percepção dos principais elos de ligações dentro da economia, ou seja, não permitem identificar quais seriam os coeficientes que, se alterados, teriam um maior impacto no sistema econômico como um todo. Em outras palavras, o conceito de campo de influência descreve como as mudanças nos coeficientes diretos se distribuem pelo sistema econômico, permitindo identificar, dentro do processo produtivo, quais as relações mais importantes entre os setores econômicos.

Para formalizar o conceito de campo de influência, Sonis e Hewings (1994) definem $A = [a_{ij}]$ como sendo uma matriz de coeficientes diretos e $E = [\varepsilon_{ij}]$ como sendo uma matriz de variações incrementais nos coeficientes diretos de insumos. Dessa forma, pode-se escrever as respectivas matrizes inversas de Leontief da seguinte forma:

$$B = [I - A]^{-1} = [b_{ij}] \quad (3.25)$$

e

$$B(\varepsilon) = [I - A - \varepsilon]^{-1} = [b_{ij}(\varepsilon)]. \quad (3.26)$$

Sonis e Hewings (1994) argumentam ainda que dadas as matrizes inversas de Leontief, caso ocorra uma variação infinitesimal num único coeficiente direto, ou seja,

$$\varepsilon_{ij} = \begin{cases} \varepsilon & i = i_1, j = j_1 \\ 0 & i \neq i_1, j \neq j_1 \end{cases}, \quad (3.27)$$

pode-se definir, aproximadamente, o campo de influência dessa variação pela seguinte equação:

$$F(\varepsilon_{ij}) = [B(\varepsilon_{ij}) - B], \quad (3.28)$$

na qual $F(\varepsilon_{ij})$ é a matriz que representa o campo de influência do coeficiente a_{ij} . Associando um valor a cada matriz $F(\varepsilon_{ij})$ torna-se possível comparar os coeficientes que possuem maior campo de influência na economia como um todo. Com este intuito, Sonis e Hewings (1994) desenvolveram a seguinte equação:

$$S_{ij} = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n [f_{kl}(\varepsilon_{ij})]^2, \quad (3.29)$$

em que S_{ij} representa o valor associado a matriz $F(\varepsilon_{ij})$. Dessa forma, os coeficientes diretos que apresentarem maiores S_{ij} serão os coeficientes com maior campo de influência dentro da economia como um todo, ou seja, esses serão os coeficiente que apresentarão maiores impactos

sobre o processo produtivo de determinada economia e, portanto, são os coeficientes que podem promover, em maior grau, o desenvolvimento econômico.

3.2. Conceitos, Características Estruturais e Taxonomia de Redes

Na expectativa de se buscar uma nova abordagem que ajude na identificação dos setores econômicos que afetam de forma mais significativa o sistema produtivo brasileiro este tópico apresenta uma descrição sobre as propriedades fundamentais da auto-influência das redes e da transferência dessa influência para os nós¹⁰ (*nodes*) de seus subsistemas. Conforme explica Shousong (2001), uma rede é um conjunto de atores (ou agentes, ou nodes, ou pontos) que, de alguma forma, estão conectadas entre si. Essas conexões, que são oriundas de motivos religiosos, econômicos, sexuais, educacionais, geográficos, entre outros, podem ser representadas em termos de variáveis binárias.

Denota-se por g_{ij} a relação entre os nós i e j em uma determinada rede g . No caso de existir, por algum motivo específico, uma ligação direta entre esses nós, a variável g_{ij} assumirá o valor 1, enquanto que se não existir essa ligação a mesma será zero. Assim, uma rede g é definida estabelecendo-se um conjunto de nós $N = \{1, 2, \dots, n\}$ e um conjunto de variáveis binárias $g_{ij} \in \{0, 1\}$, com $i, j = 1, 2, \dots, n$, que estabelecem as conexões entre os nós¹¹.

Em geral, os analistas de redes sociais, para representar as relações entre os nós, utilizam-se de duas ferramentas: gráficos e matrizes. Com essas ferramentas é possível calcular diversas medidas de densidades. Além disso, os gráficos permitem o estudo de variados tipos de

¹⁰ O termo nós refere-se aos componentes de uma rede qualquer. Esses componentes, a depender do tipo de rede com que se está trabalhando, podem ser pessoas, empresas, setores produtivos etc.

¹¹ A exposição que segue está baseada, fundamentalmente, em Goyal (2007).

relações, por exemplo, relações de amizade ou conjugais. Na figura abaixo, percebe-se que Bob, Carol e Ted formam um grupo de amigos, pois cada um deles está conectado aos outros dois. Enquanto isso, Alice está conectada a rede de amigos apenas por apresentar uma relação com Ted.

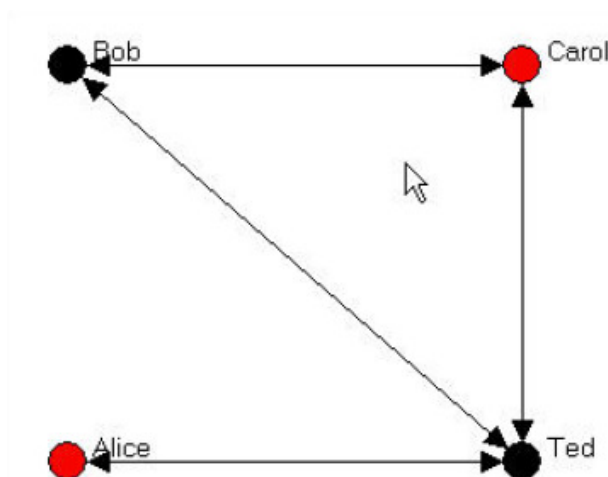


Figura 3.1. Redes de Amigos

Fonte: Elaborada pelo autor.

Uma das características centrais no estudo das redes é a vizinhança dos nós. Os *vizinhos* (*neighbors*) do nó i são os nós que possuem uma ligação direta com o i -ésimo nó. A vizinhança (*neighborhood*) do nó i nada mais é do que o conjunto de vizinhos deste nó, isto é:

$$N_i(g) = \{j \in N : g_{ij} = 1\}. \quad (3.30)$$

A partir da equação (3.30) pode-se denominar o número de vizinhos do nó i na rede g , $\eta_i(g) = |N_i(g)|$, de *grau* (*degree*) do nó i .

Além do conceito de vizinhança baseada na noção de ligação direta, fundamentado na noção de ligação indireta – vizinhos dos vizinhos, vizinhos dos vizinhos dos vizinhos e assim

por diante – é possível estabelecer um outro conceito de vizinhança. Por convenção, seja $N_i^1(g) = N_i(g)$ a vizinhança do nó i . Logo, a vizinhança composta pelos vizinhos e vizinhos dos vizinhos do nó i pode ser representada como $N_i^2(g) = N_i(g) \cup \left(\bigcup_{j \in N_i(g)} N_j(g) \right)$. Por sua vez, o conjunto formado pelos vizinhos, os vizinhos dos vizinhos e os vizinhos dos vizinhos dos vizinhos do nó i seria $N_i^3(g) = N_i^2(g) \cup \left(\bigcup_{j \in N_i^2(g)} N_j(g) \right)$. Generalizando, a d -vizinhança (d -neighborhood) do nó i é dada por:

$$N_i^d(g) = N_i^{d-1}(g) \cup \left(\bigcup_{j \in N_i^{d-1}(g)} N_j(g) \right), \text{ com } d \geq 1. \quad (3.31)$$

Uma rede g pode ser particionada em até $n-1$ grupos distintos a partir dos graus (números de ligações) de seus nós. Define-se $H_k(g)$, com $k = 0, 1, 2, \dots, n-1$, o conjunto formado pelos nós que têm o mesmo grau k , ou seja, por aqueles nós que têm exatamente k vizinhos.

Com base nos conceitos apresentados pode-se construir uma taxonomia de redes que, futuramente, será utilizada para se analisar a matriz brasileira de insumo-produto de 2002. Conforme explica Goyal (2007, p. 10) uma rede é dita *regular* se todos os seus nós tiverem o mesmo número de conexões, ou seja, $\eta_i(g) = n, \forall i \in N$. Uma *rede completa*, g^c , é uma rede regular com $\eta = n-1$, enquanto que uma *rede vazia*, g^v , é uma rede regular com $\eta = 0$. A Figura 3.2 apresenta exemplos de redes regulares com quatro nós.

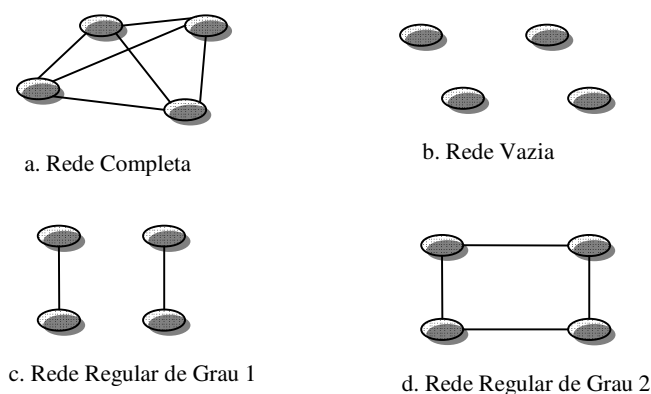


Figura 3.2. Redes Regulares

Fonte: Goyal, 2007, p. 10. (Tradução própria)

Além disso, como se pode observar na Figura 3.3, as redes também podem apresentar uma estrutura de *centro-periferia* (*core-periphery network*). Nesse tipo de estrutura existem dois grupos de nós, $H_1(g)$ e $H_k(g)$, com $k > 1$. Os nós do grupo $H_1(g)$ tem uma única conexão e constituem a periferia da rede. Os nós do grupo $H_k(g)$ constituem o centro da rede e estão conectados, de forma direta, com todos os outros nós do grupo $H_k(g)$ e, conseqüentemente, com todos os nós de $H_1(g)$.

Uma *rede estrela* (*star network*), independentemente de seu formato, é um caso particular da estrutura centro-periferia. Uma *rede estrela interligada* (*interlinked star network*) consiste em uma rede com dois grupos de nós, $H_k(g)$ e $H_{n-1}(g)$, que satisfazem a seguinte condição: $H_i(g) = H_{n-1}(g)$ para todo $i \in H_k(g)$. A rede estrela é um caso especial dessa arquitetura com $|H_{n-1}(g)| = 1$ e $|H_1(g)| = n - 1$. Na rede estrela interligada os nós com $n - 1$ conexões são denominados como nós centrais enquanto que o restante dos nós são conhecidos como periféricos. Os nós centrais são os que tem maior poder de influencia neste tipo de rede. Numa rede que mostre as compras de insumos, por exemplo, podemos dizer que o nó central,

por comprar insumos de todos os outros da rede pode exercer maior poder de barganha.

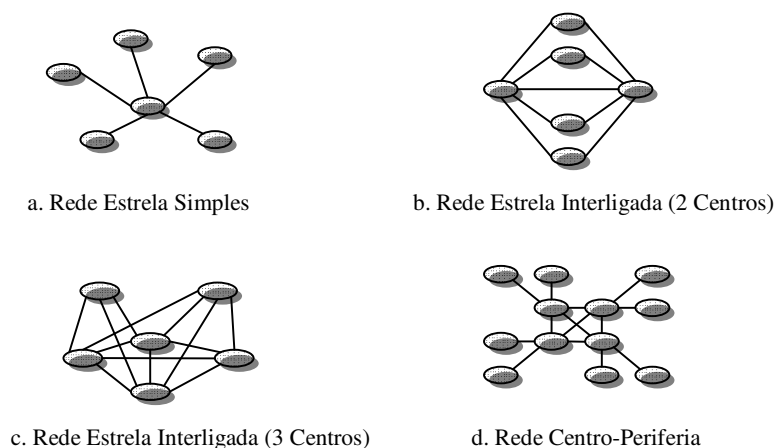


Figura 3.3. Estrutura Centro-Periferia

Fonte: Goyal, 2007, p. 11 (Tradução própria)

Outro tipo de estrutura de redes é a *rede de grupos exclusivos (exclusive group network)*.

A Figura 3.4 apresenta alguns exemplos desse tipo de rede. Uma rede com estrutura de grupos exclusivos possui $m+1$ grupos, sendo $m \geq 1$ grupos distintos. Um caso particular dessa arquitetura é a rede de grupos dominantes (*dominant group network*) ilustrada na Figura 3.5.

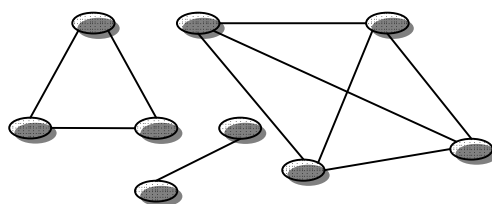


Figura 3.4. Rede de Grupo Exclusivo

Fonte: Goyal, 2007, p. 11 (Tradução própria)

Uma rede de grupos dominantes permite identificar quais os nós da rede que podem

exercer maior influência sobre os outros.

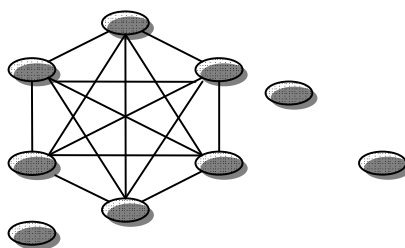


Figura 3.5. Redes de Grupos Dominantes

Fonte: Goyal, 2007, p. 12 (Tradução própria)

Outro tipo de estrutura é a rede linha (*line network*) que consiste em dois grupos de nós, $H_1(g)$ e $H_2(g)$, com $|H_1(g)| = 2$ e $|H_2(g)| = n - 2$. A Figura 3.6. apresenta esse tipo de estrutura. Como o próprio nome sugere a rede tem um formato de linha, que apresenta em suas extremidades dois nós com apenas uma conexão. Os demais nós da rede têm duas conexões cada um.

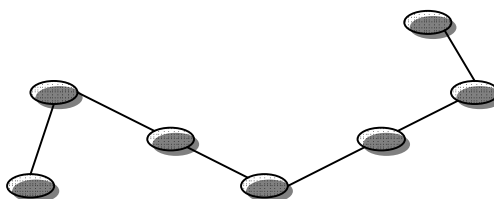


Figura 3.6. Rede Linha

Fonte: Goyal, 2007, p. 12 (Tradução própria)

Em todos os exemplos apresentados até aqui há, relativamente, um pequeno número de nós. Porém, quando se trata de redes do ponto de vista econômico ou social, dificilmente encontra-se uma rede com um número tão pequeno de nós. A Figura 3.7 ilustra uma rede empírica que representa as relações de amizade de dezenas de indivíduos.

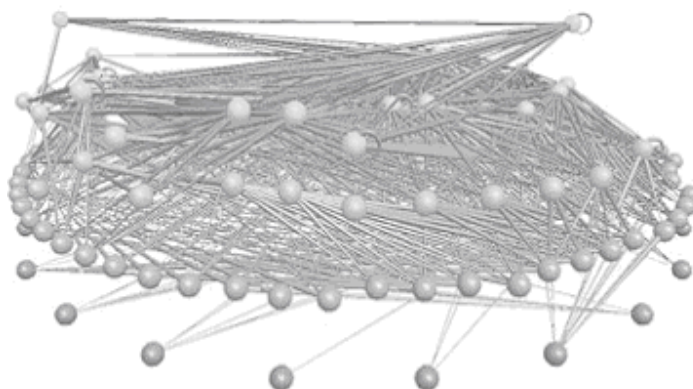


Figura 3.7. Exemplo de uma rede empírica: rede de amigos

Fonte: Strogatz, 2001, p. 269.

Para realizar análises em redes com um grau de complexidade maior, como é o caso da rede exposta na Figura 3.7 e da rede que será analisada neste trabalho, é necessário trabalhar com o conceito de distribuição de graus. Seja $p(k) = \eta_i(g)/n = |N_k(g)|/n$ a frequência (fração) de nós que apresentam grau k numa rede g , lembrando que $\eta_i(g) = |N_i(g)|$ é o número de vizinhos do nó i na rede g e n é o número total de nós da mesma rede. Pode-se, então, definir o grau médio de uma rede g da seguinte maneira:

$$\eta(g) = \sum_{k=0}^{n-1} p(k)k = \sum_{i \in N} \frac{\eta_i(g)}{n}. \quad (3.32)$$

Em outros termos, o grau médio de distribuição das conexões de uma rede nada mais é do que a média de conexões diretas por nó da rede. Por exemplo, para uma rede estrela qualquer, a distribuição de graus tem suporte 1 e $n-1$, com $n-1$ nós tendo grau 1 e um nó tendo grau $n-1$. Neste caso o grau médio da rede é $2 - 2/n$.

Embora não seja suficiente para se extrair informações contundentes, o grau médio de

distribuição das conexões de uma rede é um instrumento importante para a análise de sua estrutura. Porém, pode acontecer de uma rede específica apresentar um elevado grau médio, mas essas conexões serem concentradas em poucos nós. Dessa forma, faz-se necessário criar uma medida de dispersão dos graus de conexão de uma rede, cuja variância é uma medida padrão. O estudo da variância dos graus de conexão de uma rede permite verificar as diferenças de dispersão das conexões entre os seus nós. A variância dos graus de uma rede g é definida como:

$$\text{var}(g) = \sum_{k=0}^{n-1} p(k)[k - \hat{\eta}(g)]^2. \quad (3.33)$$

Por exemplo, a variância em uma rede estrela cresce com n , enquanto que a variância em uma rede regular é zero independentemente do valor de n .

Considera-se o grau de conexão de um nó qualquer em uma rede g uma variável aleatória discreta $\eta(g)$ com suporte $D = \{0,1,2,\dots,n-1\}$. Seja $p(k) = \Pr[\eta(g) = k]$ a probabilidade de que um nó escolhido aleatoriamente na rede g apresente um grau $k \in D$, ou seja, tenha k vizinhos. Logo, $p = (p(0), p(1), p(2), \dots, p(n-1))$ é a distribuição de probabilidades dos graus na rede g . Seja p' uma outra distribuição de probabilidades dos graus da rede g , distinta de p . A distribuição de probabilidades p tem uma dominância estocástica de primeira ordem (*first-order stochastic dominance*) sobre p' se, e somente se,

$$\sum_{k=a+1}^{n-1} p(k) \geq \sum_{k=a+1}^{n-1} p'(k), \text{ para todo } a \in D. \quad (3.34)$$

Em outras palavras, a distribuição p tem uma dominância estocástica de primeira ordem sobre

p' quando a probabilidade de observar um nó com grau maior do que a na rede com distribuição p é superior a respectiva probabilidade na rede com distribuição p' .

A desigualdade (3.34) pode ser restabelecida em termos de distribuição acumulada. Sejam F e G as distribuições acumuladas associadas às distribuições de probabilidades p e p' , respectivamente, então, tem-se que,

$$F(a) = \sum_{k=0}^a p(k) \text{ e } G(a) = \sum_{k=0}^a p'(k), \text{ para todo } a \in D. \quad (3.35)$$

Considerando (3.35), a desigualdade (3.34) pode ser reescrita como segue:

$$\begin{aligned} \sum_{k=a+1}^{n-1} p(k) &\geq \sum_{k=a+1}^{n-1} p'(k), \\ 1 - \sum_{k=0}^a p(k) &\geq 1 - \sum_{k=0}^a p'(k), \\ \sum_{k=0}^a p(k) &\leq \sum_{k=0}^a p'(k), \end{aligned} \quad (3.36)$$

ou seja,

$$F(a) \leq G(a). \quad (3.37)$$

para todo $a \in D$. Sob a condição (3.36) ou (3.37), pode-se demonstrar que a seguinte relação entre os graus médios é válida:

$$\sum_{k=0}^{n-1} p(k)k \geq \sum_{k=0}^{n-1} p'(k)k, \quad (3.38)$$

ou seja, a rede com distribuição de probabilidades p apresenta um grau médio pelo menos igual ao respectivo grau médio da rede com distribuição de probabilidades p' .

Outro conceito útil na teoria sobre redes é a noção de caminho. *Caminho (path)* é uma seqüência de nós conectados entre si (vizinhos). A noção de caminho serve como base para se analisar a “distância” entre dois nós. A *distância geodésica* entre dois nós i e j numa rede g é o comprimento do caminho mais curto entre eles, denotada por $d(i, j; g)$. Dessa forma, pode-se definir a distância média entre os nós de uma rede g como sendo:

$$d(g) = \frac{\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} d(i, j; g)}{n(n-1)}. \quad (3.39)$$

O conceito de distancia média é importante porque permite analisar a velocidade com que os efeitos das alterações nos nós se propagam pela rede como um todo. Por exemplo, uma rede de produção econômica que apresenta uma distância média relativamente pequena entre seus nós será afetada mais rapidamente, caso um de seus nós venha a sofrer bruscas alterações, do que se comparado a uma rede que apresenta distâncias maiores. Isso porque os efeitos econômicos em uma rede com distância pequena entre seus nós tende a se propagar rapidamente.

Outro instrumento importante na análise empírica de redes e que, portanto, será útil na realização desse trabalho, é o conceito de *centralidade*. Este permite conhecer o quão centralizadas são as conexões de uma rede. A *centralidade do grau (degree centrality)* de um nós i diz respeito a proeminência deste nó na rede em termos de grau. Formalmente, a centralidade do grau é simplesmente o seu grau $\eta_i(g)$ normalizado pelo grau máximo possível $n-1$, ou seja:

$$C_d(i; g) = \frac{\eta_i(g)}{n-1}. \quad (3.40)$$

Em geral, pode-se estender esse conceito de centralidade para se estudar a centralização de uma rede como um todo. Denotando i^* como o nó que atinge o maior grau de centralidade numa rede g e, portanto, $C_d(i^*; g)$ como sua, respectiva, centralidade, pode-se escrever a *centralização do grau (degree centralization)* de uma rede g da seguinte maneira:

$$C_d(g) = \frac{\sum_{i=1}^n [C_d(i^*; g) - C_d(i; g)]}{\max_{g \in \bar{G}} [\sum_{i=1}^n [C_d(i^*; g') - C_d(i; g')]]}. \quad (3.41)$$

Para alguns nós o grau mínimo de centralização será 1 enquanto que o máximo será $n - 1$. Dessa forma, a centralização (padronizada) máxima possível será $(n - 2)(n - 1) / (n - 1)$. Conseqüentemente, a equação que representa o grau de centralidade de uma rede pode ser reescrita como:

$$C_d(g) = \frac{\sum_{i=1}^n [C_d(i^*; g) - C_d(i; g)]}{n - 2}. \quad (3.42)$$

Uma forma alternativa para se medir a centralidade do grau de uma rede é através do conceito de distância. Neste caso o conceito de centralização seria interpretado como um nível de distância entre os nós. Dado que a distância total do nó i em relação a todos os outros nós da rede g é definida por:

$$\sum_{i \neq j} d(i, j; g), \quad (3.43)$$

pode-se definir a centralização do nó i da seguinte maneira:

$$C_c(i; g) = \frac{n-1}{\sum_{i \neq j} d(i, j; g)}. \quad (3.44)$$

E, a partir de (3.44) obtém-se o nível de proximidade de todos os nós da rede,

$$C_c(g) = \frac{\sum_{i=1}^n [C_c(i^*; g) - C_c(i; g)]}{(n-2)(n-1)/(2n-3)}. \quad (3.45)$$

Por fim, ainda cabe destacar a análise de *cluster*. Esta análise serve para identificar grupos de nós com as mesmas características. Com a identificação desses grupos, por exemplo, torna-se possível agrupar setores produtivos com características semelhantes. Definindo o *coeficiente de cluster* de determinado nó i (com pelo menos duas conexões) como a proporção de vizinhos do nó que são vizinhos de outros nós,

$$Cl_i(g) = \frac{\sum_{l \in N_i(g)} \sum_{k \in N_i(g)} g_{lk}}{n_i(n_i - 1)}. \quad (3.46)$$

Pode-se obter o coeficiente de cluster para uma rede como um todo de duas formas distintas. A primeira maneira é através do cálculo de uma média ponderada,

$$Cl_u(g) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{l \in N_i(g)} \sum_{k \in N_i(g)} g_{lk}}{n_i(n_i - 1)}. \quad (3.47)$$

Para uma rede estrela o nível de cluster para o nó central é zero. Isso porque os vizinhos do nó central não são vizinhos de nenhum outro nó. Contrariamente, em uma rede completa o coeficiente de cluster é 1 para cada nó e, conseqüentemente, para a rede como um todo.

A outra possibilidade de cálculo consiste em dar um peso para cada nó a depender do seu número de conexões. Neste caso, o coeficiente de cluster é calculado da seguinte maneira:

$$Cl_w(g) = \frac{\sum_{l \in N'(g)} \sum_{i \in N_i(g)} \sum_{k \in N_i(g)} g_{ik}}{\sum_{i \in N'} n_i(n_i - 1)}. \quad (3.48)$$

na qual N' é um nó que tem dois ou mais vizinhos.

Por fim, cabe destacar que todas as medidas/índices apresentadas neste tópico serão utilizadas como base para se analisar as relações entre os setores produtivos da economia brasileira contemporânea. Isso porque, essas ferramentas permitem identificar os setores-chave de uma economia, ou seja, permitem identificar os setores econômicos que exercem maior poder de influência sobre a economia como um todo. Lembrando que, os cálculos dessas medidas/índices serão realizados com a ajuda do *software* UCINET¹².

¹² Esse *software*, bastante reconhecido por analistas de redes sociais e gratuito por 60 dias, está disponível em <http://www.analytictech.com/ucinet/ucinet.htm>. O UCINET possui um pacote completo para a análise de redes e pode ler vários formatos de arquivos (word, excel etc). Dentro da gama de análises que podem ser realizadas com esse *software* destacam-se: medidas de centralidade, identificação de subgrupos, medidas de distância geodésica, álgebra matricial e estatística multivariada. Porém, cabe destacar que as análises desse programa estão limitadas a um número máximo de 32.767 nós.

4. SETORES-CHAVE DA ECONOMIA BRASILEIRA CONTEMPORÂNEA

Neste capítulo será realizado um estudo sobre as propriedades da estrutura produtiva da economia brasileira contemporânea. Para tanto, com base na matriz brasileira de insumo-produto referente ao ano de 2002 e com a ajuda do *software* UCINET, serão criadas duas redes que representem as relações setoriais da economia brasileira: a primeira dará ênfase sobre as origens dos insumos utilizados pelo sistema produtivo nacional, enquanto que a segunda destacará as demandas de cada setor produtivo. Além disso, serão calculados diversos indicadores de interdependência setorial. Os indicadores e as redes serão utilizados para a identificação dos setores produtivos com maior poder de influência sobre o sistema econômico brasileiro contemporâneo, que é o objetivo principal deste estudo.

4.1. Setores Fornecedores de Insumos

Neste tópico busca-se identificar quais são os setores que se destacam como fornecedores de insumos dentro da economia brasileira contemporânea. A identificação desses setores é importante para evitar gargalos no sistema produtivo nacional, bem como para identificar quais são os setores que tem maior poder de influência dentro do sistema econômico como um todo, permitindo assim, que os formuladores de políticas econômicas elaborem planos estratégicos a fim de assegurar o pleno funcionamento do sistema econômico.

A Figura 4.1 apresenta uma rede¹³ construída através da matriz insumo-produto

¹³ Nessa rede, quando existe uma conexão entre dois setores quaisquer, pode-se dizer que o setor produtivo caracterizado por um quadrado azul compra ao menos 10% de seus insumos do setor que está caracterizado por um círculo vermelho. Para o setor de Automóveis, por exemplo, pode afirmar que, ao menos, 10% de todos os seus insumos são importados do Resto do Mundo.

Agropecuário, por exemplo, é um importante fornecedor de insumos para outros nove setores produtivos, são eles: Carnes, Laticínios, Óleos Vegetais, Alimentos e Bebidas, Indústria Química, Produtos Vegetais, Madeiras e Móveis, Café e Açúcar. Isso implica que um problema qualquer na produção do setor agropecuário afeta diretamente todos os setores acima elencados.

Em relação ao setor Resto do Mundo percebe-se, conforme evidencia a Figura 4.2, que os setores Metalurgia de Não Ferrosos, Material Elétrico, Refino de Petróleo, Produtos Farmacêuticos, Produtos Químicos, Material Eletrônico, Material Plástico, Peças e Acessórios, Têxtil, Borracha e Automóveis, importam ao menos 10% dos insumos que utilizam e, portanto, são os setores que mais enfrentam dificuldades dado o encarecimento do dólar americano frente ao real, que aumentou de R\$1,60 para a casa dos R\$2,40 entre julho e agosto de 2008. Esse cenário é ainda mais grave se levado em conta as dificuldades, por causa da crise de liquidez, que estes setores estão enfrentando para financiar sua produção.

Outro setor de destaque no fornecimento de insumos ao sistema produtivo brasileiro contemporâneo é o setor Famílias, quase todos os outros setores produtivos dependem diretamente da utilização de seus insumos. A importância desse setor é explicada pelo fato de que toda atividade produtiva está vinculada a utilização de mão de obra familiar. Por fim, também cabe destacar o setor Refino de Petróleo como um dos mais importantes fornecedores de insumos da economia brasileira. Pela análise da Figura 4.1 percebe-se que oito setores produtivos compram pelo menos 10% de seus insumos do setor Refino de Petróleo. Isso significa que as elevações nos preços do petróleo afetam diretamente oito setores produtivos brasileiros, são eles: transporte, extrativa mineral, refino de petróleo, minerais não-metálicos, comércio, material plástico, produtos químicos e borracha. Portanto, esses setores serão os maiores prejudicados com o aumento na cotação do barril do petróleo, bem como serão os

maiores beneficiados com uma redução na cotação. A identificação desses setores é importante porque permite que o governo realize políticas para anular ou amenizar efeitos das variações nos preços dessa commodity. Por exemplo, quando o barril do petróleo negociado em Nova Iorque chegou a custar, aproximadamente, \$143,00 em julho de 2008, o governo brasileiro, na tentativa de evitar pressões inflacionárias, poderia ter reduzido impostos dos setores selecionados nesse trabalho. Porém, a ferramenta utilizada pelos formuladores de políticas econômicas foi o “enfraquecimento” da demanda, através da elevação da taxa de juros básica – Selic.

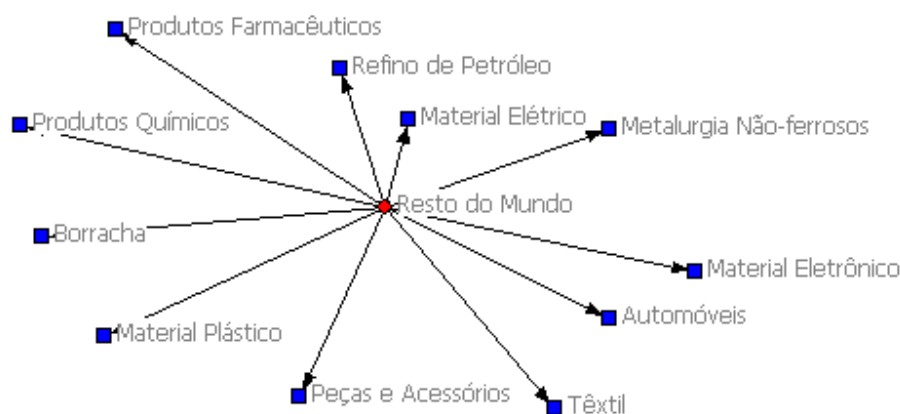


Figura 4.2. Setores que possuem relações de grau 1 com o Resto do Mundo

Fonte: Elaborado pelo Autor.

De forma geral, a Figura 4.1 permite identificar os setores que exercem maiores pressões inflacionárias sobre o sistema produtivo brasileiro contemporâneo. Por exemplo, os quatro setores destacados neste tópico sofreram pressões inflacionárias recentemente: Refino de Petróleo (o preço do barril de petróleo chegou a ser negociado em torno de 150 dólares), Resto do Mundo (a cotação do Dólar frente ao Real passou de R\$1,62 para, aproximadamente, R\$2,40 em menos de um mês), Agropecuária (puxado principalmente pela demanda chinesa os preços dos alimentos mais que dobraram durante o ano de 2008) e Famílias (aumentos reais no salário

mínimo durante os últimos oito anos). Todos esses fatos exerceram pressões inflacionárias sobre a estrutura produtiva dos setores destacados neste tópico. Conseqüentemente, essas pressões inflacionárias foram repassadas, através das ligações que a rede de relações intersetoriais evidencia, para o sistema produtivo brasileiro contemporâneo como um todo.

Outra ferramenta útil na análise de redes é a identificação de grupos exclusivos. Neste tipo de análise são agrupados os setores que possuem relações setoriais semelhantes, seja pela quantidade de conexões que esses setores possuem com outros setores seja pelo tipo de conexão. Conforme mostra a Figura 4.3, para a rede que representa as relações dos setores fornecedores de insumos da economia brasileira foram identificados três grupos exclusivos: o primeiro grupo que é composto pelos setores de Siderurgia, Laticínios, Indústria Química, Papel e Celulose, Café e Açúcar agrupa todos os setores que possuem ligações de grau $k = 1$; já o segundo grupo é constituído pelos setores de Indústrias Diversas, Máquinas e Tratores, Outros Prod. Metalúrgicos, Prod. Vegetais, Calçados e Couros, Madeira, Carnes, Agropecuária, Alimentos e Bebidas, Peças e Acessórios, Borracha, Óleos Vegetais, Vestuário, Farmácia, Automóveis, Eletrônica, Extrativa Mineral, Material Elétrico, Metalurgia Não-Ferrosos, Têxtil e Transporte, englobando todos os setores que possuem ligações de grau $1 < k \leq 3$. Por fim, o terceiro grupo é composto por todos os setores com ligações de grau $k > 3$, são eles: Aluguel de Imóveis, Petroquímico, Instituições Financeiras, Serviços, Comércio, Comunicações, Construção Civil, Governo, Famílias, Refino de Petróleo, Material Plástico, Minerais Não-Metálicos, Resto do Mundo e Produtos Químicos. Cabe lembrar que quanto maior o grau de ligação de um determinado setor produtivo maior será a velocidade de propagação das variações econômicas, em outras palavras, quanto maior for o número de conexões de um determinado setor mais rapidamente ele afetará a economia como um todo. Sendo assim, oscilações verificadas nos

setores que compõem o terceiro grupo da Figura 4.3 tendem a afetar a economia de forma mais rápida do que as oscilações verificadas em todos os outros setores que não fazem parte desse grupo.

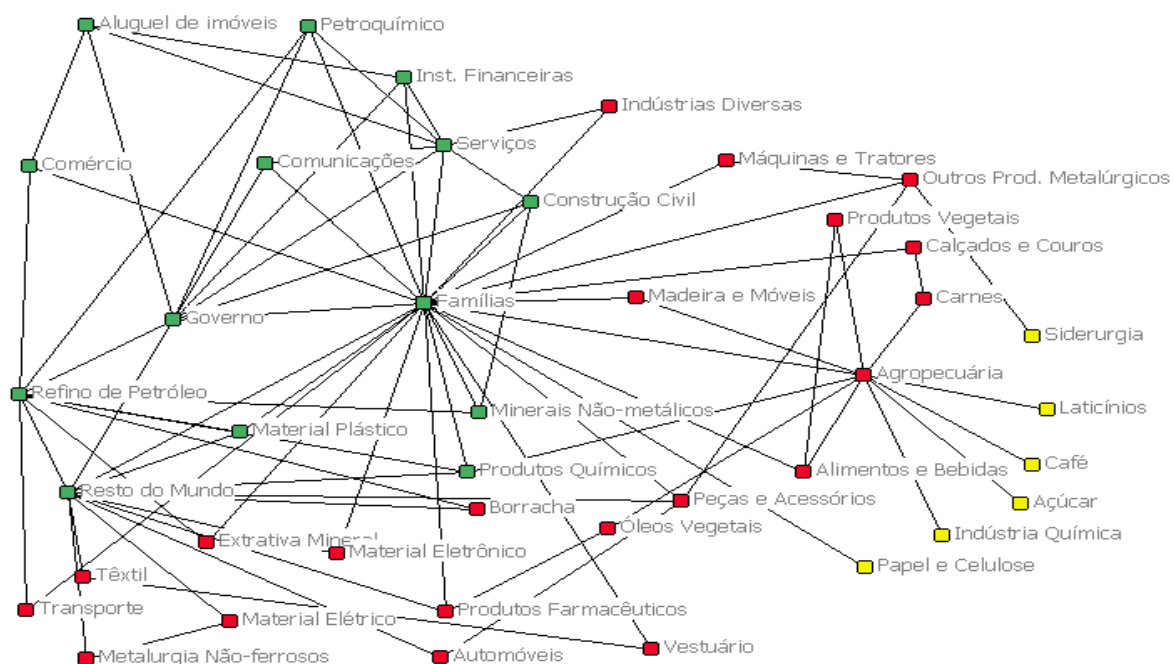


Figura 4.3. Redes de grupos semelhantes: foco nos setores fornecedores de insumos

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Além das ferramentas gráficas até aqui utilizadas pode-se, ainda, para realizar as análises das relações intersetoriais da economia brasileira contemporânea, fazer uso de matrizes adjacentes (matrizes de “zeros” e “uns”). Utilizando matrizes adjacentes, ver um exemplo na Tabela 4.1¹⁴, pode-se calcular diversas medidas de conexão que ajudam no entendimento das características da rede de relações intersetoriais. Por exemplo, pode-se calcular o número de conexões possíveis de uma rede – $(K*K-I)$ onde K é o número de conexões possíveis de cada

¹⁴ Nessa matriz, o valor “um” indica que o setor que está na linha vende insumos para o setor da coluna. Já o valor “zero” indica a não existência dessa relação.

elemento que compõe a rede – e o número de conexões que de fato existem. Essas medidas são importantes porque o tamanho da rede influencia diretamente no grau de ligação entre os setores produtivos e, conseqüentemente, num maior ou menor grau de diversificação da economia.

Tabela 4.1 - Exemplo de uma matriz adjacente

	Agropecuário	Setor Público	Petroquímico	Bebidas
Agropecuário	1	1	0	1
Setor Público	0	0	0	0
Petroquímico	1	1	1	1
Bebidas	0	1	0	0

Fonte: Elaborada pelo autor.

Com base na tabela de insumo-produto construída para o ano de 2002 foi criada uma matriz adjacente que representa os setores que fornecem insumos para a economia brasileira contemporânea e, calculadas diversas medidas de conexões. Os resultados estão expressos na Tabela 4.2. Nessa Tabela, o *grau de conexão* apresenta o grau médio de conexão de cada setor. Com essa medida pode-se analisar o grau de influência que cada setor produtivo exerce sobre todos os outros setores. Destaque para o setor de Famílias, Resto do Mundo, Agropecuária e Governo, que possuem relações econômicas diretas com, aproximadamente, 61%, 26%, 24% e 22% dos outros setores, respectivamente. Já o *desvio padrão* dos setores mostra como o número de conexões de cada setor pode variar em relação ao número de conexões média da rede. Dado que quanto maior o desvio padrão de um determinado setor maiores serão as dificuldades em se prever os impactos das oscilações em algum indicador econômico qualquer, pode-se dizer, por exemplo, que quanto maior for esse indicador, maiores serão as dificuldades em se prever os impactos de um aumento na taxa de juros sobre a produção de um setor específico. Fazendo referência a matriz que representa as relações dos setores fornecedores de insumos da economia brasileira contemporânea, destacam-se os setores: Agropecuária, Refino de Petróleo, Famílias,

Resto do Mundo e Governo. Esses setores apresentam conexões com desvio padrão de 0,43; 0,40; 0,49; 0,44 e 0,41; respectivamente e, por isso, são os que apresentam maiores dificuldades para se prever oscilações de comportamento.

Tabela 4.2 – Medidas de conexões dos setores produtivos vendedores de insumos

Setores produtivos	Grau de conexão	Desvio padrão
Agropecuária	0,244	0,429
Extrativa mineral	0,024	0,154
Petroquímico	0,024	0,154
Minerais não-metálicos	0,049	0,215
Siderurgia	0,049	0,215
Metalurgia não-ferrosos	0,049	0,215
Outros prod. Metalúrgicos	0,073	0,260
Máquinas e tratores	0,000	0,000
Material elétrico	0,000	0,000
Material eletrônico	0,000	0,000
Automóveis	0,000	0,000
Peças e acessórios	0,049	0,215
Madeira e móveis	0,024	0,154
Papel e celulose	0,024	0,154
Borracha	0,024	0,154
Indústria química	0,000	0,000
Refino de petróleo	0,195	0,396
Prod. Químicos	0,049	0,215
Prod. Farmacêuticos	0,000	0,000
Material plástico	0,000	0,000
Têxtil	0,049	0,215
Vestuário	0,024	0,154
Calçados e couro	0,024	0,154
Café	0,024	0,154
Prod. Vegetais	0,024	0,154
Carnes	0,024	0,154
Laticínios	0,024	0,154
Açúcar	0,024	0,154
Óleos vegetais	0,049	0,215
Alimentos e bebidas	0,000	0,000
Indústrias diversas	0,000	0,000
Construção civil	0,024	0,154
Comércio	0,024	0,154
Transporte	0,000	0,000
Comunicações	0,000	0,000
Inst. Financeiras	0,024	0,154
Serviços	0,122	0,327
Aluguel e imóveis	0,024	0,154
Famílias	0,610	0,488
Resto do mundo	0,268	0,443
Governo	0,220	0,414

Fonte: Elaborada pelo autor.

Outra medida importante quando se trata de teoria de Redes Sociais é a medida de

densidade, que nada mais é do que a simples divisão do número de conexões existentes na rede pelo número de conexões possíveis. Lembrando que a densidade permite medir a velocidade com que as informações se difundem por uma rede. Dessa forma, quanto mais densa for uma rede qualquer mais rapidamente se propagarão as informações por essa rede. Para o caso brasileiro, os resultados estão explícitos na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Medida de Densidade: foco nos fornecedores de insumos

Tipo de Rede	Densidade
Rede dos fornecedores de insumos	0,0601

Fonte: Elaborada pelo autor.

Dado que a velocidade de difusão das informações por uma rede é considerada elevada se a medida de densidade for superior a 0,05; pode-se dizer que a rede que representa as relações dos setores que fornecem insumos para o sistema produtivo nacional, Figura 4.1., apresenta velocidade de propagação de efeitos econômicos superiores ao nível considerado normal. Isso implica que oscilações econômicas bruscas – sejam positivas ou negativas – se propagam pela economia brasileira com intensa rapidez e, conseqüentemente, permitem uma margem menor de tempo para que os formuladores de políticas econômicas tomem iniciativas a fim de evitar esses tipos de oscilações. Uma medida que serve de complemento para se realizar análises sobre a densidade da rede é a *distância geodésica*. Como explicado no capítulo anterior, a distância geodésica nada mais é do que a distância de menor caminho entre dois nodes. Dessa forma, quanto menor for essa medida, mais densa será a rede em questão.

Conforme mostra a Tabela 4.4, em anexo, a distância geodésica do setor de serviços em relação ao setor de agropecuária é de 3,0 nodes. Isso implica que o menor caminho possível que liga esses setores passa obrigatoriamente por, pelo menos, três setores. Na mesma figura, além

das distâncias entre os setores produtivos, também, foi calculado a distância geodésica média da rede que representa os setores fornecedores de insumos da economia brasileira, chegando ao valor de 2,47 nodes. Dado que as redes que possuem indicadores de distância geodésica menor do que 3,0 são classificadas como redes densas, pode-se dizer que a rede que representa o sistema produtivo nacional se enquadra nesse perfil. Nesse mesmo sentido também se pode calcular o número de caminhos que ligam dois setores produtivos. Esse tipo de medida é importante para mensurar a dependência e a vulnerabilidade entre os setores produtivos, pois quanto menor for o número de caminhos que ligam um setor produtivo aos outros setores que compõem a rede maior será a dependência e a vulnerabilidade desse setor em relação aos outros. De forma contrária, quanto maior o número de caminhos que ligam um setor ao resto da rede maior será a influência desse setor sobre a rede. A Tabela 4.5, em anexo, apresenta uma matriz que mostra o número de caminhos que ligam os setores produtivos brasileiros, destaque para os setores de Serviços, Governo, Resto do Mundo, Famílias, Refino de Petróleo e Construção Civil, que são os setores que mais possuem caminhos ligando-os com a rede.

Outro instrumento importante na análise empírica de redes é o *coeficiente de Cluster*. Este tipo de análise serve para identificar grupos de nós com características semelhantes e, portanto, pode ser usada para agrupar setores econômicos que possuem relações intersetoriais semelhantes. Na Tabela 4.6 são apresentadas duas medidas de cluster. A primeira (0,607) é a média simples das densidades de todos os clusters enquanto na segunda (0,599) são dados pesos maiores para os clusters maiores. Lembrando que se a densidade da rede como um todo for menor que a média das densidades dos clusters, então, pode-se dizer que a rede apresenta grande número de clusters, ou seja, é uma rede mais segmentada. Para a rede construída nesta seção, Figura 4.1, verifica-se que sua densidade (0,060) é menor que a média das densidades de todos

os seus clusters (0,607), portanto, pode-se afirmar que a rede que representa os setores que fornecem insumos para a economia brasileira contemporânea é extremamente segmentada.

Tabela 4.6 – Análise de Cluster: foco nos fornecedores de insumos

Tipo de Medida	Coefficiente de Cluster
Média simples	0,607
Média ponderada	0,599

Fonte: Elaborada pelo autor.

Por fim, cabe calcular o grau de centralidade da rede. O conceito de centralidade pode ser interpretado como uma medida do nível de distância entre os nós da rede. Essa medida é importante porque serve para medir a velocidade com que os efeitos das alterações nos nós se propagam pela rede como um todo. Quanto mais centralizada for uma rede menor será a distância média entre seus nós e, portanto, maior será a velocidade de propagação dos efeitos das alterações nos nós. Os resultados de nosso estudo empírico estão na Tabela 4.7. Nela temos um grau de centralidade de 35,69%, significando que 35,69% dos setores que fornecem insumos para a economia nacional estão numa região central da rede. Dessa forma, a distância entre esses setores é pequena e, portanto os efeitos das variações em suas produções afetarão rapidamente os outros setores produtivos.

Tabela 4.7 – Centralidade: foco nos fornecedores de insumos

Tipo de Rede	Grau de Centralidade
Rede dos fornecedores de insumos	35,69%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em suma, tendo em vista todas as análises realizadas neste tópico, pode-se afirmar que a rede que representa as relações dos setores que fornecem insumos para o sistema produtivo brasileiro contemporâneo possui as seguintes características: é densa, possui baixa distância geodésica, apresenta um alto coeficiente de cluster e possui um grau de centralidade elevado. Além disso, pode-se inferir que os setores que exercem maior poder de influência sobre o sistema econômico como um todo, são: Famílias, Agropecuária, Resto do Mundo e Refino de Petróleo. Isso porque, entre outras coisas, esses setores são os responsáveis por grande parte do fornecimento de insumos da economia nacional.

4.2. Setores Compradores de Insumos

No tópico anterior, foram elencados os setores fornecedores de insumos que possuem maior poder de influência sobre o sistema produtivo nacional. Neste, também, serão mostrados quais setores podem exercer maior poder de influência sobre o sistema produtivo como um todo, porém, aqui, será dada ênfase nos setores compradores de insumos. Saber quais setores que, através de suas demandas, exercem maior poder de influência sobre o sistema econômico como um todo é importante porque permite que o governo, principalmente em épocas de crises econômicas, tome medidas anticíclicas de forma mais eficiente. Para identificar esses setores, da mesma forma que no tópico anterior, foi construída uma rede – Figura 4.4 – que representa as relações de compra e venda entre os setores produtivos. Essa rede¹⁵ permite visualizar quais são

¹⁵ Nessa rede, quando existe uma conexão entre dois setores quaisquer, pode-se dizer que o setor produtivo caracterizado por um círculo vermelho vende ao menos 10% de seus produtos para o setor caracterizado por um quadrado azul. Para o setor de Material Plástico, por exemplo, pode afirmar que, ao menos, 10% de todos os seus produtos são vendidos para a Construção Civil.

os setores que, pelo lado da demanda, podem influenciar de maneira mais significativa o sistema econômico como um todo.

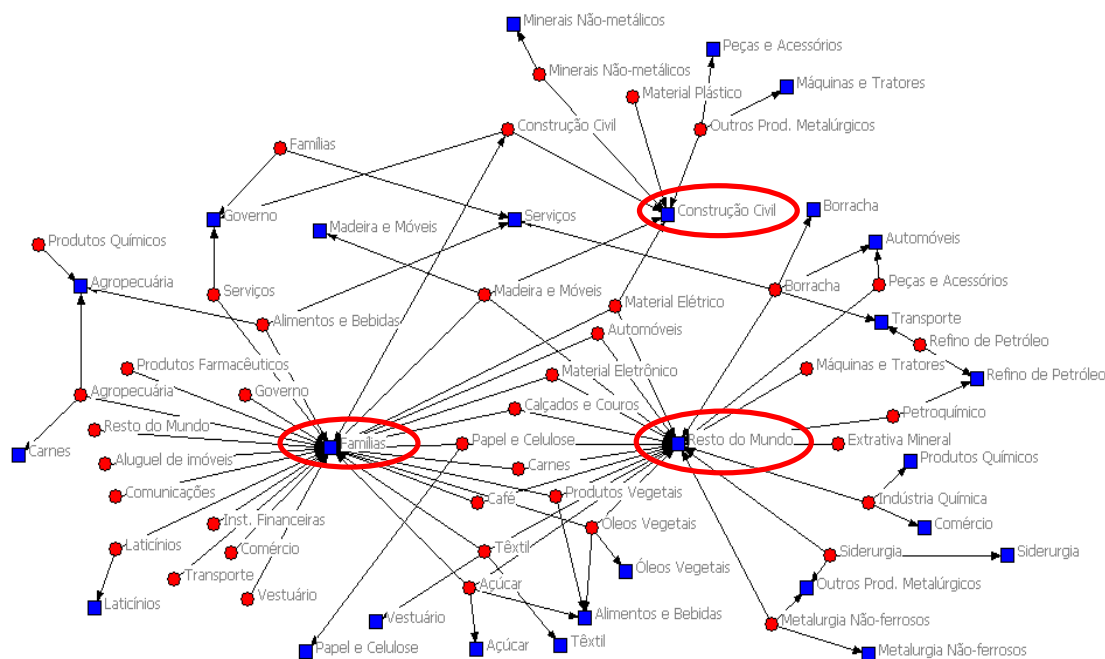


Figura 4.4. Rede de relações intersetoriais: foco nos compradores de insumos

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em análise a Figura 4.4 percebe-se que os setores produtivos que mais se destacam como compradores de insumos dentro do sistema produtivo brasileiro contemporâneo são: Construção Civil, Famílias e Resto do Mundo. Esses três setores somados compram grande parte de tudo que é produzido pelo sistema produtivo e, conseqüentemente, são os setores que podem exercer grande influência sobre o sistema econômico como um todo. O setor de Construção Civil, conforme mostra a Figura 4.5, demanda importantes quantidades de produtos de pelo menos outros seis setores produtivos, são eles: Outros Produtos Metalúrgicos, Material Plástico, Minerais Não-Metálicos, Madeiras e Móveis, Construção Civil e Material Elétrico. Isso implica que as oscilações na demanda do setor de Construção Civil implicam diretamente em oscilações

na produção de todos os setores elencados. Esse resultado é extremamente preocupante, pois, por operar alavancado e necessitar de grandes volumes de recursos financeiros para a realização de novos projetos, o setor de Construção Civil está sendo um dos setores mais afetados pela crise de liquidez internacional iniciada em 2008. Segundo dados da Empresa Brasileira de Estudos sobre Patrimônio (Embraesp), as dez maiores empresas do setor de construção civil planejavam lançar R\$ 18 bilhões de reais em novos empreendimentos em 2009, porém com a falta de crédito essa meta já foi reduzida para pouco mais de R\$ 5 bilhões. Isso implica numa demanda menor por produtos, principalmente, dos setores que destacamos como tendo relação direta com o setor de construção civil.

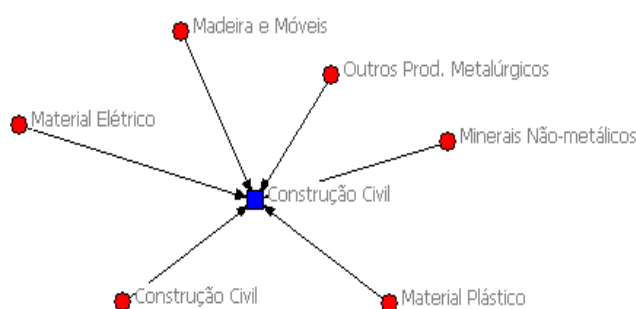


Figura 4.5. Setores que possuem relações de grau 1 com o setor de Construção Civil

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em relação ao setor de Famílias pode-se afirmar que esse exerce grande influência sobre o sistema produtivo brasileiro, pois conforme evidência a Figura 4.6, outros vinte e quatro setores (entre eles: Serviços, Agropecuária, Alimentos e Bebidas, Papel e Celulose, Resto do Mundo, Automóveis, Material Eletrônico, Transportes, Calçados e Couros, Madeiras e Móveis, Laticínios e Material Elétrico) vendem pelo menos 10% de suas produções para o mesmo. Isso significa que a quantidade produzida de outros vinte e quatro depende, de forma direta, da demanda das Famílias.

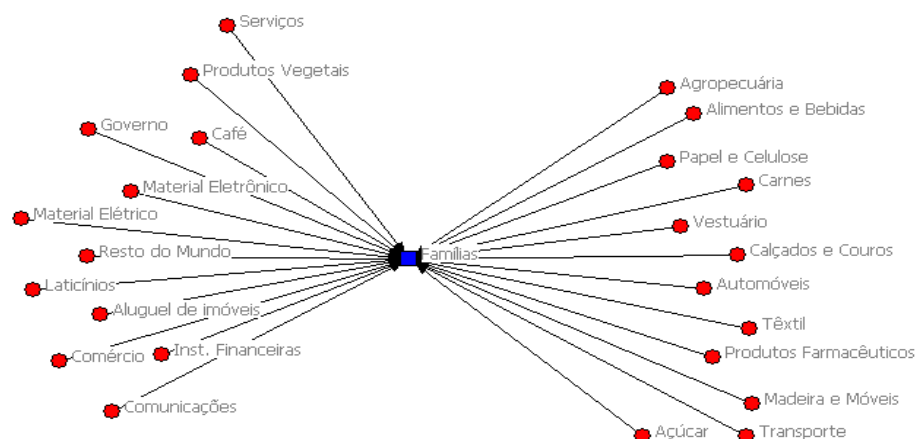


Figura 4.6. Setores que possuem relações de grau 1 com o setor Famílias
 Fonte: Elaborado pelo Autor.

Por fim, outro setor demandante de grande destaque no sistema produtivo brasileiro é o Resto do Mundo. Conforme evidenciado pela Figura 4.7, este setor possui relações com outros vinte setores produtivos e conseqüentemente as oscilações em sua demanda impactam de forma intensa sobre a economia brasileira. Além disso, esse setor deve ser destacado pelo fato de se projetar, em 2009, uma recessão econômica para a grande maioria dos países desenvolvidos, entre eles: EUA, Alemanha, Inglaterra, Japão, Espanha, França, etc. Com a eminente recessão econômica mundial, diversas empresas exportadoras brasileiras estão se preparando para uma redução na demanda do setor Resto do Mundo, o que está refletindo no nível geral de empregos da economia. Segundo dados do Cadastro Nacional de Empregados e Desempregados divulgados pelo CAGED, em dezembro de 2008, a economia brasileira fechou 654.946 postos de trabalho.

Além de elencar os setores compradores de insumos que exercem maior influência sobre o sistema econômico, realizar-se-á aqui, da mesma forma que no tópico anterior, o cálculo de diversos indicadores setoriais. O primeiro desses indicadores é o cálculo do número de grupos exclusivos. Como evidencia a Figura 4.8, para os setores compradores de insumos da economia

brasileira foram identificados três grupos exclusivos: o primeiro é composto pelos setores de Extrativa Mineral, Minerais Não-Metálicos, Material Plástico, Comunicações, Prod. Farmacêuticos, Instituições Financeiras e Laticínios. Esses setores, segundo essa metodologia, exercem pouca influência sobre o restante do setor produtivo brasileiro contemporâneo, isso porque, eles possuem apenas uma conexão ligando com os outros setores da rede.

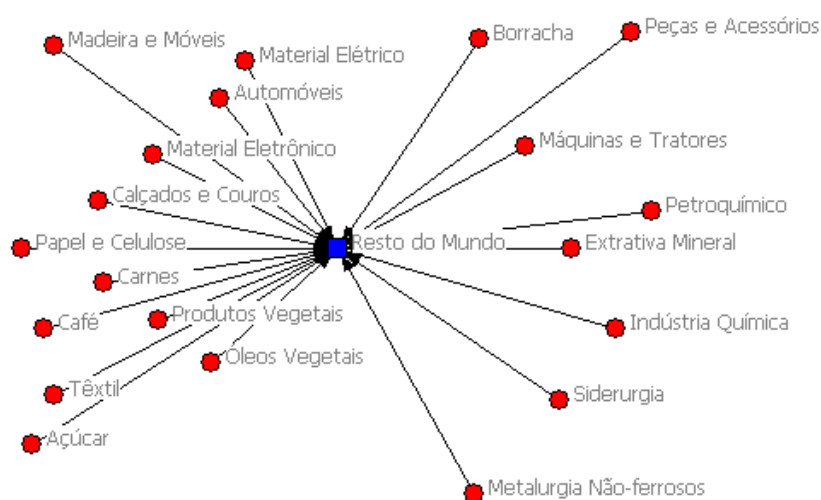


Figura 4.7. Setores que possuem relações de grau 1 com o setor Resto do Mundo

Fonte: Elaborado pelo Autor.

O segundo grupo é constituído pelos setores de Peças e Acessórios, Metalurgia Não-Ferrosos, Máquinas e Tratores, Siderurgia, Outros Prod. Metalúrgicos, Petroquímica, Refino de Petróleo, Indústria Química, Calçados e Couro, Café, Transporte, Prod. Químicos, Comércio, Têxtil e Vestuário. Por fim, o terceiro, que é o grupo com maior influência sobre a economia, é composto pelos seguintes setores: Agropecuária, Carnes, Produtos Vegetais, Alimentos e Bebidas, Óleos Vegetais, Aluguel de Imóveis, Açúcar, Borracha, Famílias, Resto do Mundo, Papel e Celulose, Serviços, Governo, Indústrias Diversas, Automóveis, Madeiras e Móveis, Material Elétrico e Construção Civil.

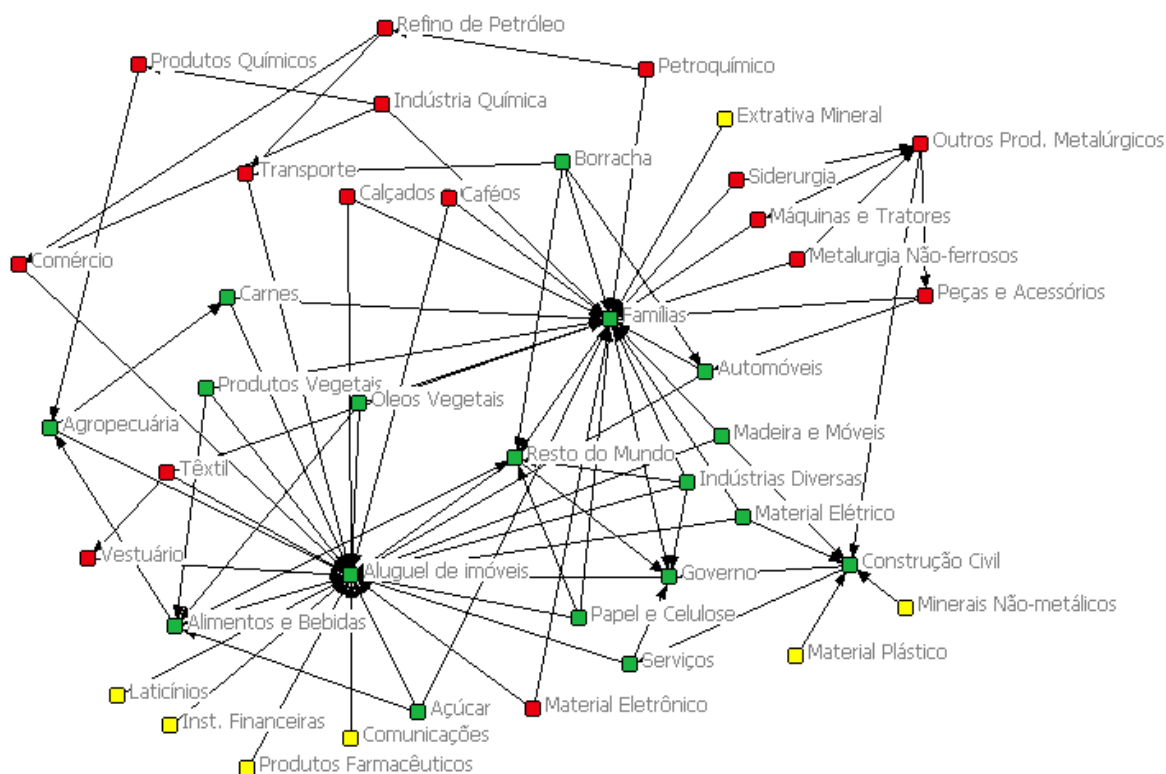


Figura 3.8. Redes de grupos semelhantes: foco nos setores compradores de insumos

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Complementando a análise até aqui desenvolvida realizar-se-á, através da rede que representa as relações entre os setores compradores de insumos da economia brasileira contemporânea, o cálculo de alguns outros índices de interdependência setorial, a começar pelo grau médio de conexão de cada setor. Conforme evidencia a Tabela 4.8, os setores que possuem os maiores graus de conexões são os setores de Borracha e Indústrias Diversas, que possuem relações econômicas com, aproximadamente, 10% de todas as relações possíveis. Além disso, a segunda coluna da Tabela 4.8 mostra o desvio padrão dos setores. Lembrando que, quanto maior o desvio padrão de um determinado setor produtivo maior será a dificuldade em se prever os impactos das oscilações em algum indicador econômico qualquer. Para o caso analisado, os setores que apresentam maior desvio padrão são os de Borracha e Indústrias Diversas.

Tabela 4.8 – Medidas de conexões dos setores produtivos compradores de insumos

Setores produtivos	Grau de conexão	Desvio Padrão
Agropecuária	0,050	0,218
Extrativa mineral	0,025	0,156
Petroquímico	0,050	0,218
Minerais não-metálicos	0,025	0,156
Siderurgia	0,050	0,218
Metalurgia não-ferrosos	0,050	0,218
Outros prod. Metalúrgicos	0,075	0,263
Máquinas e tratores	0,025	0,156
Material elétrico	0,075	0,263
Material eletrônico	0,050	0,218
Automóveis	0,050	0,218
Peças e acessórios	0,050	0,218
Madeira e móveis	0,075	0,263
Papel e celulose	0,075	0,263
Borracha	0,100	0,300
Indústria química	0,075	0,263
Refino de petróleo	0,050	0,218
Prod. Químicos	0,025	0,156
Prod. Farmacêuticos	0,025	0,156
Material plástico	0,025	0,156
Têxtil	0,075	0,263
Vestuário	0,075	0,156
Calçados e couro	0,050	0,218
Café	0,050	0,218
Prod. Vegetais	0,075	0,263
Carnes	0,050	0,218
Laticínios	0,025	0,156
Açúcar	0,075	0,263
Óleos vegetais	0,075	0,263
Alimentos e bebidas	0,075	0,263
Indústrias diversas	0,100	0,300
Construção civil	0,050	0,218
Comércio	0,025	0,156
Transporte	0,025	0,156
Comunicações	0,025	0,156
Inst. Financeiras	0,025	0,156
Serviços	0,050	0,218
Aluguel e imóveis	0,000	0,000
Famílias	0,050	0,218
Resto do mundo	0,050	0,218
Governo	0,025	0,156

Fonte: Elaborada pelo autor.

Além do desvio padrão também pode-se calcular a densidade da rede que representa os setores compradores de insumos. O resultado está expresso na Tabela 4.9.

Tabela 3.16 – Medida de Densidade: foco nos compradores de insumos

Tipo de Rede	Densidade
Rede dos compradores de insumos	0,0589

Fonte: Elaborada pelo autor.

A densidade encontrada para a rede dos setores compradores de insumos foi de 0,0589. Dado que uma rede é considerada densa se esse indicador for maior que 0,05, então, pode-se afirmar que a rede que representa os setores compradores de insumos é densa. Corroborando com este resultado está a análise da distância geodésica. Conforme mostra a Tabela 4.10, em anexo, a distância geodésica média da rede analisada é de 1,68 nós. Dado que, toda rede que possui o indicador de distância geodésica menor que 3,0 é classificada como um rede densa, pode-se afirmar que a rede que representa os setores compradores de insumos se enquadra nesse perfil.

Nesse mesmo sentido também será calculado o número de caminhos que ligam os setores compradores de insumos. Conforme mostra a Tabela 4.11, em anexo, os setores que possuem maiores quantidades de caminhos ligando-os com a rede são: Famílias, Resto do Mundo e Governo. É importante lembrar que os setores que possuem poucos caminhos ligando-os com a rede são os mais vulneráveis porque não possuem uma estrutura de produção diversificada.

Outra medida realizada na análise da rede de relações intersetoriais foi o *coeficiente de Cluster*. Na Tabela 4.12 são apresentadas duas medidas de cluster. A primeira (0,110) é a média simples das densidades de todos os clusters enquanto que na segunda (0,044) são dados pesos maiores para os clusters maiores. Como dito anteriormente, se a densidade da rede como um todo for menor que a média das densidades dos clusters, então, pode-se afirmar que a rede apresenta grande número de clusters, ou seja, é uma rede mais segmentada. Para a rede

construída nesta secção, Figura 4.4, verifica-se que sua densidade (0,059) é bem menor que a média das densidades de todos os seus clusters (0,110), portanto, pode-se afirmar que a rede que representa os setores compradores de insumos da economia brasileira contemporânea é extremamente segmentada.

Tabela 4.12 – Análise de Cluster: foco nos compradores de insumos

Tipo de Medida	Coefficiente de Cluster
Média simples	0,110
Média ponderada	0,044

Fonte: Elaborada pelo autor.

Por fim, cabe calcular o grau de centralidade da rede. Como dito anteriormente, essa medida é importante porque serve para medir a velocidade com que os efeitos das alterações nos nós se propagam pela rede como um todo. Quanto mais centralizada for uma rede menor será a distância média entre seus nós e, portanto, maior será a velocidade de propagação dos efeitos das alterações nos nós. Os resultados para a rede que representa as relações dos setores compradores de insumos estão na Tabela 4.13. Nela temos um grau de centralidade de 55,32%, significando que 55,32% dos setores compradores de insumos estão numa região central da rede. Dessa forma, a distância entre esses setores é pequena e, portanto os efeitos das variações em suas produções afetarão rapidamente os outros setores produtivos.

Tabela 4.10 – Centralidade: foco nos setores compradores de insumos

Tipo de Rede	Grau de Centralidade
Rede dos fornecedores de insumos	55,32%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em suma, tendo em vista todas as análises realizadas neste tópico, pode-se afirmar que a rede que representa as relações dos setores que compram os insumos do sistema produtivo brasileiro contemporâneo, assim como a rede construída no tópico anterior, possuem as seguintes características: é densa, possui baixa distância geodésica, apresenta um alto coeficiente de cluster e possui um grau de centralidade elevado. Além disso, pode-se inferir que os setores que exercem maior poder de influência, sob a ótica da demanda, sobre o sistema econômico como um todo, são: Construção Civil, Famílias e Resto do Mundo.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho, através da análise da matriz brasileira de insumo-produto de 1996 atualizada com dados do sistema de contas nacionais referentes ao ano de 2002 e transformada de tal forma que suas linhas e suas colunas representem as relações percentuais de compra e venda de cada setor produtivo, buscou, sob uma perspectiva da teoria das redes sociais, identificar os setores produtivos que influenciam de maneira mais acentuada o sistema econômico nacional, ou seja, os setores-chave da economia brasileira contemporânea. Utilizando como bases a estrutura do modelo de insumo-produto, o trabalho de atualização realizado por Grijó e Berni (2005) e a teoria sobre redes chegou-se a conclusão de que os setores mais importantes dentro do sistema produtivo nacional são: Famílias, Agropecuária, Resto do Mundo, Refino de Petróleo e Construção Civil. E, por isso, são merecedores de atenção especial por parte dos formuladores de políticas públicas. Além disso, este trabalho também concluiu que as redes que representam os setores fornecedores e compradores de insumos são densas, possuem baixas distâncias geodésicas, apresentam elevados coeficientes de cluster e têm graus de centralidade elevados, implicando que mudanças exógenas na demanda ou na oferta de determinado setor econômico propagam-se pelo sistema produtivo nacional de forma rápida.

Por fim, cabe ressaltar que, apesar da concordância existente sobre a importância das análises intersetoriais para se determinar os setores que exercem maior poder de influência sobre o sistema econômico como um todo, não existe um consenso em torno de um método para a identificação desses setores. Sendo assim, o presente estudo, além de elencar os setores que possuem maior poder de influência sobre o sistema produtivo nacional, buscou fornecer uma abordagem inovadora para a realização de tais análises. De forma mais específica, buscou-se aqui mostrar de que maneira a teoria sobre redes sociais pode ser útil para se identificar os

setores-chave de uma economia. É importante destacar que, apesar da teoria sobre redes não substituir os métodos “clássicos” de análises intersetoriais ela trás consigo uma nova gama de indicadores que podem ser utilizados como complemento nesses tipos de análises.

Fica como sugestão para análises futuras a utilização de uma rede que represente, além das simples conexões entre os setores produtivos, os volumes monetários e os percentuais de insumos comprados e vendidos por cada setor. Além disso, sugere-se também a utilização da teoria sobre redes para se realizar comparações entre estruturas produtivas de diversos países, estados, regiões etc.

Referências Bibliográficas

- ALBERT, R.; JEONG, H.; BABARASI, A.L. The diameter of the world wide web. **Nature**, v. 401, p. 130-131, 1999.
- BABARASI, A.L. **Linked: the new science of networks**. Cambridge: Perseus Publishing, 2002.
- BLIN, J.M.; MURPHY, F. On measuring economic interrelatedness. **Review of Economic Studies**, Oxford, v. 41, n. 3, p. 437-440, jul, 1974.
- BOICE, D.E.; HAM, H.; KIM, T.J. Economic impacts of transportation network changes implementation of a combined transportation network and input-output model. *Papers in Regional Science*, Groningen, v. 81, n. 2, p. 223-246, apr, 2002.
- BULMER-THOMAS, V. **Input-output analysis in developing countries: sources, methods and applications**. New York: John Wiley e Sons, 1982.
- CELLA, G. The input-output measurement of interindustry linkages. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, Oxford, v. 46, n. 1, p. 73-80, fev, 1984.
- CHUNG, J.L. The dynamic variable input-output model: an advancement from the Leontief dynamic input-output model. **The Annals of Regional Science**, Jönköping, v. 34, n. 4, p. 591-614, dez., 2000.
- CLEMENTS, B. On the decomposition and normalization of interindustry linkages. **Economics Letters**, Princeton, v. 33, n. 4, p. 337-340, aug, 1990.
- CLEMENTS, B.J.; ROSSI, J.W. Interindustry linkages and economic development: the case of Brazil reconsidered. **The Developing Economies**, Chiba, v. 29, n. 2, p. 166-187, jun, 1991.
- CLEMENTS, B.J.; ROSSI, J.W. Ligações interindustriais e setores-chave na economia Brasileira. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, n. 22, p.101-124, 1992.
- CONLEY, T.G.; UDRY, C.R. **Learning about a new technology: pineapple in Ghana**. Mimeo, Yale University, 2005.
- CONTRI, A.L. O modelo de insumo-produto e o problema da classificação. **Análise**, Porto Alegre: v. 8, n.1, p.71-81, 1997
- CROCOMO, F.C. **Análise das relações inter-regionais e intersetoriais na economia brasileira em 1985**: uma aplicação de insumo-produto. Piracicaba, 1998, 179 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

- DUFLO, E.; SAEZ, E. The role of information and social interactions in retirement plan decisions: evidence from a randomized experiment. **The Quarterly Journal of Economics**, Cambridge, v. 118, n. 3, p. 815-842, ago, 2003.
- FAFCHAMPS, M.; GOYAL, S.; VAN DER LEIJ, M.J. Scientific networks and co-authorship. **Economics Series Working Paper**, Oxford, n. 256, 2006.
- FUKUI, Y. A more powerful method for triangularizing input-output matrices and the similarity of production structures. **Econometrica**, New York, vol. 54, n. 6, p. 1425-1433, nov, 1986.
- GLAESER, E.L.; SACERDOTE, B.; SCHEINKMAN, A. Crime and social interactions. **The Quarterly Journal of Economics**, Cambridge, v. 111, n. 2, p. 507-548, maio, 1996.
- GRANOVETTER, M. **Getting a job: a study of contacts and careers**. Evanston: Northwestern University, 1994.
- GRIJÓ, E.; BÊRNI, D.A. **Metodologia completa para a estimativa de matrizes de insumo-produto**. Porto Alegre: PUC-RS, 2005.
- GRIJÓ, E.; BÊRNI, D.A. Metodologia completa para a estimativa de matrizes de insumo-produto. **Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v. 14, n. 26, p. 9-42, maio, 2006.
- GUILHOTO, J.J.M.; SONIS, M.; HEWINGS, G.J.D; MARTINS, E.B. Índices de ligações e setores-chave na economia brasileira: 1959/80. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p. 287-314, ago, 1994.
- GUILHOTO, J.J.M.; SONIS, M.; HEWINGS, G.J.D. **Linkages and multipliers in a multiregional framework: integrations of alternative approaches**. Urbana: University of Illinois, 20p., 1996. (Discussion Paper, 96-T-8).
- GUILHOTO, J.J.M. **Nota metodológica: construção da matriz de insumo-produto utilizando dados preliminares das contas nacionais**. São Paulo: Anais do II Encontro Brasileiro de Estudos Regionais e Urbanos, 2002.
- GUILHOTO, J.J.M.; SESSO, U.A. Estimacão da matriz de insumo-produto a partir de dados preliminares das contas nacionais. **Economia Aplicada**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 277-299, abr, 2005.
- HADDAD, P. R. **Contabilidade social e economia regional: análise de insumo-produto**. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.
- HADDAD, E.A.; HEWINGS, G.J.D. Linkages and interdependence in the brazilian economy: an evaluation of the interregional input-output system, 1985. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 31, n. 3, p. 330-367, jul, 2000.

- HEWINGS, G.J.D. The empirical identification of key sectors in an economy: a regional perspective. **The Developing Economies**, Chiba, v. 20, n. 2, p. 173-195, jun, 1982.
- HEWINGS, G.J.D.; NAZARA, S.; SONIS, M. An exploratory analysis of hierarchical spatial interaction: the case of regional income shares in Indonesia. **Journal of Geographical Systems**, Vienna, v. 8, n. 3, p. 253-268, set, 2006.
- HEWINGS, G.J.D.; SONIS, M. Economic complexity as network complication: Multiregional input-output structural path analysis. **The Annals of Regional Science**, Jonkoping, v. 32. n. 3, p. 407-436, 1998.
- HIRSCHMAN, A.O. **The strategy of economic development**. New Haven: Yale University Press, 1958. 217p.
- IBGE. Sistema de Contas Nacionais: Brasil. **Série Relatórios Metodológicos**, Rio de Janeiro, v. 24, 2004. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: nov. 2004c.
- KORTE, B.; OBERHOFER, W. Triangularizing input-output matrices and the structure of production. **European Economic Review**, Amsterdã, v. 2, n. 4, p. 493-522, summer, 1971.
- LEONTIEF, W. **A economia do insumo-produto**. Tradução de Maurício Dias Davis. São Paulo: Nova Cultural, 1988.
- MIDMORE, P.; MUNDAY, M.; ROBERTS, A. Assessing industry linkages using regional input-output tables. **Regional Studies**, Cardiff, v. 40, n. 3, p. 329-343, may, 2006.
- MILLER, R.E.; BLAIR, P.D. **Input-output analysis: foundations and regional**. New Jersey: Prentice-Hall, 1985. 464p.
- MIYAZAWA, K. **Input-output analysis and the structure of income distribution**. Berlin: Springer-Verlag, 1976. 135p.
- MORETTO, A.C. **Relações intersetoriais e inter-regionais na economia paranaense em 1995**. Piracicaba, 161p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2000.
- RAMOS, L.O.R. **Série relatórios metodológicos: matriz de insumo-produto**. Brasília: IBGE, 1997.
- RASMUSSEN, P. **Studies in intersectoral relations**. Amsterdã: North-Holland Publishing Company, 1956.
- RICHARDSON, H.W. **Insumo-produto e economia regional**. Tradução de Sergio Góes de Paula. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.

- RODRIGUES, R.L.; PARRÉ, J.L.; MORETTO, A.C.; ALVES, A.F. Transformação na estrutura produtiva da economia paranaense nos anos 80 e 90. **Economia Aplicada**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 73-93, jan, 2007.
- SHOUHONG, W. The neural network approach to input–output analysis for economic systems. **Neural Computing & Applications**, Londres, v. 10, n. 1, p. 22-28, abr, 2001.
- SONIS, M.; HEWINGS, G.J.D. Error and sensitivity input-output analysis: a new approach. In: MILHER, R.E.; POLENSKE, K.R.; ROSE, A.Z. **Frontiers of input-output analysis**. New York: Oxford University Press, 1989.
- SONIS, M.; HEWINGS, G.J.D. Hierarchies of regional sub-structures and their multipliers within input-output systems: miyazawa. **Hitotsubashi Journal of Economics**, v. 34, n. 1, jun, 1993.
- SONIS, M.; HEWINGS, G.J.D. **Fields of influence in input-output systems**. Urbana: University of Illinois. Regional Economics Applications Laboratory, 1994.
- STROGATZ, S.H. Exploring complex network. **Nature**, London, v. 410, p. 268-276, mar, 2001.
- TAKAHIRO, A.; MITSUHIKO, K. Interregional interdependence and regional economic growth: an interregional input-output analysis of the kyushu region. **Review of Urban and Development Studies**, Tokyo, v. 14, n. 1, p. 18-40, mar, 2002.
- YAN, C.; AMES, E. Economic interrelatedness. **Review of Economic Studies**, Oxford, v. 32, n. 4, p. 299-310, oct, 1965.

Tabela 4.5 – Número de caminhos que ligam os setores fornecedores de insumos

Fonte: Elaborada pelo autor.

	Agropecuária	Extrativa mineral	Petroquímico	Minerais não-metálicos	Siderurgia	Metalurgia não-ferrosos	Outros prod. Metalúrgicos	Máquinas e tratores	Material elétrico	Material eletrônico	Automóveis	Peças e acessórios	Madeira e móveis	Papel e celulose	Borracha	Indústria química	Refino de petróleo	Prod. Químicos	Prod. Farmacêuticos	Material plástico	Têxtil	Vestuário	Calçados e couro	Café	Prod. Vegetais	Carnes	Laticínios	Açúcar	Óleos vegetais	Alimentos e bebidas	Indústrias diversas	Construção civil	Comércio	Transporte	Comunicações	Inst. Financeiras	Serviços	Aluguel e imóveis	Famílias	Resto do mundo	Governo			
Agropecuária	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Extrativa mineral	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Petroquímico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Minerais não-metálicos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Siderurgia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Metalurgia não-ferrosos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Outros prod. Metalúrgicos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Máquinas e tratores	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Material elétrico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Material eletrônico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Automóveis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Peças e acessórios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Madeira e móveis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Papel e celulose	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Borracha	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Indústria química	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Refino de petróleo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Prod. Químicos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Prod. Farmacêuticos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Material plástico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Têxtil	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Vestuário	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Calçados e couro	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Café	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Prod. Vegetais	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Carnes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Laticínios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Açúcar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Óleos vegetais	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Alimentos e bebidas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Indústrias diversas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Construção civil	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Comércio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Transporte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Comunicações	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Inst. Financeiras	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Serviços	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Aluguel e imóveis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Famílias	2	2	3	2	1	1	1	2	1	2	2	3	2	1	2	1	1	3	3	3	3	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	3	3	4	1	2	1	
Resto do mundo	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Governo	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	4	1	1	1		

Tabela 4.10 – Distância Geodésica: foco nos compradores de insumos

Fonte: Elaborada pelo autor.

Distância Geodésica Média: 1,68

	Agropecuária	Extrativa mineral	Petroquímico	Minerais não-metálicos	Siderurgia	Metalurgia não-ferrosos	Outros prod. Metalúrgicos	Máquinas e tratores	Material elétrico	Material eletrônico	Automóveis	Peças e acessórios	Madeira e móveis	Papel e celulose	Borracha	Indústria química	Refino de petróleo	Prod. Químicos	Prod. Farmacêuticos	Material plástico	Têxtil	Vestuário	Calçados e couro	Café	Prod. Vegetais	Carnes	Laticínios	Açúcar	Óleos vegetais	Alimentos e bebidas	Indústrias diversas	Construção civil	Comércio	Transporte	Comunicações	Inst. Financeiras	Serviços	Aluguel e imóveis	Famílias	Resto do mundo	Governo									
Agropecuária	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
Extrativa mineral	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
Petroquímico	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Minerais não-metálicos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Siderurgia	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Metalurgia não-ferrosos	4	4	4	5	4	4	6	6	4	4	4	4	5	4	5	4	5	6	6	6	4	4	4	6	4	4	6	6	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	6	4	4	6	2	3	3	3	3		
Outros prod. Metalúrgicos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
Máquinas e tratores	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
Material elétrico	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
Material eletrônico	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
Automóveis	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Peças e acessórios	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Madeira e móveis	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Papel e celulose	3	3	3	3	3	3	4	1	1	1	1	1	2	2	4	3	2	4	1	1	1	1	4	3	3	4	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	4	3	3	1	1	4	3	3	4	3	3	4	3	3
Borracha	3	3	3	3	3	4	5	5	5	5	5	5	6	4	3	2	4	5	5	5	5	5	4	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Indústria química	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Refino de petróleo	4	4	4	5	4	4	2	6	4	4	4	5	2	2	3	2	2	6	4	4	4	2	4	4	2	6	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	2	2	2	2	2	2	
Prod. Químicos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Prod. Farmacêuticos	3	3	3	3	3	3	4	5	5	5	5	5	2	0	3	3	5	4	3	4	1	1	1	4	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Material plástico	3	3	3	3	3	3	4	1	1	1	1	1	3	0	5	3	4	1	1	1	1	4	3	3	4	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	3	3	1	1	1	4	3	3	4	3	3	4	3	3	
Têxtil	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Vestuário	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Calçados e couro	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Café	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Prod. Vegetais	4	3	2	2	3	4	4	3	0	2	3	2	3	3	3	3	5	4	3	0	2	3	4	3	4	4	3	0	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Carnes	2	2	3	4	2	2	4	3	3	0	2	3	3	3	3	3	5	4	3	3	0	2	4	2	2	4	3	3	0	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Laticínios	2	2	3	5	4	4	3	3	2	0	2	3	3	3	3	3	5	4	3	3	2	0	4	5	4	4	3	3	2	0	2	3	2	3	2	3	2	3	2	0	4	5	4	4	4	4	4	4	4	
Açúcar	3	2	3	4	5	4	4	3	2	2	4	0	3	3	3	3	5	4	3	2	2	4	4	5	4	4	3	2	4	0	2	3	2	4	0	2	3	2	2	4	4	5	4	4	3	3	3	3	3	
Óleos vegetais	3	4	3	3	4	3	4	3	4	4	5	6	3	3	3	3	5	4	3	4	4	5	4	4	3	4	3	4	4	5	6	4	3	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	
Alimentos e bebidas	2	2	3	4	4	3	3	3	3	3	5	5	3	4	4	2	4	3	4	3	3	5	3	4	3	3	4	3	3	5	5	2	3	3	3	3	5	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Indústrias diversas	0	3	2	2	3	4	4	4	4	5	2	2	2	3	4	4	3	4	4	4	5	3	3	5	4	4	4	5	2	3	4	4	4	5	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Construção civil	2	0	2	3	2	3	4	3	3	3	5	2	5	4	3	3	5	4	3	3	3	5	4	2	3	3	3	3	5	2	0	2	3	3	3	5	4	2	3	5	4	2	3	4	2	3	4	4	4	
Comércio	4	2	0	2	1	2	4	3	4	4	4	2	5	4	3	3	5	4	3	4	4	4	4	1	2	4	3	4	4	4	2	2	0	4	4	4	4	4	4	4	1	2	4	4	4	4	4	4	4	4
Transporte	3	2	4	0	2	1	4	3	2	2	4	3	4	3	4	3	5	4	3	2	2	4	4	2	1	4	3	2	2	4	3	2	4	3	2	4	2	4	2	4	4	2	1	4	3	3	3	3	3	
Comunicações	2	2	3	2	0	2	4	3	3	4	2	4	3	4	3	4	3	5	4	3	3	3	4	4	0	2	4	3	3	3	4	2	3	3	3	4	4	0	2	4	4	0	2	4	4	4	4	4	4	4
Inst. Financeiras	3	2	5	2	2	0	3	4	2	2	5	4	3	2	3	2	4	3	4	2	2	5	3	2	0	3	4	2	2	5	4	2	3	3	2	0	3	4	4	0	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Serviços	3	2	4	2	3	4	4	3	2	2	4	3	5	6	7	3	5	4	3	2	2	4	4	3	4	4	3	2	2	4	3	2	4	3	2	4	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Aluguel e imóveis	2	2	3	1	2	3	4	3	3	3	4	2	4	2	2	3	5	4	3	3	3	4	4	2	3	4	3	3	4	2	2	3	3	3	4	2	2	3	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4	4	
Famílias	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1																																					

