

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PREVISÃO DO IMPACTO DE RACIONAMENTO DE ENERGIA SOBRE A
ECONOMIA PERNAMBUCANA A PARTIR DA EXPERIÊNCIA DE 2001/2002: UMA
ANÁLISE DE INSUMO-PRODUTO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UFPE
PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE
POR

LÍCIA DE CERQUEIRA ANGELO
Orientador: Prof. Francisco de S. Ramos

RECIFE, MAIO / 2009

A584p Angelo, Lícia de Cerqueira.

Previsão do impacto de racionamento de energia sobre a economia Pernambucana a partir da experiência de 2001/2002: uma análise de insumo-produto / Lícia de Cerqueira Angelo. - Recife: O Autor, 2009. x, 39 folhas, il : tabs. grafs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2009.

Inclui Bibliografia e Anexos.

1. Engenharia de Produção. 2.Energia - Racionamento.
3.Crescimento Econômico. I. Título.

658.5 CDD (22 ed.)

UFPE
BCTG/ 2009-130



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO ACADÊMICO DE**

LÍCIA DE CERQUEIRA ANGELO

***“PREVISÃO DO IMPACTO DE RACIONAMENTO DE ENERGIA SOBRE A
ECONOMIA PERNAMBUCANA A PARTIR DA EXPERIÊNCIA DE 2001/2002:
UMA ANÁLISE DE INSUMO-PRODUTO”***

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PESQUISA OPERACIONAL

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do(a) primeiro(a), considera a candidata LÍCIA DE CERQUEIRA ANGELO **APROVADA**.

Recife, 25 de maio de 2009.

Assinatura manuscrita de Francisco de Sousa Ramos em tinta azul.

Prof. FRANCISCO DE SOUSA RAMOS, Docteur (UFPE)

Assinatura manuscrita de Fernando Menezes Campello de Souza em tinta azul.

Prof. FERNANDO MENEZES CAMPELLO DE SOUZA, PhD (UFPE)

Assinatura manuscrita de Ignácio Tavares de Araújo Júnior em tinta azul.

Prof. IGNÁCIO TAVARES DE ARAÚJO JÚNIOR, Doutor (UFPB)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar sempre e em todas as circunstâncias a Deus por nunca me deixar sem amparo ou respostas e por não permitir que mesmo nos momentos em que tudo parecia muito difícil eu desistisse, mas muito pelo contrário por me dar ânimo e coragem para seguir em frente sem medos.

Aos meus pais Gilson e Laura que sempre me apoiaram em todos os momentos, me incentivando até naqueles em que era necessária a minha presença e eu precisei me ausentar. A eles qualquer agradecimento é pequeno porque nada que eu diga ou faça chegará perto do amor, do carinho e do respeito que eles sentem por mim. Dessa forma, só posso dizer que os amo e amo muito mais do que o meu humano possa exprimir.

As minhas duas amadas irmãs Livia e Karen. A primeira por ser minha companheira inseparável desde o momento em que eu nem sabia o que seria. Com ela aprendo a cada dia o quanto é menos pesado os desafios da vida e o quanto as alegrias compartilhadas são mais alegres. A segunda, por acreditar tanto em mim e por se fazer presente mesmo na ausência com sua alegria e sua maneira tão simples e calma de levar a vida. Sem as duas a minha vida não seria completa.

Ao meu querido amigo Luiz Antônio que me faz ter certeza que “aquele que encontrou um amigo descobriu um tesouro”. A ele agradeço por todas as orações, por todos os conselhos, pela fé linda que me transmite e pelo carinho sincero dedicado a mim.

Ao meu orientador professor Francisco Ramos pela sabedoria, pela maneira responsável como exerce sua atividade não só de professor, mas de educador. Agradeço-o por muitas vezes acreditar mais na minha capacidade que eu mesma, pelas sábias palavras de incentivo, pelo conhecimento passado a mim e por nunca medir esforços em me ajudar em todos os sentidos. Sem sua presença durante esse período, tenho certeza que tudo teria sido muito mais difícil e muita coisa teria sido impossível.

Ao Ministério Universidades Renovadas (MUR), pelo compromisso lindamente desempenhado em transmitir Jesus dentro das universidades e por levar com tanta dedicação a obra de Deus a pessoas que não o conhecem ou mesmo aos que se esqueceram dele. São verdadeiros universitários e profissionais católicos em missão que acreditam no “Sonho de amor para o mundo”. Fazer parte deste sonho foi muitas vezes o meu refúgio e a minha alegria nesse período.

A Keynis e Priscila pelos incentivos, pelos momentos de alegria e de dificuldades compartilhados. Muitas das vezes na vida “novas” amizades se parecem “velhas” e é aí que se encontra a diferença entre se conhecer alguém e se tornar amigo de alguém. Bem como a todos os amigos feitos ao longo desse período: Filipe, Arquimércia, Carlinha, Marcela, Regilda, Guilherme, Katarina, Renato e Cássia.

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro destinado a elaboração desta dissertação.

A todos que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP).

Por fim, quero que todos saibam que desejo que o bom Deus abençoe a todos vocês que caminharam comigo nesse período e continuarão caminhando afim de que cada sonho, objetivo ou realização seja uma perfeita comunhão com a vontade de Jesus.

RESUMO

Este trabalho analisa os requerimentos de energia necessários para o desenvolvimento das atividades econômicas do Estado de Pernambuco bem como os setores-chave em utilização de energia elétrica e ainda, os efeitos econômicos de uma restrição ao uso de energia elétrica para que se saibam os impactos de um racionamento desse bem. A metodologia utilizada foi a construção de um modelo híbrido de Insumo-Produto para a economia pernambucana tendo em vista que através deste modelo se pode analisar mais detalhadamente os efeitos de restrições ao uso de um insumo tão importante como a energia elétrica. Como resultados do trabalho foram encontrados que dos onze setores estudados, os setores que mais utilizam energia elétrica para desenvolver suas atividades são os setores de Indústria de papel e gráfica, Indústrias Diversas e Indústria têxtil. Quanto aos setores-chave existem cinco setores-chave sob a ótica do encadeamento para frente, respectivamente: Agropecuária, Metalurgia dos não-ferrosos, Indústria química, Outras indústrias alimentares e de bebidas e comércio. Sob a ótica do encadeamento para trás, existem também cinco setores-chave que são: Minerais não-metálicos, Indústria de papel e gráfica, Indústria Química, Indústria têxtil e Outras indústrias alimentares e de bebidas. Os resultados mostraram ainda, que os impactos de uma restrição ao consumo de energia elétrica, são maiores nos setores onde a ligação com a economia é mais forte o que faz com que os demais setores sejam também forçados a reduzir sua produção. Sendo assim, quando analisada através da matriz insumo-produto que corresponde a uma cadeia produtiva, onde cada setor depende de pelo menos um outro setor para conseguir realizar suas atividades, a restrição ao uso desse insumo importante na cadeia produtiva levará possivelmente a problemas relativos ao crescimento econômico do Estado.

Palavras-Chave: Racionamento de Energia, Insumo-Produto, Crescimento Econômico.

ABSTRACT

This paper examines the requirements of energy needed for the development of economic activities of the State of Pernambuco and the key sectors in use of electricity and the economic effects of a restriction on the use of electricity in order to know the impacts of a rationing of goods. The methodology was the construction of a hybrid model of input-output to the economy pernambucana in order that through this model can analyze the effects of further restrictions on the use of an input as important as electricity. The results of this study were found which of the eleven sectors studied, the sectors that use more energy to develop its activities are the manufacturing of paper and printing industry, textile industry and miscellaneous industries. As for key sectors, there are five key sectors from the viewpoint of the chain forward, namely: Agriculture, non-ferrous metallurgy, chemical industry, other food and beverage industries and trade. From the viewpoint of the sequence backwards, there are five key sectors that are non-metallic minerals, paper and printing industry, chemical industry, textile industry and other food and beverages. The results showed also that the impact of a restriction on the consumption of electricity, are higher in sectors where the link with the economy is strong so that all sectors are also forced to reduce their production. Thus, when analyzed through the input-output matrix corresponding to a production chain, where each sector depends on at least one other sector to achieve its activities, the restriction on the use of this important input in the production chain may lead to problems relating to growth of the state.

Keywords: Rationing of Energy, Input-Output, Economic growth.

SUMÁRIO

<i>AGRADECIMENTOS</i>	<i>iii</i>
<i>RESUMO</i>	<i>v</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>vi</i>
<i>LISTA DE QUADROS</i>	<i>viii</i>
<i>LISTA DE FIGURAS</i>	<i>ix</i>
<i>SIMBOLOGIA</i>	<i>x</i>
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 O Problema da Pesquisa.....	1
1.2 Objetivos.....	5
1.2.1 Objetivo Geral.....	5
1.2.2 Objetivos Específicos.....	5
1.3 Organização do Trabalho.....	6
2 REVISÃO DA LITERATURA	7
3 METODOLOGIA	13
3.1- O modelo de insumo-produto.....	13
3.2 - Modelos de Insumo-Produto em unidades Híbridas.....	17
3.3 - Setores-Chave em intensidade de energia.....	21
3.4 - Os índices de Rasmussen-Hirschman.....	22
3.5 – Efeitos econômicos de uma restrição ao uso de energia elétrica.....	23
3.6– Fonte e tratamento dos dados.....	25
4 – ANÁLISES DOS RESULTADOS	26
5 CONCLUSÕES	32
<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	<i>35</i>
<i>ANEXO 1</i>	<i>38</i>
<i>ANEXO 2</i>	<i>39</i>

LISTA DE QUADROS

<i>Quadro 4.1: Índices de ligação Rasmussen-Hirschman para frente e para trás.....</i>	<i>26</i>
<i>Quadro 4.2: Índices de ligação normalizados para frente para trás.....</i>	<i>27</i>
<i>Quadro 4.5: Valores monetários da queda na demanda por insumo energético do setor que enfrenta uma redução de 20% na quantidade utilizada de energia elétrica.....</i>	<i>30</i>
<i>Quadro 4.6: Repercussões econômicas decorrentes da restrição do consumo de energia elétrica.....</i>	<i>31</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>Gráfico 3.1: Tabela de Insumo-Produto.....</i>	<i>14</i>
<i>Gráfico 4.1: Requerimentos diretos de energia por unidade de produto.....</i>	<i>28</i>
<i>Gráfico 4.2: Requerimentos totais de energia elétrica por unidade de produto.....</i>	<i>29</i>

SIMBOLOGIA

MIP – PE – Matriz Insumo-Produto de Produto de Pernambuco
BEE – Balanço Energético de Pernambuco
SEINFRA - Secretaria de Infra-Estrutura do estado de Pernambuco
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
Chesf – Companhia Hidrelétrica do São Francisco
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Condepe/Fidem – Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco
Tep – Toneladas equivalentes de petróleo
Petrobrás – Petróleo do Brasil
MWh – Megawatts/hora
GW - Gigawatts
FMI – Fundo Monetário Internacional
CGE – Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica
PIB – Produto Interno Bruto
ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A
PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
IPLANCE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

1 INTRODUÇÃO

Muitas são as explicações dadas sobre o motivo da crise de abastecimento de energia elétrica no Brasil: vai desde a ausência de investimentos nos últimos anos, passando pelo novo marco regulatório para o setor e pela mudança sinalizada da matriz energética brasileira até a escassez de chuvas.

O fato é que nos dois anos que antecederam o racionamento de 2001/2002 choveu menos do que a média histórica. Isto talvez tenha sido o resultado de uma administração pouco responsável do volume dos reservatórios das usinas hidrelétricas existentes no país.

Vale ressaltar que os reservatórios são feitos com o objetivo de estocar água suficiente para acomodar chuvas abaixo da média e consumo de energia superior ao previsto por mais de cinco anos. Esse planejamento deve supor não apenas as regras claras de funcionamento, como também a necessidade de efetivação de investimentos de ampliação da capacidade instalada.

Sendo um componente estrutural do consumo de energia, esse aumento é motivado tanto pela expansão do uso de energia em novos campos quanto pela introdução de áreas onde antes não havia possibilidade de consumo de energia elétrica. Diante disto, o consumo tem crescido de forma consistente ao longo do tempo no Brasil, e de forma mais acelerada quando isto é somado ao crescimento geral da economia.

A contrapartida do crescimento contínuo do consumo de energia elétrica deveria ser um crescimento condizente da oferta. Desse modo não se verificariam desequilíbrios entre oferta e demanda de um bem que é estratégico e que pela sua escassez, tem a capacidade de conturbar todos os aspectos da vida de um país.

1.1 O Problema da Pesquisa

O sistema elétrico brasileiro tem características peculiares. Mais de 90% da geração são de natureza hidrelétrica, cobrindo grande extensão territorial com uma interligação forte entre Sul, Sudeste, Centro-Oeste e outras duas interligações de menor capacidade (Imperatriz-Serra da Mesa). O Brasil compartilha com países como Noruega e Canadá – ambos com predomínio de empresas elétricas estatais (Statnett, Statkraft, Hidro Quebec, Hidro Ontário) – o predomínio da hidreletricidade.

A linha de Itaipu é uma das mais extensas do mundo e uma das primeiras a usar a tecnologia de corrente contínua. A tecnologia brasileira de projeto e construção de barragens é avançada. Instalaram-se no país grandes fabricantes multinacionais de turbinas hidráulicas e geradores. Este sistema investiu mais de US\$ 100 bilhões e instalou uma potência superior a 60 GW, atendendo mais de 90% da população urbana.

Sua crise institucional e financeira no final da década de 1980 e início da década de 1990 foi motivada pela falta de recursos para investir e por tarifas baixas demais, pela perda de receita causada por subsídios a setores eletrointensivos, por grandes empreendimentos equivocados (como o Acordo Nuclear com a Alemanha e a hidrelétrica de Balbina, na Amazônia), pela desarticulação institucional, pelo desestímulo profissional e pela perda de quadros competentes (LESSA, 2001).

O órgão regulador federal era o Departamento Nacional de águas e Energia Elétrica (DNAEE) do Ministério de Minas e Energia. Havia colegiados mistos, coordenados pela Eletrobrás, como grupo coordenador da Operação Interligada (GCOI) e o Grupo Coordenador de Planejamento do Sistema Elétrico (GCPS). A Constituição de 1988 deu à União a responsabilidade pelo suprimento da energia elétrica, podendo executá-lo diretamente ou por concessão de serviço público. Esse sistema de base estatal continha em si uma certa descentralização, em particular pela presença de empresas estaduais. Do ponto de vista técnico funcionava bem, assegurando uma expansão planejada, explorando a hidreletricidade em um sistema interligado, usando a diversidade de bacias hidrográficas e operando de forma otimizada, com um risco controlado de déficit de energia. Com o tempo, conseguiu atender mais de 90% da população urbana, inclusive a de baixa renda. Manteve um custo baixo de geração, mesmo com sobrecustos de muitas obras.

Em maio de 2001 o governo assumiu publicamente a crise energética que o país enfrentava, decretando em seguida, o racionamento de energia elétrica. A crise foi atribuída à escassez de chuvas. O Brasil utiliza há muitas décadas a geração hidrelétrica, e após a década de 1960 não ocorreu falta de energia no sistema interligado. A hidreletricidade, que ultrapassa 90% da geração elétrica, foi planejada considerando a variação das chuvas. Caso contrário, crises se sucederiam nos períodos secos. Não houve crises, pois os reservatórios foram dimensionados para acumular água nas usinas para períodos de cinco anos. A água armazenada nos reservatórios, quando completamente cheios, corresponde a uma potência média de 235 milhões de kW. A capacidade instalada em 2000 era 67 milhões de kW e o consumo é de 34 milhões de kW por ano. A maior parte do consumo e do armazenamento de

água está no sistema interligado, que abrange as regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste. Se todos os reservatórios ficassem cheios ao mesmo tempo e se todo o país fosse interligado, eles acumulariam água para manter a potência média atual por mais de 6 anos. Entretanto, eles não ficam cheios simultaneamente e nem todo o país está interligado. Os reservatórios foram planejados com um modelo que leva em conta a pior seca ocorrida em um período de muitas dezenas de anos. (LESSA, 2001)

Diante disto, o governo federal implantou um programa emergencial de redução do consumo de energia. Com isso, esse ano foi marcado pelo racionamento de energia elétrica e, num período de nove meses que compreendeu os meses de junho de 2001 e fevereiro de 2002, todos os setores da sociedade brasileira foram obrigados a diminuir o consumo de energia.

Apesar das especulações acerca da escassez de chuvas, tal necessidade de diminuição de consumo de energia ocorreu tanto porque houve redução do índice pluviométrico que levou a baixa nos reservatórios, apresentando o nível de armazenamento de 32% nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste quanto pela falta de infra-estrutura e falta de regulamentação adequada o que gerou um ambiente insatisfatório nos investimentos em expansão da produção de energia.

Dessa maneira, o governo com o intuito de impedir o esvaziamento dos reservatórios e assegurar a passagem pelo grave período de estiagem minimizando assim os impactos da crise energética pela qual o país passava indicou a necessidade de redução de 20% do consumo de energia elétrica através do racionamento. Segundo a Resolução da ANEEL n. 102 (2002) racionamento de energia é definido como a redução compulsória do fornecimento de energia elétrica aos consumidores finais, decretada pelo Poder Concedente.

No programa de racionamento foram impostas metas pelo governo. Estas metas foram flexíveis como formas de, em primeiro lugar, proteger o pequeno consumidor e, em segundo lugar atenuar a crise no setor produtivo, para que a produção e o emprego não fossem prejudicados além do estritamente necessário.

Na alternativa implementada pelo governo as metas foram baseadas no consumo individual para os meses de maio, junho e julho do ano anterior. Foi então determinada a redução de 20% para consumidores residenciais com consumo superior a 100 KWh/mês, 20% para os comerciantes e 20% a 25% para os consumidores industriais. Quem não cumpriu, ou seja, quem ultrapassou suas metas pagou uma sobretarifa e quem economizou (consumiu menos que a meta estipulada) ganhou bônus.

Para diminuir o impacto da redução do consumo de energia no setor produtivo, a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica – CGE estabeleceu que as empresas que economizassem mais do que havia sido estabelecido se quisessem poderiam vender seus direitos de consumir para outras empresas o que estimulou as transações entre as empresas.

A maioria da população conseguiu atingir as metas propostas e reagiu bem ao racionamento o que mostra que o racionamento influenciou o consumo de energia elétrica de forma direta e indireta. No entanto, apesar de os consumidores terem conhecido maneiras de economizar energia elétrica, um fator determinante para a redução do consumo foram os aumentos nas tarifas de energia elétrica, redução de impostos sobre equipamentos com maior eficiência energética e o aumento dos impostos sobre os equipamentos com menor eficiência.

Com a crise energética de 2001/2002 o racionamento na região Nordeste que, segundo Bardelin (2004), sempre se apresentou deficitária na área de geração de energia elétrica se comparada a outras regiões brasileiras, precisando importar energias de outras regiões, foi mais incisivo e teve maior queda em termos absolutos no consumo de energia, apresentando uma redução no consumo de 27,7% no total.

A situação energética do país trouxe muita apreensão a diversos setores econômicos, provocando uma desaceleração geral na economia do país, aumentando tarifas e custos e, conseqüentemente, reduzindo investimentos pelo aumento do chamado “Risco Brasil” para os investidores externos. Com o racionamento de energia em 2001 verificou-se também que a redução no consumo de energia trouxe redução de crescimento econômico em diversos setores, acarretando também o agravamento de outro problema social, o desemprego. (Silva, 2005)

Diante de tal situação vivida no país e, apesar de os equipamentos com maior eficiência energética terem evoluído, ainda há no Brasil, a utilização cada vez maior de aparelhos que consomem muita energia elétrica. Esse é um dos motivos que tem feito com que o crescimento do consumo de energia elétrica seja quase que contínuo. No entanto, aumento de consumo traz necessidade de crescimento na geração, na transmissão e também na distribuição dessa energia. (Bardelin, 2004)

Para Ghirardi (2002) a região Nordeste teve mais dificuldade que o sistema Sudeste/Centro-Oeste para atingir a redução proposta pelo governo. Para o autor isso pode ter acontecido por dois motivos: a característica da região de ser estruturalmente mais intensiva e menos elástica no uso de eletricidade e também o fato do setor industrial ter um maior peso no consumo de energia na região Nordeste fazendo com que sua matriz industrial seja mais

eletrointensiva. Este último torna o setor industrial mais limitado nas possibilidades de substituir a eletricidade o que faz com que a concentração no consumo implique em rigidez de consumo.

Estando inserido no Nordeste do Brasil e, sendo o parque industrial de Pernambuco integrado economicamente com o aparelho produtivo do país o que faz com que o setor industrial pernambucano conte com plantas industriais importantes e produtoras de bens intermediários e ainda, tendo em vista o dinamismo da economia pernambucana esse trabalho estuda o impacto do racionamento de energia elétrica ocorrido em 2001/2002 na economia deste Estado, para que se possa analisar como essa economia reage diante da restrição de um insumo tão importante para o desenvolvimento das atividades econômicas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral dessa dissertação é verificar o impacto de uma nova restrição ao consumo de energia elétrica na economia pernambucana a partir da experiência de racionamento de 2001/2002.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Construir e operacionalizar um modelo de insumo-produto em unidades híbridas¹ que seja mais adequado a realidade da economia pernambucana;
- Identificar os setores que mais precisam de energia elétrica para desenvolver suas atividades;
- Identificar os setores-chave com relação à restrição no consumo de energia elétrica;
- Avaliar os efeitos econômicos de uma restrição no consumo de energia elétrica.

¹ Modelo de Insumo-Produto em unidades híbridas corresponde a uma extensão do modelo de insumo-produto em que alguns valores são utilizados em unidades físicas e outros valores em unidades monetárias.

1.3 Organização do Trabalho

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. Esta introdução apresenta o problema da pesquisa a ser estudado e ainda os objetivos do trabalho.

O segundo capítulo faz uma revisão da literatura acerca dos trabalhos que utilizam o tema racionamento de energia bem como os que utilizam o modelo insumo-produto com tal finalidade.

O terceiro capítulo trata da metodologia utilizada para estudar o problema proposto, descrevendo a construção e operacionalização do modelo híbrido de insumo-produto bem como identifica as fontes e o tratamento dos dados.

O quarto capítulo avalia com base nos resultados empíricos do modelo construído, os requerimentos de energia elétrica necessários na economia pernambucana, a identificação dos setores-chave com relação à restrição no consumo de energia elétrica e os efeitos econômicos de restrições ao consumo de energia.

Por fim, o quinto capítulo resume as conclusões do estudo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo traz um pequeno histórico dos trabalhos que utilizaram modelos que tratam das questões relacionadas ao estudo de energia utilizando o problema racionamento. Diante disto, serão aqui expostos trabalhos que utilizaram ou não matrizes insumo-produto bem como algumas de suas aplicações encontradas na literatura.

Sob a ótica da teoria econômica, o problema do racionamento de energia pode ser analisado pela teoria do consumidor tendo em vista que é imposta por parte do governo uma restrição, que consiste em limitar o nível de consumo do bem racionado, no caso, a energia tornando o bem escasso. No entanto, também pode ser analisado pela teoria do produtor.

Ao analisar o problema pela ótica do produtor, há uma diminuição em um dos insumos do fator de produção o que leva a uma restrição tecnológica das empresas já que algumas combinações possíveis de insumos constituem formas viáveis de produzir certa quantidade de produto, e a empresa tem que se limitar a planos de produção factíveis (VARIAN, 2000). Isso pode ser analisado através da propriedade de monotonicidade da tecnologia das empresas: se aumentarmos a quantidade de pelo menos um insumo de produção, deverá ser possível produzir pelo menos a mesma quantidade produzida originalmente. Algumas vezes essa propriedade é chamada de propriedade da disposição livre (free disposal) que diz que se a empresa puder dispor sem custo de qualquer insumo, ter insumos excedentes não lhe fará mal algum.

Através da propriedade exposta acima, se pode supor que uma diminuição da quantidade de energia através de um racionamento, pode levar a uma diminuição na quantidade produzida originalmente, o que levará a uma diminuição do produto da economia como um todo principalmente quando se analisa pela ótica da cadeia produtiva da matriz insumo-produto.

De uma forma geral, os estudos existentes que avaliam o racionamento costumam se apresentar através de modelos que visam definir uma quota ótima ou preço do bem racionado estes, baseados em modelos que avaliam o mercado tais como os econométricos e o de equilíbrio geral. Vários são os estudos que procuram analisar o risco de racionamento de energia elétrica, como por exemplo, Doucet *et al* (1996). No entanto, o impacto do racionamento de energia sobre o consumidor são estudos mais difíceis de serem encontrados.

No trabalho de Doucet *et al* (1996) os autores estudam os planos do racionamento no caso da existência da capacidade ser insuficiente para atender o pico da demanda. Para os autores, se aplica este plano de racionamento que é o de gerenciamento em tempo-real, pois é o mais indicado para gerenciar uma demanda que é cíclica e aleatória. Estes planos de racionamento inovadores, que são baseados em programas de gerenciamento de carga de um grupo predeterminado de consumidores, são aceitos pelas agências reguladoras com o intuito de evitar a construção de novas usinas geradoras.

Ainda segundo os autores, atualmente, não é muito utilizada a projeção em tempo real (real-time pricing). Para eles, medidas mais populares são os programas de interrupção/corte (I/C), onde a diferença entre os dois é que o de interrupção é quando a carga total do consumidor está sujeita a interrupção, enquanto o de corte somente uma dada parcela da carga estará sujeita a interrupção e, no caso em que a parcela protegida é zero, os programas são idênticos. Estes programas selecionam o grupo de consumidores que pode ser interrompidos, e implementam interrupções quando necessário, no período em que o sistema apresentar demanda maior que oferta.

Dessa maneira o autor oferece um mecanismo de dois estágios como um meio de melhorar a eficiência do racionamento. No primeiro estágio é oferecido aos consumidores uma tarifa que lhes dá a possibilidade de ocorrer a interrupção depois. A tarifa age como se fosse um contrato contingente e na sua assinatura o cliente seleciona o plano de racionamento descrevendo uma quantidade de energia elétrica, ou seja, permite consumo para cada contingência. Já o segundo estágio ocorre aleatoriamente e as empresas concessionárias podem prever uma possível interrupção. Esta interrupção acontece no período 3, com um espaço de tempo curto após o período 2, onde é solicitada a troca de energia dos clientes a um preço determinado durante o primeiro estágio. Assim, o modelo de Doucet, tem o intuito de analisar quotas ou preços ótimos e o consumidor fica livre para escolher seu ponto ótimo prevendo um possível racionamento futuro.

Nasr em 2000 utilizou um modelo econométrico para trabalhar a função demanda estudando a consistência da influência de algumas variáveis sobre o racionamento do consumo de energia do Líbano no período pós-guerra. Para isso, fez uma análise por período que diferencia o período de racionamento extensivo 1993-1994 e o de redução do racionamento de 1995-1997 se utilizando de dados mensais das variáveis explicativas: taxa de importação e alterações climáticas. Ele analisou através de três modelos cada um dos dois

períodos, onde obteve um bom resultado com um modelo de um autoregressivo de primeira ordem, AR (1).

Giambiagi *et al* (2002) analisam as perspectivas do setor elétrico após o racionamento, analisando as medidas adotadas para a superação da crise e discutem a oferta de energia para os cinco anos posteriores ao racionamento além de identificar as perspectivas do setor elétrico considerando os possíveis papéis a serem desempenhado pelos setores público e privado.

De acordo com Oliveira (2003), em seu estudo sobre o impacto do racionamento de energia nos resultados das empresas concessionárias do setor o racionamento ao forçar a redução da demanda de energia comprometeu o equilíbrio econômico-financeiro das empresas do setor elétrico, propiciando a execução da revisão tarifária extraordinária. Esse estudo teve como base os demonstrativos contábeis societários anuais das empresas e em publicações especializadas do setor elétrico. O autor trabalhou com informações de 1997 a 2002 onde buscou identificar as conseqüências financeiras ocorridas nas empresas em função do racionamento. As informações foram coletadas pelo autor nos Relatórios de informações trimestrais (ITR) e nas Demonstrações Financeiras Padronizadas (DPF) das empresas por ele estudadas. Outras informações foram ainda colhidas nos sites das concessionárias, da ELETROBRÁS, da ANEEL, entre outros.

Em seu trabalho, Bardelin (2004), mostra os fatores que levaram o Brasil ao déficit energético de 2001/2002, analisando a reação da população brasileira, durante o período em que foi imposto e os efeitos desse racionamento dando uma ênfase na redução do consumo de energia elétrica. Demonstrando as influências do racionamento no consumo de energia elétrica por região, por segmentos, no perfil de consumo, o impacto sobre o setor elétrico e, ainda mostra índices sobre os outros setores produtivos na economia do país durante o racionamento.

Também no ano de 2004 Cavalcanti, em seu trabalho estudou o efeito do racionamento de 2001/2002 no comportamento do consumidor de energia através da análise das mudanças estruturais que influenciaram o consumidor de energia elétrica nesse período através de uma modelagem microeconômica onde é utilizado o conceito do bem-uso da energia, avaliando a influência da restrição da oferta, aumento de preço e a divulgação da informação pela teoria do consumidor. Em seu trabalho, o impacto regional e setorial foi avaliado através da análise das elasticidades dada pela função demanda, utilizando dados mensais, regionais e setoriais por causa do período de tempo avaliado ter sido curto. Seu trabalho foi mais focado ao consumidor residencial por ser segundo a PROCEL, o público

mais difícil, por se tratar do segmento mais numeroso, disperso heterogêneo e menos orientado por considerações nacionais (custo/benefício).

Quando se parte para analisar os trabalhos que utilizam como metodologia matrizes insumo-produto, o objeto de estudo “acionamento de energia” não é tão encontrado na literatura. O que se tem são modelos que utilizam várias fontes de energia inseridas na matriz insumo-produto com o intuito de avaliar a intensidade de energia utilizada pelos diversos setores da economia de uma determinada região, estado ou país, ou mesmo maneiras de substituição de fontes de energia. Diante disto, será relacionado aqui no trabalho, esse tipo de estudo.

Wilting, Biesiot & Moll em 1997 apresentaram as intensidades energéticas para os 56 setores econômicos da Holanda ao longo do período de 1969-1988 utilizando a análise de insumo-produto. Também foram analisados os efeitos de alterações dos preços de energia. Como conclusão para tal estudo foi encontrada que a intensidade energética diminuiu em 40 dos 56 setores analisados e em 30 destes setores, as quedas foram superiores a 10%. Isso mostra uma significativa melhoria da eficiência energética para estes setores. A incerteza com relação a intensidade energética são inferiores a 10%. O trabalho encontrou também uma correlação negativa significativa entre os preços da energia e a intensidade energética.

Tiwari em 2000 utilizou o quadro de insumo-produto da Índia para calcular a intensidade energética nos diferentes setores da economia indiana. Encontrou que a intensidade de carvão diminuiu durante a década de 90, mas a intensidade de petróleo e de eletricidade aumentou no mesmo período. Os resultados indicaram que produtos como carvão, lã, seda, têxteis sintéticos, metais não-ferrosos, papel e produtos de papel, couro e artigos de couro, produtos minerais não-metálicos aumentaram a necessidade de requerimentos energéticos enquanto setores como cimento e adubo, se tornaram eficientes no que diz respeito ao uso de energia.

As necessidades energéticas da economia indiana são sensíveis tanto a taxa de crescimento econômico quanto a intensidade energética da produção dos setores produtivos e, a intensidade energética de produção é uma função do progresso tecnológico e varia de setor para setor. Diante disto, os recursos energéticos domésticos da Índia são muito utilizados e na economia é dependente especialmente das importações de produtos petrolíferos. Assim, a conclusão derivada do lado de estudos de oferta indica que a Índia não tem como aumentar a oferta devido ao preço de cada unidade adicional de produção de energia por esse motivo o

estudo foi feito com o intuito de estimar a intensidade energética dos vários setores dessa economia.

No ano em que ocorreu o racionamento de energia no Brasil, o Governo do Estado do Ceará através do IPLANCE (Fundação Instituto de Pesquisa e Informação do Ceará) elaborou um estudo que analisou o impacto da restrição ao consumo de energia elétrica sobre a economia cearense. Foram utilizados métodos econométricos para estimar os coeficientes de elasticidade-energia do produto para se analisar a sensibilidade do PIB em resposta às variações no consumo de energia elétrica. Como resultados das análises microeconômicas foram encontrados que o setor industrial é muito mais dependente de energia elétrica que o setor de serviços.

Já no que diz respeito aos resultados macroeconômicos através do modelo econométrico de insumo-produto utilizado foi sugerido que o PIB do estado do Ceará poderia apresentar uma redução de 3,40% e se isso acontecesse, em termos de mercado de trabalho, deixariam de ser criados entre 23.582 e 35.372 empregos diretos.

Ainda em termos de resultados deste estudo para o Ceará, a restrição ao consumo de energia levaria a redução na arrecadação do ICMS, reduções nas exportações e importações e ainda, uma elevação da inflação.

Pachauri & Spreng em 2001 se basearam nas 115 classificações dos setores da matriz insumo-produto para a Índia nos anos de 1983-1984, 1989-1990 e 1993-1994, calculando o total de intensidade de energia primária junto com o consumo privado final a fim de determinar as necessidades indiretas de uso de energia nos setores indianos. Como resultado foi encontrado que o total agregado sobre o consumo de energia da Índia é dividido equitativamente entre necessidades diretas e indiretas de energia que juntas compreendem 75% consumo total de energia pela Índia.

Alcântara & Duarte em 2003 propuseram uma decomposição da análise estrutural do modelo de insumo-produto para identificar as diferenças entre a intensidade energética das diversas fontes de energia da União Européia. Os resultados mostraram que o agregado total de energia na Europa é fortemente influenciado pelo efeito direto da intensidade energética. O setor identificado como o mais intensivo em energia foi o de metalurgia.

Tuyet & Ishihara em 2005 analisaram as mudanças com relação a intensidade energética do Vietnã no período de 1996 a 2000. Os autores procuraram ilustrar a mudança de relação causal direta entre o consumo de energia e a mudança do fluxo energético indicando a forma como se acumula a mudança de requerimentos diretos de energia através do consumo de cada

setor. O foco desse estudo foi o setor de transformação do arroz, que é um dos mais importantes setores de alimentos do Vietnã. Para isso, foi desenhado um mapa para a mudança do fluxo energético oculto, esclarecendo que no caso de um aumento de intensidade energética, o cultivo, o comércio e o setor de serviços são os que mais utilizam energia enquanto que papel e celulose é menos intensivo no que diz respeito a redução da intensidade energética.

Park & Heo em 2006 abordaram a participação direta e indireta das necessidades energéticas na Coreia já que o setor doméstico coreano foi responsável por cerca de 52% do requisito de energia primária nacional no período de 1980-2000. Desse total, foi encontrado que mais de 60% das necessidades energéticas do país foi indireta. O principal combustível doméstico na utilização de energia no ano 2000 foi, segundo os autores, a eletricidade. Ainda segundo os autores, algumas famílias coreanas consomem mais intensamente bens e serviços que são intensos em utilização de energia.

O trabalho se utilizou dos 15 setores da economia coreana mais intensivos em energia e avaliou que a média de intensidade primária de energia diminuiu de 1990 a 1995 e de 1995-2000. No entanto, setores como ferro-gusa, minerais não-metálicos e cimento registraram aumentos de intensidade energética, mas, não houve deterioração na eficiência energética. Como conclusão do estudo foi encontrada que em média, há uma diminuição substancial nos totais de intensidade energética na década de 1980 e 1990 na Coreia.

Perobelli et. al (2006) analisaram as interações energéticas entre o Estado de Minas Gerais e o restante do Brasil utilizando um modelo inter-regional de insumo-produto com incorporação do setor energético. A metodologia permitiu identificar os setores mais relevantes, dentro e fora do estado de minas gerais, para a demanda de energia que incide sobre o setor energia.

Diante do exposto, o objetivo dessa dissertação é desenvolver um modelo híbrido de insumo-produto para a economia pernambucana e através dele avaliar os requerimentos de energia elétrica no período do racionamento para a partir daí analisar de acordo com variações no PIB da economia o comportamento da mesma mediante as restrições do consumo do bem racionado.

Diante deste objetivo o capítulo seguinte trata da metodologia utilizada nessa dissertação.

3 METODOLOGIA

O objetivo deste capítulo é mostrar a metodologia adotada para calcular o impacto de um racionamento de energia na economia pernambucana.

A primeira seção abordará o modelo de insumo-produto de Leontief e a segunda trata da versão híbrida deste modelo.

A terceira seção mostrará como serão encontrados os setores-chave no que diz respeito aos requerimentos de energia elétrica e os efeitos econômicos de uma restrição ao uso de energia elétrica.

3.1 – O modelo de insumo-produto²

Segundo Leontief, “a análise de insumo-produto é uma extensão prática da teoria clássica de interdependência geral, que vê a economia inteira de uma região, de um país ou inclusive do mundo como um só sistema e se propõe interpretar todas as suas funções em termos das propriedades específicas mensuráveis de sua estrutura”.

Trata-se de uma tentativa de se aplicar a teoria neoclássica de equilíbrio geral ao estudo empírico da interdependência das diferentes partes de uma economia.

A informação fundamental da análise de insumo-produto consiste nos fluxos de produto de cada setor industrial produtor para cada um dos setores consumidores. Esta informação é representada por intermédio de uma tabela de relações interindustriais na qual as linhas descrevem a distribuição da produção de um setor através de toda a economia e as colunas mostram a composição dos insumos requeridos por uma indústria particular para desenvolver sua produção (Miller e Blair, 1985).

As relações do modelo de insumo-produto são representadas de modo esquemático, na figura 1. De acordo com ela pode-se observar que as vendas de um dado setor são utilizadas como insumo no processo produtivo de outro setor ou podem também ser consumidas pelos vários componentes da demanda final. De outro lado, observando-se as colunas nota-se que o processo produtivo de um determinado setor exige uma determinada quantidade de insumos que podem ser originados da própria economia ou importados. Este mesmo processo

² Segue exposição do capítulo 9 do livro “Contabilidade Social. A nova referência das Contas Nacionais do Brasil” de Feijó et al (2000).

produtivo é responsável tanto pelo pagamento dos impostos quanto pela geração de valor adicionado, na forma de geração de salários e de excedentes.

		Setores Compradores				Demanda Final					PRODUÇÃO TOTAL
		1	2	j	n	Investimento	Exportações	Variação de Estoque	Consumo do Governo	Consumo das Famílias	
Setores Vendedores	X_1										
	X_2										
	X_j										
	X_n										
Importações											
Impostos Ind. Líq.											
Valor Adicionado	Remunerações										
	Excedente Operacional Bruto										
	PRODUÇÃO TOTAL										

Figura 3.1: Tabela de Insumo-Produto

A expressão matemática de um sistema de insumo-produto para uma região consiste em um conjunto de n equações lineares com n incógnitas.

Neste conjunto, a demanda de um dado setor j por insumos originados de outros setores é relacionada com o montante de bens produzidos por este mesmo setor j e a demanda final, isto é, a demanda das famílias, do governo ou de outros países (exportações) é determinada por considerações relativamente não relacionadas com o montante produzido nestas unidades (Miller e Blair, 1985).

Deste modo, assumindo que a economia é dividida em n setores,

$$X_i = Z_{i1} + Z_{i2} + \dots + Z_{in} + C_i + I_i + G_i + E_i \quad (1)$$

Onde:

X_i é a produção do setor i;

Z_{ij} é o valor monetário do fluxo do setor i para o setor j;

C_i é a produção do setor i consumida domesticamente pelas famílias;

I_i é a produção do setor i destinada ao investimento;

G_i é a produção do setor i destinada para as administrações públicas;

E_i é a produção do setor i exportada.

Dado que cada um dos n setores terá uma equação semelhante, pode-se escrever:

$$\sum_{i=1}^n Z_{ij} + C_i + I_i + G_i + E_i \equiv X_i \quad (2)$$

O modelo de insumo-produto assume que os fluxos interindustriais do setor i para o setor j obedecem a uma relação exata, dada por um coeficiente técnico a_{ij} , definido como:

$$a_{ij} = \frac{Z_{ij}}{X_j} \quad (3)$$

Os coeficientes técnicos são medidas fixas das relações entre a produção de um setor e seus insumos. Em outras palavras, ignora-se a presença de economias de escala no processo produtivo assumindo-se a hipótese de retornos constantes.

Substituindo-se (3) em (1) e considerando que $Y = C + I + G + E$ obtém-se :

$$X_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1i}X_i + \dots + a_{1n}X_n + Y_1 \quad (4)$$

De modo análogo, para os n setores que compõem a economia pode-se escrever :

$$X_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1i}X_i + \dots + a_{1n}X_n + Y_1$$

$$X_2 = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2i}X_i + \dots + a_{2n}X_n + Y_2$$

⋮

$$X_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ii}X_i + \dots + a_{in}X_n + Y_i \quad (5)$$

⋮

$$X_n = a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + \dots + a_{ni}X_i + \dots + a_{nn}X_n + Y_n$$

Trazendo todos os termos X das equações (5) para a esquerda e colocando em evidência os termos comuns:

$$\begin{aligned}
 (1 - a_{11})X_1 - a_{12}X_2 - \dots - a_{1i}X_i - \dots - a_{1n}X_n &= Y_1 \\
 -a_{21}X_1 - (1 - a_{22})X_2 - \dots - a_{2i}X_i - \dots - a_{2n}X_n &= Y_2 \\
 &\vdots \\
 -a_{i1}X_1 - a_{i2}X_2 - \dots - (1 - a_{ii})X_i - \dots - a_{in}X_n &= Y_i \quad (6) \\
 &\vdots \\
 -a_{n1}X_1 - a_{n2}X_2 - \dots - a_{ni}X_i - \dots + (1 - a_{nn})X_n &= Y_n
 \end{aligned}$$

As equações (6) podem ser escritas na forma matricial como:

$$(I - A)X = Y \quad (7)$$

Onde:

$$\begin{aligned}
 (I-A) = & \begin{pmatrix} (1 - a_{11}) & -a_{12} & \dots & -a_{1i} & \dots & -a_{1n} \\ -a_{21} & (1-a_{22}) & \dots & -a_{2i} & \dots & -a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ -a_{i1} & -a_{i2} & \dots & (1-a_{ii}) & \dots & -a_{in} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ -a_{n1} & -a_{n2} & \dots & -a_{ni} & \dots & (1-a_{nn}) \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X = & \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ X_n \end{pmatrix} \\
 Y = & \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_n \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

Resolvendo-se a equação 7 pode-se obter a produção total necessária para suprir a demanda final, ou seja:

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (8)$$

Onde $(I-A)^{-1}$ é a matriz de coeficientes técnicos diretos e indiretos, também conhecida como matriz de Leontief ou inversa de Leontief, a qual indica os requerimentos diretos (provenientes da demanda final) e indiretos (provenientes da demanda intermediária) para a produção de bens e serviços na economia, isto é, cada elemento da matriz corresponde aos requisitos diretos indiretos da produção total do setor i necessários para produzir uma unidade de demanda final do setor j .

3.2 – Modelos de Insumo-Produto em unidades Híbridas³

A principal diferença entre o modelo exposto anteriormente e o modelo híbrido de insumo-produto é que esse último tem como objetivo quantificar os impactos e as interdependências dos setores da economia tanto em termos monetários quanto em termos físicos o que o torna um modelo que constitui a natureza físico-econômica das interações das atividades. (Miller & Blair, 1985).

As questões energéticas foram utilizadas desde os primeiros trabalhos que aplicaram esta metodologia. (Miller & Blair, 1985). Segundo Bullard & Herendeen (1975), Miller & Blair (1985) e Casler & Blair (1997), o modelo de insumo-produto em unidades híbridas é a formulação mais consistente para a aplicação de modelos de insumo-produto de natureza físico-econômica, em particular, com o uso de energia. Assim, de acordo com Hawdon & Pearson (1995) e Zhang Folmer (1998), algumas vantagens podem ser destacadas do modelo:

- i) permite a incorporação de fluxos físicos e monetários;
- ii) possibilita incorporar análises de impacto (Perobelli *et al.*, 2006).

Como no modelo anterior esse também exibe as mesmas limitações, ou seja:

- i) Coeficiente tecnológico constante;
- ii) retornos constantes de escala;
- iii) demanda final definida exogenamente;
- iv) preços rígidos.

O modelo híbrido de Insumo-Produto tem como idéia básica incluir uma linha e uma coluna que representa o setor energético na matriz. As linhas representam as vendas em toneladas equivalentes de petróleo (tep) do setor de energia pra os outros setores e a coluna

³ As seções 3.2 a 3.5 seguem exposição de Hilgemberg (2004), salvo algumas pequenas alterações bem como quando Perobelli for mencionado.

representa as compras em unidades monetárias do setor energia aos outros setores da economia. A denominação híbrida surgiu justamente porque as transações intersetoriais são representadas em valores monetários e outras em unidades físicas (Perobelli *et al.*2006).

Apesar de ser possível obter os fluxos de energia calculando de maneira convencional a inversa de Leontief e, converter em seguida os valores encontrados para unidades físicas, o procedimento pode trazer inconsistências. No modelo tradicional de insumo-produto, a intensidade de energia é calculada a partir da técnica dos coeficientes de impactos direto e estimada por meio de:

$$\Pi = c(I - A)^{-1} \quad (5)$$

Em que cada coluna de c representa um dado tipo de energia e cada um dos seus elementos mede a intensidade de energia por unidade monetária de produto de cada setor. Tendo em vista que os elementos de $(I - A)^{-1}$ medem o total (em unidades monetárias) de insumo necessário para produzir uma unidade monetária de produto, os elementos de \tilde{I} equivalem ao uso de energia derivado do uso de insumo em cada setor. Para isso, é necessário pressupor que tanto os fatores de conversão quanto os preços de energia seja os mesmos para os vários setores da economia.

Quando se utiliza unidades híbridas, essas hipóteses não são necessárias porque este modelo considera tanto a energia consumida no processo de produção de uma indústria, quanto à energia utilizada na produção dos insumos utilizados por ela (Miller & Blair, 1985).

Ainda com relação ao argumento anterior, para tal método é realizada uma análise de processo, ou seja, para determinado bem ou serviço, são identificados os insumos que são utilizados diretamente na sua produção. Estes podem ser combustíveis (que são energia direta) ou bem e serviços não-energéticos (que se enquadram nos não-combustíveis). Através da análise destes, são determinados os insumos requeridos para a sua produção, os quais incluem novamente combustíveis e bens e serviços não energéticos (Miller & Blair, 1985).

Tal processo tem o objetivo de rastrear os insumos até os recursos primários utilizados na sua produção. Para isso, o processo é dividido em *rounds* onde o primeiro revela os requerimentos diretos de energia e os subseqüentes definem os requerimentos indiretos de energia. Assim, a soma dos dois requerimentos é o requerimento total de energia, cujo cálculo é algumas vezes chamado de intensidade (Miller & Blair, 1985).

Para se calcular a intensidade de energia de um determinado produto é necessário distinguir os setores entre setores de energia primária como é o caso da extração de petróleo, por exemplo, e setores de energia secundária que tem como exemplo a eletricidade. Os setores

de energia secundária recebem energia primária como insumo e a convertem em formas secundárias de energia. Diante disto, o montante total de energia primária que é requerido para produzir um determinado produto deve ser igual ao montante necessário de energia secundária (Miller & Blair, 1985).

Sendo assim, numa economia que é composta por n setores dos quais m são setores energéticos, a matriz de fluxos de energia será E ($m \times n$). Ao se assumir que a energia consumida pela demanda final representada em unidades físicas é dada por ey , o consumo total de energia na economia é representado por F em que ey e F são vetores-coluna com m elementos e i é um vetor ($n \times 1$) cujos elementos são todos números 1:

$$Ei + ey = F \quad (6)$$

Isso quer dizer que a soma de energia consumida pelos setores interindustriais mais o consumo da demanda final é o montante de energia consumido e produzido pela economia. Quando a matriz E é obtida, se pode construir a matriz de transações interindustriais em unidades híbridas ao substituir na matriz de relações interindustriais Z as linhas que representam os fluxos de energia em unidades monetárias pelas linhas que representam os fluxos físicos de energia, obtidos na matriz E . A partir dessa substituição, é encontrada uma nova matriz de fluxos Z^* que representa os fluxos interindustriais de energia em unidades físicas e os demais fluxos em unidades monetárias.

Se for considerado o modelo tradicional de insumo-produto, pode-se por hipótese, admitir que o setor 1 é um setor de energia primária, onde os fluxos da produção para os demais setores são medidos em tep (toneladas equivalentes de petróleo) e os demais setores são não-energéticos com suas transações medidas em unidades monetárias \$. Isso torna as matrizes de energia e de transações em respectivamente:

$$E = \begin{bmatrix} tep & tep \end{bmatrix}$$

$$Z = \begin{bmatrix} \$ & \$ \\ \$ & \$ \end{bmatrix}$$

E a matriz em unidas híbridas será:

$$Z^* = \begin{bmatrix} tep & tep \\ \$ & \$ \end{bmatrix}$$

Aditando-se o mesmo procedimento para as matrizes Y e X ter-se-á:

$$Y^* = \begin{bmatrix} tep \\ \$ \end{bmatrix}$$

$$X^* = \begin{bmatrix} tep \\ \$ \end{bmatrix}$$

De maneira esquemática se E_k , e_{ky} e F_k representarem elementos da matriz de energia, pode-se definir esquematicamente Z^* , X^* e Y^* como:

$$Z_i^* = Z_j \text{ para linhas que não são fluxos de energia}$$

$$E_k \text{ para as linhas de fluxo de energia}$$

$$Y_i^* = Y_j \text{ para as linhas que não são fluxos de energia}$$

$$e_{ky} \text{ para as linhas de fluxo de energia}$$

$$X_i^* = X_j \text{ para as linhas que não são fluxos de energia}$$

$$F_k \text{ para as linhas de fluxo de energia}$$

E a partir de Z^* , Y^* e X^* pode-se obter:

$$A^* = Z^*(X^*)^{-1} = \begin{matrix} tep/tep & tep/\$ & tep/tep \\ \$/tep & \$/\$ & \$/tep \\ tep/tep & tep/\$ & tep/tep \end{matrix}$$

O que se pode perceber agora é que a matriz $(I - A^*)^{-1}$ terá as mesmas unidades só que representando os requerimentos em tep ou unidades monetárias por unidade da demanda final, enquanto A^* representa o requerimento direto por unidade de produto total.

Para se obter as matrizes de requerimentos diretos de energia e de requerimentos totais de energia, deve-se extrair respectivamente, as linhas dos fluxos de energia de A^* e $(I - A^*)^{-1}$. A maneira de se realizar tal procedimento é através da criação de uma matriz F^* que tenha uma dimensão $m \times n$ em que os elementos de F^* que representam os fluxos de energia são colocados na diagonal principal e os demais elementos são zero.

$$F^* = \begin{bmatrix} tep & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Ou seja:

$$F_i^* = 0 \text{ para linhas que não são fluxos de energia}$$

$$F_k \text{ para linhas de fluxos de energia}$$

Assim, os n elementos da matriz F^* , teria n elementos que representariam todos os setores, inclusive os energéticos em que os o total produzido de energia em unidades físicas seriam representados pelos n elementos da matriz e os demais setores seriam zero.

Dito de outro modo, a matriz F^* teria n elementos (representando o número de setores da economia, inclusive os setores energéticos) onde os elementos representando os setores de

energia (m de n elementos) representariam o total produzido de energia (em unidades físicas) por estes setores e os demais elementos seriam zero.

Fazendo $F^*(X^*)^{-1}$, obtém-se um vetor de zeros e números “um”, no qual os números “um” denotam a localização dos setores de energia. Deste modo, pós multiplicando as matrizes de requerimentos diretos e de requerimentos totais de energia por $F^*(X^*)^{-1}$ recuperam-se apenas os coeficientes de energia ou seja, a intensidade de energia.

Logo, \ddot{a} representa os requerimentos diretos e \acute{a} representa os requerimentos totais:

$$\ddot{a} = F^*(X^*)^{-1}$$

$$\acute{a} = F^*(X^*)^{-1}(I-A^*)^{-1}$$

Os requerimentos diretos de energia são obtidos na diferença entre \ddot{a} e \acute{a} , ou seja:

$$= F^*(X^*)^{-1}[(I-A^*)^{-1} - A^*]$$

Como a dissertação abordará o tema racionamento de energia, a única fonte utilizada na construção da matriz híbrida de Leontief para o Estado de Pernambuco será a energia elétrica. Dessa forma, as outras fontes não serão utilizadas na construção da matriz e os requerimentos só serão relativos a tal fonte.

3.3 - Setores-Chave em intensidade de energia

A idéia de identificar a intensidade das ligações intersetoriais fornece um meio para identificar aqueles setores-chave na promoção de determinada estratégia de política. No caso de estratégia de desenvolvimento, por exemplo, se recursos tais como capital e capacidade empresarial fossem concentrados nos setores-chave, a produção e o emprego num determinado país ou região cresceriam mais rapidamente que se os mesmos recursos fossem utilizados de outro modo. (McGilvray, 1977)

O método tradicional para medir tais ligações, que nada mais são do que medidas descritivas da interdependência entre as indústrias foi desenvolvido por Rasmussen e é baseado na matriz inversa de Leontief.

Num sistema composto por n setores, onde a inversa de Leontief é uma matriz C (nxn), seja:

$$R_j = \sum c_{ij} \text{ (com } j=1, 2, 3, \dots)$$

Onde R_j é a soma dos elementos da coluna j da inversa de Leontief, ou seja, o efeito no produto de toda a economia gerado por um aumento de uma unidade na demanda final do setor j e cada elemento da coluna j fornece o impacto direto e indireto de um aumento de uma

unidade da demanda final pela produção do setor j em cada um dos n setores. Para efeitos de medidas de políticas, no entanto, é importante verificar a magnitude relativa de R_j , o qual pode ser normalizado como:

$$V_j = \frac{(1/n).R_j}{(1/n^2).\sum_{i,j} c_{ij}}$$

Onde o numerador é a média de todos os elementos da coluna j e o denominador é a média de todos os elementos da inversa de Leontief. Esta medida é chamada de índice de ligação para trás na medida em que os valores de V_j indicam a resposta dos outros setores a um aumento do seu produto.

Uma outra medida das ligações interindustriais pode ser definida utilizando as linhas da matriz inversa de Leontief:

$$R_i = \sum c_{ij} \quad (\text{com } j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

Assim, R_i mede o produto que seria gerado no setor i se a demanda final de cada um dos setores fossem aumentadas de uma unidade. Assim, R_i pode ser normalizado como:

$$U_i = \frac{(1/n).R_i}{(1/n^2).\sum_{i,j} c_{ij}}$$

Que é conhecido como índice de ligação para frente e mede a dependência do produto do setor i em relação ao produto dos demais setores.

Os chamados setores-chave são aqueles para os quais V_j e U_i são maiores que a unidade, ou seja, um setor-chave é aquele que demanda insumos dos demais setores numa intensidade maior que a média e cuja produção é amplamente usada pelos demais setores (Mcgilvray, 1977).

3.4 - Os índices de Rasmussen-Hirschman

Os índices de ligações de Rasmussen-Hirschman têm sido muito aplicados e comentados na literatura por McGilvray (1977), Hewings (1982), Guilhoto *et al.* (1994), dentre outros. Essas medidas, inicialmente idealizadas por Rasmussen (1956), foram usadas como meio de identificar setores-chave por Hirschman (1958).

Considerando a estrutura interna da economia baseada no modelo de insumo-produto e seguindo os dois últimos autores, é possível determinar os setores que teriam o maior poder de encadeamento dentro da economia, isto é, realizar o cálculo dos índices de ligações para trás, que estimam o quanto um setor demanda dos outros setores, e os índices de ligações para frente, que informam o quanto um setor é demandado pelos outros.

Desse modo, com base na equação $L = (I - A)^{-1}$, define-se l_{ij} como um elemento da matriz inversa de Leontief, L , L^* como a média de todos os elementos de L e $L_{\bullet j}$ e $L_{i \bullet}$ como a soma dos elementos de uma coluna e de uma linha típica de L , dada, respectivamente, como

$$L_{\bullet j} = \sum_{i=1}^n l_{ij} \text{ e } L_{i \bullet} = \sum_{j=1}^n l_{ij} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2.1)$$

Assim:

Índices de ligações para trás (poder de dispersão):

$$U_j = [L_{\bullet j} / n] / L^* \quad (2.2)$$

Índices de ligações para frente (sensibilidade da dispersão):

$$U_i = [L_{i \bullet} / n] / L^* \quad (2.3)$$

Para Rasmussen e Hirschman, valores maiores do que 1, tanto dos índices de ligações para trás quanto para frente, indicam setores acima da média e, portanto, considerados setores-chave para o crescimento da economia.

3.5 – Efeitos econômicos de uma restrição ao uso de energia elétrica

Dada a função de produção subjacente ao modelo de insumo-produto e considerando a hipótese de que a tecnologia é dada, a única maneira de um determinado setor reduzir o uso de energia elétrica é reduzir, na mesma proporção sua produção. Isso fará necessariamente, que sua demanda pela produção dos demais setores diminua.

O impacto total na economia, contudo, depende de como os demais setores serão capazes de lidar com a queda na demanda do setor que sofreu a restrição. Pode-se imaginar

que os demais setores serão capazes de redirecionar sua produção para a demanda final, fazendo com que o impacto na atividade econômica seja menor. Contrariamente, pode-se supor que a demanda final não será capaz de absorver a produção que antes era destinada ao setor afetado, situação que provocará um maior impacto na economia.

O presente trabalho vai levar em consideração as duas situações. A análise é feita, em primeiro lugar, assumindo-se que seja imposta uma redução de 20% nas emissões de um dado setor e que os demais setores sejam capazes de redirecionar sua produção para a demanda final.

Para tanto, numa economia composta com n setores, seja X_r o vetor-coluna cujos elementos todos são zeros, exceto para o setor que sofre a redução e o elemento X_r^r é o montante da redução exigida. Logo,

$$\Delta X = X + X^r$$

Assim, o custo em termos do PIB, da restrição sobre as emissões em um dado setor pode ser medido por

$$\Delta Y = (I - A)\Delta X$$

Neste caso, apenas o setor que sofre a restrição tem sua produção alterada, mas como a demanda final pelo produto dos demais setores será maior, o impacto total na economia é menor.

Pode-se também adotar outra hipótese diametralmente oposta, ou seja, admitir que os demais setores não conseguem realocar sua produção para a demanda final. Neste caso, a queda no produto é maior, pois o impacto originado em um setor se espalha com maior intensidade em toda economia.

Seja ΔY^0 um vetor coluna no qual todos os elementos são iguais a zero, com exceção apenas do elemento que corresponde à demanda pelo produto do setor onde a restrição é imposta.

O impacto intersetorial é obtido pela diferença entre a matriz de relações interindustriais Z e a matriz Z^0 obtida após o estabelecimento da restrição.

Esta última é obtida calculando-se inicialmente a variação ocasionada na produção, a qual é obtida de

$$\Delta X^0 = (I - A)^{-1} \Delta Y^0$$

Logo, a nova produção total será

$$X^0 = X + \Delta X^0$$

Considerando que a tecnologia é dada e expressa pela matriz de coeficientes técnicos A, a matriz Z^0 é obtida fazendo

$$Z^0 = A.X^0$$

3.6 – Fonte e tratamento dos dados

Os dados utilizados para a elaboração da pesquisa serão os da matriz insumo-produto de Pernambuco (MIP-PE) estimada por costa *et al* (2005) que pode ser encontrada no anexo 1, os do Balanço Energético de Pernambuco (BEE) (Anexo 2) desenvolvido pela Secretaria de Infra-estrutura de Pernambuco (SEINFRA) além de dados de consumo de energia fornecidos pela Companhia Elétrica de Pernambuco (CELPE), de Produto Interno Bruto (PIB) e Valor Adicionado Bruto (VAB) cedidos pela Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa de Pernambuco (Condepe/Fidem).

A matriz insumo-produto do estado de Pernambuco possui 35 setores e o balanço energético dispõe de dados de consumo de energia para 17 setores da economia pernambucana. Diante disto, foi necessário agregar alguns setores, ou mesmo excluir alguns dos setores da análise tendo em vista que era necessário compatibilizar os dados da MIP-PE com os do BEE.

Dessa maneira, ao compatibilizar os setores, foi encontrada uma matriz híbrida de insumo-produto do tipo (11x11) que é composta dos seguintes setores: Agropecuária (A1), Minerais não-metálicos (A2), Metalurgia dos não-ferrosos (A3), Indústria de papel e gráfica (A4), Indústria química (A5), Indústria têxtil (A6), Outras indústrias alimentares e de bebidas (A7), Indústrias diversas (A8), Comércio (A9), Transporte (A10) e Administração Pública (A11).

4 – ANÁLISES DOS RESULTADOS

Este capítulo trata da apresentação dos resultados obtidos a partir da metodologia descrita no capítulo anterior.

4.1- Índices de ligação Rasmussen-Hirschman:

Os índices de ligação procuram avaliar os setores que têm o maior poder de encadeamento dentro da economia, ou seja, ao se calcular o índice de ligação para trás, se determina quanto um setor demanda de outros setores e os índices de ligação para frente determinam o quanto este setor é demandado pelos outros.

Em termos formais o índice de ligação para frente expressa o aumento na produção do *i*-ésimo setor face a um aumento unitário na demanda final de cada um dos setores simultaneamente. Já o índice de ligação para trás expressa o aumento total na produção de todos os setores face a um aumento unitário na demanda final do *j*-ésimo setor, ou seja, tal índice consiste na soma dos efeitos gerado em cada um dos setores, quando há um choque unitário no *j*-ésimo setor.

O quadro abaixo mostra os resultados dos índices de ligação de Rasmussen-Hirschman pra frente e para trás dos setores estudados nessa dissertação.

Quadro 4.1: Índices de ligação de Rasmussen-Hirschman para frente e para trás

<i>Atividade</i>	<i>Mult. Para trás</i>	<i>Rank</i>	<i>Mult. Para Frente</i>	<i>Rank</i>
<i>Agropecuária</i>	<i>1,080098127</i>	<i>6</i>	<i>1,035278425</i>	<i>7</i>
<i>Minerais não-metálicos</i>	<i>1,29377011</i>	<i>1</i>	<i>1,157519361</i>	<i>1</i>
<i>Metalurgia dos não-ferrosos</i>	<i>1,011513434</i>	<i>10</i>	<i>1,046719289</i>	<i>6</i>
<i>Indústria de papel e gráfica</i>	<i>1,198798731</i>	<i>2</i>	<i>1,096821242</i>	<i>3</i>
<i>Indústria química</i>	<i>1,072125639</i>	<i>8</i>	<i>1,047984713</i>	<i>5</i>
<i>Indústria têxtil</i>	<i>1,008173122</i>	<i>11</i>	<i>1,020260102</i>	<i>10</i>
<i>Out. ind. Alim. e de bebidas</i>	<i>1,074995575</i>	<i>7</i>	<i>1,069597288</i>	<i>4</i>
<i>Indústrias diversas</i>	<i>1,057528892</i>	<i>9</i>	<i>1,008984614</i>	<i>11</i>
<i>Comércio</i>	<i>1,124462136</i>	<i>4</i>	<i>1,033631674</i>	<i>8</i>
<i>Transporte</i>	<i>1,13547809</i>	<i>3</i>	<i>1,026980778</i>	<i>9</i>
<i>Administração Pública</i>	<i>1,118184926</i>	<i>5</i>	<i>1,12704764</i>	<i>2</i>

Fonte: Cálculos elaborados pela autora a partir de dados da MIP-PE e do BEE-PE

Ao se analisar as ligações para trás se pode perceber que minerais não-metálicos (A2), indústria de papel e gráfica (A4) e Transporte (A10) estão entre os principais setores, ou seja, são os setores que mais demandam de outros setores para desenvolver suas atividades.

Quando a análise passa a ser feita pelo índice ligação para frente, minerais não-metálicos (A2), Administração Pública (A11) e indústria de papel e gráfica estão entre os principais setores de atividades, ou seja, são os setores cujos outros setores mais demandam para desenvolver suas atividades.

4.2 – Índices de ligação normalizados

A construção de índices normalizados é interessante na medida em que possibilita a identificação dos setores-chave, ou seja, índices normalizados com valores superiores à unidade evidenciam setores com comportamento acima da média, portanto setores-chave. Por exemplo, índices de ligações para trás (normalizado) do setor *j* com valores superiores a 1 indica que tal setor gera estímulos acima da média nos demais setores, enquanto índices de ligação para frente com valor superior a 1 indica que o setor deverá gerar um aumento na produção acima da média para um determinado aumento de demanda final.

Quadro 4. 2 : Índices de ligação normalizados para frente e para trás

<i>Atividade</i>	<i>Índ.p/trás</i>	<i>Rank</i>	<i>Índ.p/frente</i>	<i>Rank</i>
<i>Agropecuária</i>	<i>0,907</i>	<i>8</i>	<i>1,133</i>	<i>1</i>
<i>Minerais não-metálicos</i>	<i>1,014</i>	<i>5</i>	<i>0,952</i>	<i>7</i>
<i>Metalurgia dos não-ferrosos</i>	<i>0,917</i>	<i>7</i>	<i>1,005</i>	<i>5</i>
<i>Indústria de papel e gráfica</i>	<i>1,041</i>	<i>4</i>	<i>0,985</i>	<i>6</i>
<i>Indústria química</i>	<i>1,089</i>	<i>2</i>	<i>1,021</i>	<i>4</i>
<i>Indústria têxtil</i>	<i>1,119</i>	<i>1</i>	<i>0,946</i>	<i>8</i>
<i>Out. ind. Alim. e de bebidas</i>	<i>1,067</i>	<i>3</i>	<i>1,062</i>	<i>3</i>
<i>Indústrias diversas</i>	<i>0,884</i>	<i>11</i>	<i>0,939</i>	<i>9</i>
<i>Comércio</i>	<i>0,905</i>	<i>9</i>	<i>1,080</i>	<i>2</i>
<i>Transporte</i>	<i>0,900</i>	<i>10</i>	<i>0,886</i>	<i>10</i>
<i>Administração Pública</i>	<i>0,987</i>	<i>6</i>	<i>0,883</i>	<i>11</i>

Fonte: Cálculos elaborados pela autora a partir de dados da MIP-PE e do BEE-PE

Existem cinco setores-chave sob a ótica do encadeamento para frente, respectivamente: Agropecuária, Metalurgia dos não-ferrosos, Indústria química, Outras indústrias alimentares e de bebidas e comércio. Estes são os setores com maior sensibilidade

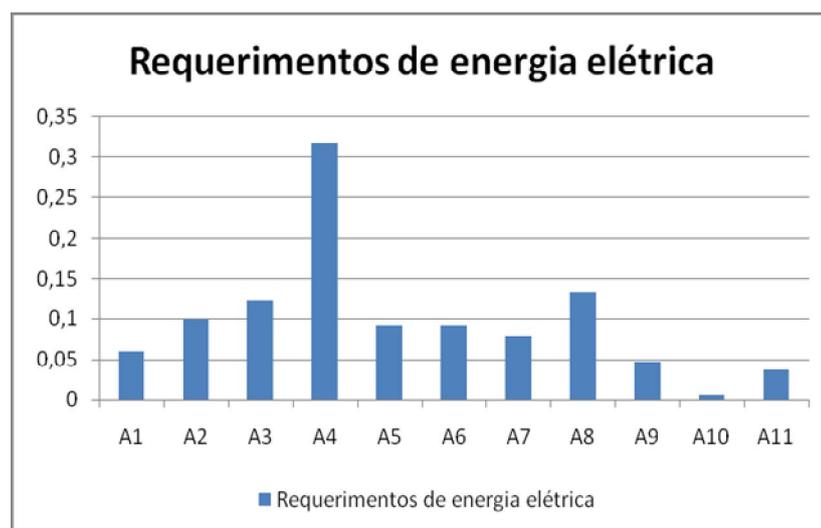
de dispersão, ou seja, deve apresentar crescimento relativo acima da média nos períodos de expansão da demanda final.

Sob a ótica do encadeamento para trás, existem também cinco setores-chave que são: Minerais não-metálicos, Indústria de papel e gráfica, Indústria Química, Indústria têxtil e Outras indústrias alimentares e de bebidas. Estes são os setores com maior poder de dispersão na economia, ou seja, são aqueles que, uma vez estimulados, geram maior “demanda” relativa de crescimento dos outros setores.

Dessa maneira, a formulação de políticas específicas para a redução do consumo de energia elétrica por parte destes setores deve atentar para a seguinte questão: quando um setor é denominado chave na utilização de energia, ele é assim considerado porque sua produção responde mais fortemente a mudanças tanto na demanda final quanto na demanda dos demais setores que também precisam atender a essa nova demanda. Sendo assim, se o uso de energia destes setores for restrito significa, necessariamente, restringir sua produção no curto prazo, o que por consequência afetará o produto total da economia de forma mais intensa.

4.3 – Requerimentos diretos de energia elétrica por unidade de produto

Como a matriz A* (Anexo 1) representa o requerimento por unidade de produto total, ou seja, o requerimento direto, através do gráfico exposto logo a seguir, pode-se perceber que Indústria de Papel e Gráfica (A4), Indústrias Diversas (A8) e Metalurgia dos não-ferrosos (A3) são os setores que têm os maiores requerimentos diretos de energia elétrica.

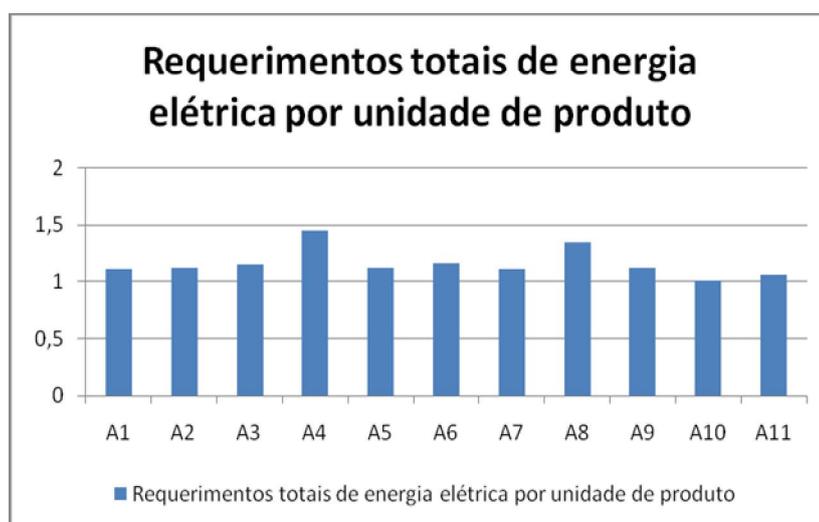


Fonte: dados da pesquisa

Gráfico 4.1: Requerimentos diretos de energia elétrica por unidade de produto

4.4 Requerimentos totais de energia elétrica:

Os coeficientes técnicos da matriz inversa de Leontief (Anexo2) indicam a quantidade de insumo de um setor *i* necessária para a produção de uma unidade de produto final do setor *j*. Dessa maneira, no gráfico 2 (abaixo), estão todos os requerimentos totais de energia elétrica por todos os setores de atividades.



Fonte: dados da pesquisa

Gráfico 4.2: Requerimentos diretos de energia elétrica por unidade de produto

Ao se analisar o gráfico pode-se perceber que os setores de Indústria de papel e gráfica (A4), Indústrias Diversas (A8) e Indústria têxtil (A6) são os setores que mais necessitam de energia elétrica para desenvolver suas atividades.

4.5 – Os efeitos econômicos da restrição do uso de energia elétrica

Como o modelo de insumo-produto que foi detalhado no capítulo 3 assume que energia está linearmente relacionada ao nível de produção, pode-se assumir que qualquer restrição ao consumo de energia, implicará numa restrição equivalente na produção de cada setor de atividade econômica e também na economia como um todo.

Se uma restrição qualquer implica numa queda de produção no curto prazo, pode-se considerar que todos os setores produtivos não terão como redirecionar sua produção para a demanda final porque todos sofrerão a restrição. Sendo assim, os impactos na atividade

econômica são maiores à medida que se observa um efeito em cadeia de queda no consumo intersetorial.

O que vale a pena ressaltar aqui é que na indústria pernambucana a fonte de energia mais utilizada segundo o Balanço Energético Estadual (BEE) é a Produção da Cana que é seguida pela lenha. Energia elétrica aparece em terceiro lugar o que pode significar que ao existir um racionamento de energia elétrica no Estado, a utilização desta fonte pode ser substituída por outra fonte o que poderá não afetar negativamente o crescimento da economia.

Isso pode ser considerado um ponto positivo para a economia do Estado. No entanto, mesmo estando em terceiro lugar no que diz respeito a fonte energética para o desenvolvimento das atividades industriais, energia elétrica continua sendo um insumo necessário a produção. Assim, tendo em vista que há setores que são considerados chave com relação ao consumo de energia, se faz necessária uma boa formulação de políticas para que não haja problemas caso ocorra uma restrição ao consumo desse bem.

Através do quadro 5.6 abaixo, se pode observar os valores monetários da queda na demanda pelo insumo energia elétrica do setor que enfrenta uma redução de 20% na quantidade utilizada deste insumo (este valor de 20% foi utilizado por ter sido a restrição imposta pelo governo durante o período de racionamento de 2001/2002).

Quadro 4.5: Valores monetários da queda na demanda por insumo energético do setor
Que enfrenta uma redução de 20% na quantidade utilizada de energia elétrica

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
A1	-0.010	-0.785	-0.728	-1.768	-1.954	-1.949	-6.195	-17.304	-4.721	-0.773	-0.073
A2	-0.000	-6.444	-0.448	-0.548	-0.119	-0.607	-2.510	-7.387	-0.917	-0.220	-0.006
A3	-0.001	-0.505	-27.613	-4.190	-0.760	-2.980	-17.264	-144.858	-2.533	-0.845	-0.224
A4	-0.002	-0.445	-1.680	-9.672	-0.267	-0.434	-2.462	-26.332	-0.480	-0.068	-0.074
A5	-0.006	-1.945	-6.572	-6.458	-12.449	-4.362	-19.865	-14.774	-3.974	-0.046	-0.158
A6	-0.001	-0.021	-0.518	-0.261	-0.062	-5.255	-0.036	-10.706	-0.081	-0.080	-0.016
A7	-0.009	-2.588	-3.044	-4.183	-3.824	-9.273	-31.539	-109.154	-18.056	-4.269	-0.221
A8	-0.002	-0.966	-14.954	-9.463	-2.568	-6.333	-37.334	-285.284	-5.493	-1.961	-0.461
A9	-0.058	-2.503	-14.266	-7.796	-3.026	-21.209	-120.195	-50.060	-28.071	-0.859	-1.472
A10	-0.005	-2.138	-4.616	-1.138	-1.967	-7.178	-43.732	-35.188	-6.378	-11.074	-0.271
A11	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.012

Fonte: Cálculos elaborados pela autora a partir de dados da MIP-PE e do BEE-PE

O que se observa através do quadro é que os efeitos tendem a ser maiores naqueles setores onde as ligações do setor com o restante da economia são mais fortes. Ainda no quadro 5.6, é possível observar os valores monetários da queda na demanda por insumos do setor que enfrenta a restrição na quantidade consumida de energia. Assim, na hipótese de que

a restrição seja imposta ao setor Minerais não-metálicos (A2), a demanda deste setor pelos insumos do setor Indústria química (A5) irá diminuir em cerca de R\$1,945 milhão.

Apesar de os maiores impactos serem observados na demanda do setor que sofre a restrição, e os efeitos atingirem mais fortemente os setores que têm uma ligação maior com este, há o efeito de cadeia já que com a redução em um setor, os demais setores são forçados a reduzir sua produção frente à demanda menor do setor sob restrição.

Vale a pena ressaltar aqui que como no racionamento de energia elétrica é determinado que todos os setores sofram a restrição, há uma reação de cadeia maior já que a produção de todos será afetada. É importante ainda analisar o fato de que a magnitude dos impactos depende do setor em toda a economia e da intensidade das ligações intersetoriais. A restrição de energia elétrica é imposta como um percentual sobre o seu consumo assim, a queda do produto referente à restrição pode ser ponderada pela importância das ligações intersetoriais.

Diante das dificuldades encontradas em termos de dados disponíveis para um estudo mais detalhado de possíveis restrições ao consumo de energia, o que se pode acrescentar ainda a esse trabalho é um quadro de tendências esperadas das variáveis econômicas a partir de um estudo feito pelo IPLANCE (Instituto de Planejamento do Ceará). Tal quadro é mostrado logo a seguir:

Quadro. 4.6: Repercussões econômicas decorrentes da restrição do consumo de energia elétrica

<i>Variáveis</i>	<i>Tendência Esperada</i>
1. Taxa de Crescimento da Oferta Agregada	-
2. Taxa de Crescimento do PIB	-
3. Nível de Emprego	-
4. Inflação	+
5. Salário Real (w/p)	-
6. Taxa de Crescimento das importações	-
7. Taxa de Crescimento das Exportações	-
8. Taxa de Crescimento da demanda agregada ($C+I+X$)	-
9. Saldo da Balança Comercial	-
10. Taxa de Crescimento do ICMS	-
11. Eficiência do uso de energia elétrica	+
12. Substituição de energia hidráulica por outras fontes	+
13. Preço da tarifa de energia elétrica	+
14. Investimento do setor elétrico	+
15. Nível de bem-estar da população	-

Fonte: IPLANCE

5 CONCLUSÕES

Sendo energia um bem importante e indispensável à produção de outros bens, o objetivo deste trabalho foi descobrir a necessidade de requerimentos de energia elétrica pelos setores de atividades da economia pernambucana. Isso foi necessário para que se pudesse analisar o comportamento em termos de necessidade de energia da economia pernambucana durante o período de racionamento de energia elétrica ocorrido em 2001/2002 para que se observasse como mediante a restrição de um bem tão necessário ao processo produtivo se comportaria essa economia.

Ainda com relação ao argumento anterior, isso é importante porque permite a formulação de políticas que visem o crescimento da economia do estado como um todo, tendo em vista que se pode analisar os setores que mais sofrem com o racionamento do bem energia elétrica.

Diante disto, este trabalho procurou encontrar não só as necessidades de energia de cada um dos 11 setores aqui estudados, mas também os setores-chave no que diz respeito à utilização de energia elétrica bem como os efeitos econômicos da restrição.

Os índices de ligação procuram avaliar os setores que têm o maior poder de encadeamento dentro da economia, ou seja, ao se calcular o índice de ligação para trás, se determina quanto um setor demanda de outros setores e os índices de ligação para frente determinam o quanto este setor é demandado pelos outros.

Diante do exposto anteriormente, o que se percebeu ao analisar os índices de ligação para trás foi que Minerais não-metálicos, Indústria de papel e gráfica e Transporte estão entre os principais setores, ou seja, são os setores que mais demandam de outros setores para desenvolver suas atividades. Já quando a análise é feita analisando o índice de ligação para frente, o que se observa é que minerais não-metálicos, Administração Pública e indústria de papel e gráfica estão entre os principais setores, ou seja, são os setores cujos outros setores mais demandam para desenvolver suas atividades.

A construção de índices normalizados é interessante na medida em que possibilita a identificação dos setores-chave, ou seja, índices normalizados com valores superiores à unidade evidenciam setores com comportamento acima da média, portanto setores-chave.

Na dissertação o que se observou é que existem cinco setores-chave sob a ótica do encadeamento para frente, respectivamente: Agropecuária, Metalurgia dos não-ferrosos, Indústria química, Outras indústrias alimentares e de bebidas e comércio. Estes são os setores com maior sensibilidade de dispersão, ou seja, deve apresentar crescimento relativo acima da média nos períodos de expansão da demanda final.

Sob a ótica do encadeamento para trás, existem também cinco setores-chave que são: Minerais não-metálicos, Indústria de papel e gráfica, Indústria Química, Indústria têxtil e Outras indústrias alimentares e de bebidas. Estes são os setores com maior poder de dispersão na economia, ou seja, são aqueles que, uma vez estimulados, geram maior “demanda” relativa de crescimento dos outros setores.

Dessa maneira, a formulação de políticas específicas para a redução do consumo de energia elétrica por parte destes setores deve atentar para a seguinte questão: quando um setor é denominado chave na utilização de energia, ele é assim considerado porque sua produção responde mais fortemente a mudanças tanto na demanda final quanto na demanda dos demais setores que também precisam atender a essa nova demanda. Sendo assim, se o uso de energia destes setores for restrito significa, necessariamente, restringir sua produção no curto prazo, o que por consequência afetará o produto total da economia de forma mais intensa.

Sob a ótica dos requerimentos diretos de energia elétrica por unidade de produto pode-se perceber que Indústria de Papel e Gráfica (A4), Indústrias Diversas (A8) e Metalurgia dos não-ferrosos (A3) são os setores que têm os maiores requerimentos diretos de energia elétrica. Já sob a ótica dos requerimentos totais de energia elétrica, pode-se perceber que os setores de Indústria de papel e gráfica (A4), Indústrias Diversas (A8) e Indústria têxtil (A6) são os que mais precisam de energia elétrica para realizar suas atividades.

Com relação aos efeitos econômicos de uma restrição ao consumo de energia elétrica, pode-se assumir que qualquer restrição ao consumo desse bem implicará numa restrição na produção de cada setor, conseqüentemente, na economia como um todo principalmente pelo fato de todos sofrerem a restrição o que faz com que o impacto seja maior quando se observa o efeito em cadeia da queda no consumo intrasetorial.

O que se observa também é que os impactos são maiores nos setores onde a ligação com a economia são mais forte e, pelo efeito de cadeia, faz com que os demais setores sejam forçados a reduzir sua produção. Ainda é importante frisar que segundo o Balanço Energético Estadual (BEE), na indústria pernambucana, a principal fonte de energia é a Produção da

Cana, seguida pela Lenha. Energia elétrica aparece em terceiro lugar o que pode significar que ao existir um racionamento de energia elétrica essa fonte pode ser substituída por essas duas fontes.

No entanto, apesar disso, energia elétrica continua sendo um insumo necessário ao desenvolvimento das atividades industriais e, tendo em vista que há setores considerados chave com relação ao consumo de energia elétrica se faz necessária uma boa formulação de políticas para que não haja problemas de produção ao existir o racionamento desse bem.

Diante do exposto acima, pode-se perceber que sendo a economia pernambucana analisada em termos de matriz insumo-produto que corresponde a uma cadeia produtiva onde cada setor depende de pelo menos um outro setor para conseguir realizar suas atividades a restrição de um insumo tão importante na cadeia de produção como é o caso da energia elétrica levará possivelmente a problemas relativos ao crescimento econômico já que ao ser afetada uma das atividades econômicas outra por cadeia será afetada.

Deste modo as principais contribuições deste trabalho é o fato de se ter descoberto as necessidades de energia por parte dos setores de atividades econômicas de Pernambuco bem como os setores-chave no diz respeito ao consumo de energia elétrica, o que permite ao formulador de políticas informações para a tomada de decisões quanto a melhor estratégia, do ponto de vista econômico, de uma restrição ao consumo desse bem.

No entanto, como a principal dificuldade encontrada para a elaboração deste trabalho foi a disponibilidade de dados mais detalhados, outras análises que podem ser pertinentes ao desenvolvimento da economia pernambucana podem ser discutidas em trabalhos futuros.

Ainda com relação a trabalhos que podem ser desenvolvidos futuramente, pode ser elaborado um estudo para outro estado ou mesmo para a região como um todo afim de que sirva de comparação para se descobrir se os resultados encontrados são próprios da economia pernambucana ou se a tendência dos resultados seriam as mesmas.

Como já foi especificado anteriormente, tendo em vista que energia elétrica está em terceiro lugar em utilização por parte dos setores de atividades econômicas uma outra sugestão seria tentar avaliar o impacto de restrições em outras fontes ou mesmo, que outra fonte poderia substituir melhor a energia elétrica para que a continuidade do desenvolvimento das atividades econômicas de Pernambuco não seja atingida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEEL. Legislação ANEEL. 2004. Resolução nº 102, de 01 de março de 2002 Institui a Convenção do Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE). Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 04 de março de 2002, nº 42, seção 1, p. 52-5. Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, Leis Específicas. 2004.
- ANEEL. *Atlas de energia elétrica do Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, 2002.*
- BARDELIN, C.E.A. *Os efeitos do Racionamento de energia elétrica ocorrido no Brasil em 2001 e 2002 com ênfase no consumo de energia elétrica. 2004. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.*
- BULLARD, C.W.; HERENDEEN, R.A. *The energy cost of goods and services. Energy Policy, V.3, n. 4, p. 268-278*
- CASLER, S.D. & BLAIR, P.D. *Economic structure, fuel combustion, and pollution emissions. Ecological Economics, v.22, p.19-27, 1997.*
- CAVALCANTI, B.Z.C. *O comportamento do consumidor de energia elétrica face ao Racionamento, 2004 Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Economia, PIMES, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2004.*
- CNI - Confederação Nacional da Indústria. 2004. *A Visão da CNI sobre o Estado da Infra-estrutura Nacional. COINFRA - Comissão de Infra-estrutura da CNI. 2004.*
- COSTA, F.E. JÚNIOR, A.T.I. BEZERRA, F.J. MELO V.M. *Matriz de Insumo-Produto de Pernambuco para 1999: Metodologia de cálculo e Subsídios ao Planejamento Regional. Econ. Aplic. 9 (4): 595-691 out-dez 2005*
- DOUCET, J; MIN, K. J; ROLAND, M; STRAUSS, T. 1996. *Electricity rationing through a two-stage mechanism. Energy Economics. Vol.18. p.247-263.*
- FEIJÓ, A.C. RAMOS, O.L.R., YOUNG, F.E.C. LIMA, C.G.C.F. GALVÃO, A.J.O. *Contabilidade Social: o novo sistema de contas nacionais do Brasil – 2 ed. Rio de Janeiro, Elsevier,2003.*
- FILHO, M.F.A. *Contabilidade Social: uma introdução à macroeconomia: contabilidade social, moeda e finanças públicas, matrizes e fundos de insumo-produto, balanço de pagamentos -2. ed –São Paulo: Atlas,1994.*
- GHIRARDI, A.G. 2002 *Aspectos Regionais do Racionamento de Eletricidade. IX Congresso Brasileiro de Energia – CBE. Vol I, p.551-561.*

- GODET, M. – Manual de Prospectiva Estratégica. Da antecipação à ação. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1993.
- HILGEMBERG, E.M. *Quantificação e efeitos econômicos do controle de emissões de CO2 decorrentes do uso de gás natural, álcool e derivados de petróleo no Brasil: um modelo interregional de insumo-produto*, 2004. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.
- HAWDON, D.; PEARSON, P. *Input-Output simulations of energy, environment, economic interactions in the UK*. Energy Economics, V.17, n.1, p. 73-86
- IPLANCE – Fundação Instituto de Pesquisa e Informação do Ceará. *Impactos da restrição de consumo de energia elétrica sobre a economia cearense*. Fortaleza: Edições IPANCE, 2001.
- LESSA, C. – O Brasil à luz do apagão. Palavra e Imagem. 2001
- McGILVRAY, J. *Linkages, key sectors and development strategy*. In: LEONTIEF, W. (Ed.). Structure, system and economic policy. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. cap. 4. p. 49-56.
- MILLER, R. & BLAIR, P. *Input-Output analysis: foundations and extensions*. New Jersey: Prentice Hall, 1985. 464p.
- NASR, G.E. BADR, E.A. DIBEH, G. 2000. *Econometric modeling of electricity consumption in post-war Lebanon*. Energy Economics. Vol 22. p.627-640.
- OLIVEIRA, R.M.A. *Impacto do Racionamento nos resultados das empresas concessionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica: um estudo das empresas privadas da Região Nordeste 2003* (Dissertação de mestrado) - Programa Multiinstitucional e Inter – Regional de Pós-Graduação em Ciências Contábeis UNB/UFPB/UFPE/UFRN.
- PIRES, L.C.J., GIAMBIAGI, F. & SALES, F.A. *As perspectivas do Setor Elétrico após o Racionamento* – Revista do BNDES, Rio de Janeiro, V.9, N. 18. P 163-204, Dez.2002.
- PACHAURI, S. & SPRENG, D.. *Direct and indirect energy requirements oh households in Índia* – Energy Policy, V. 30 (6), P.511-523
- PARK, H. & HEO, E. *The direct and indirect household energy requeriments in the Republic of Korea from 1980 to 2000 – An input-output analysis*. November, 2006.
- PEROBELLI, S.F.; MATTOS, S.R.; HADDAD, E.; RODRIGUES, W. *Integração de modelos econométrico e de insumo-produto para previsões de longo prazo da demanda de energia no Brasil*. Núcleo de Pesquisas Econômicas (NUPE)-Faculdade de Economia e Administração da Universidade Federal de Juiz de Fora. Texto para discussão n. 24. Disponível em: www.fea.ufjf.br
- SEINFRA – Secretaria de Infra-Estrutura do Estado de Pernambuco. *Balanço Energético de Pernambuco*. 2004

- TIWARI, P. *An analysis of sectorial energy intensity in India*. *Energy Policy*, V. 28(11), p. 771-778
- TUYET, A. T. N. & ISHIHARA, N. K. *Analysis of changing hidden energy flow in Vietnam*. *Energy Policy*, V. 34(14), p. 1883-1888
- VARIAN, H.R. *Microeconomia: princípios básicos*. Rio de Janeiro: Campus, 2003. 778p.
- VASCONCELOS, M.A.S. GARCIA, E.M. *Fundamentos de Economia – 2 ed.* – São Paulo: Saraiva 2006.
- ZHANG, Z.; FOLMER, H. *Economic modeling approaches to cost estimates for the control of carbon dioxide emissions*. *Energy economics*, V.20, p. 101-120
- WILTING, H.C.; BIESIOT, W.; MOLL, H.C. *Trends in Dutch energy intensities for the period 1969-1988*. *Energy Economics*, V. 23, n. 10, p. 815-822

ANEXO 1

Requerimento Direto de Energia Elétrica por unidade de produto (Matriz A)*

<i>Atividade</i>	<i>Agropec.</i>	<i>Min ã-met.</i>	<i>Metal.ñ-ferrosos</i>	<i>Ind.papel e gráf.</i>	<i>Ind. Quím.</i>	<i>Ind. têxtil</i>	<i>Out. ind. Alim./bebidas</i>	<i>Ind. Div.</i>	<i>Comércio</i>	<i>Transporte</i>	<i>Adm.Púb.</i>	<i>Eneg.Elétrica</i>
<i>Agropec.</i>	0,0303	0,0073	0,0106	0,0274	0,0161	0,0080	0,0131	0,0019	0,0013	0,0257	0,0020	0,0001
<i>Min.ñ-metál.</i>	0,0001	0,0667	0,0005	0,0012	0,0003	0,0003	0,0005	0,0002	0,0000	0,0013	0,0001	0,0069
<i>Metal.ñ-ferr.</i>	0,0001	0,0003	0,0769	0,0016	0,0003	0,0002	0,0002	0,0005	0,0000	0,0011	0,0001	0,0082
<i>Ind. Papel e gráf.</i>	0,0003	0,0014	0,0012	0,2000	0,0007	0,0009	0,0007	0,0004	0,0002	0,0037	0,0002	0,0057
<i>Ind. Quím.</i>	0,0011	0,0031	0,0033	0,0142	0,0526	0,0027	0,0012	0,0006	0,0003	0,0059	0,0003	0,0579
<i>Ind.têxtil</i>	0,0003	0,0007	0,0010	0,0022	0,0006	0,0379	0,0005	0,0003	0,0001	0,0036	0,0002	0,0875
<i>Out. ind. Alim./bebidas</i>	0,0012	0,0021	0,0032	0,0067	0,0019	0,0002	0,0417	0,0006	0,0004	0,0090	0,0006	0,0435
<i>Ind. diversas</i>	0,0001	0,0003	0,0006	0,0014	0,0002	0,0002	0,0002	0,0147	0,0000	0,0011	0,0001	0,0632
<i>Comércio</i>	0,0043	0,0102	0,0123	0,0356	0,0080	0,0122	0,0090	0,0027	0,0098	0,0400	0,0021	0,0245
<i>Transporte</i>	7,4E-0	5,3E-05	3,2E-05	3,3E-03	9,3E-04	9,9E-08	2,8E-0	9,7E-05	4,6E-05	3,3E-04	0,0E+00	1,8E-04
<i>Adm.Pública</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0125	0,0968
<i>Energia elétrica</i>	0,0191	0,00105	0,00575	0,00749	0,0053	0,0236	0,00689	0,11045	0,03333	0,05418	0,01725	0,0469

Fonte: Cálculos elaborados pela autora a partir de dados da MIPE-PE e do BEE-PE

ANEXO 2

Requerimentos totais de Energia Elétrica por unidade de produto (Inversa de Leontief I-A)⁻¹

<i>Atividade</i>	<i>Agropec.</i>	<i>Min ñ-met.</i>	<i>Metal.ñ-ferrosos</i>	<i>Ind.papel e gráf.</i>	<i>Ind. Quím.</i>	<i>Ind. têxtil</i>	<i>Out. ind. Alim./bebidas</i>	<i>Ind. Div.</i>	<i>Comércio</i>	<i>Transporte</i>	<i>Adm.Púb.</i>	<i>Energ.Elétrica</i>
<i>Agropec.</i>	1,0321	0,0086	0,0127	0,0374	0,0181	0,0098	0,0147	0,0062	0,0026	0,0435	0,0028	0,0353
<i>Min.ñ-metál.</i>	0,0004	1,0715	0,0007	0,0018	0,0004	0,0006	0,0007	0,0014	0,0003	0,0030	0,0003	0,0102
<i>Metal.ñ-ferr.</i>	4E-04	0,0004	1,0834	0,0024	0,0004	0,0005	0,0003	0,0018	0,0004	0,0028	0,0003	0,0116
<i>Ind. Papel e gráf.</i>	7E-04	0,0020	0,0018	1,2504	0,0011	0,0016	0,0011	0,0021	0,0007	0,0082	0,0005	0,0139
<i>Ind. Quím.</i>	0,003	0,0038	0,0045	0,0202	1,0562	0,0050	0,0020	0,0093	0,0030	0,0161	0,0017	0,0774
<i>Ind.têxtil</i>	0,003	0,0011	0,0020	0,0046	0,0014	1,0422	0,0015	0,0123	0,0038	0,0148	0,0021	0,1077
<i>Out. ind. Alim./bebidas</i>	0,003	0,0026	0,0043	0,0101	0,0027	0,0020	1,0442	0,0225	0,0026	0,0197	0,0018	0,0641
<i>Ind. diversas</i>	0,002	0,0005	0,0012	0,0028	0,0007	0,0021	0,0008	1,0109	0,0025	0,0079	0,0014	0,0732
<i>Comércio</i>	0,006	0,0118	0,0027	0,0480	0,0096	0,0153	0,0106	0,0118	1,0127	0,0680	0,0016	0,0790
<i>Transporte</i>	8,2E-0	2,5E-04	5,4E-05	1,1E-04	1,2E-04	1,3E-04	6,3E-04	5,1E-06	4,0E-05	1,0E+00	1,0E-04	1,4E-04
<i>Adm.Pública</i>	0,002	0,0003	0,0008	0,0016	0,0007	0,0028	0,0009	0,0122	0,0037	0,0093	1,0035	0,1099
<i>Energia elétrica</i>	0,023	0,0027	0,0084	0,0160	0,0077	0,0291	0,0094	0,1260	0,0383	0,0960	0,0199	1,1336

Fonte: Cálculos elaborados pela autora a partir de dados da MIPE-PE e do BEE-PE