

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

**A DEMANDA SETORIAL DE ENERGIA ELÉTRICA EM
PERNAMBUCO**

HENRIQUE CARDIM GOUVEIA DE LIMA

**Recife-PE
Junho de 2011**

HENRIQUE CARDIM GOUVEIA DE LIMA

**A DEMANDA SETORIAL DE ENERGIA ELÉTRICA EM
PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia (PIMES) da Universidade Federal de Pernambuco, como requerimento parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Francisco de Sousa Ramos

Recife-PE

Junho de 2011

Lima, Henrique Cardim Gouveia de

A demanda setorial de energia elétrica em Pernambuco / Henrique Cardim Gouveia de Lima. - Recife : O Autor, 2011.

105 folhas : tab., graf., abrev. e siglas.

Orientador: Profº. Drº Francisco de Sousa Ramos
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCSA. Economia, 2011.

Inclui bibliografia e anexos

1. Demanda. 2. Energia elétrica. 3. Pernambuco.
I. Ramos, Francisco de Sousa (Orientador). II. Título.

330 CDD (22.ed.) UFPE/CSA 2011 - 090

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PIMES/PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO
MESTRADO ACADÊMICO EM ECONOMIA DE

HENRIQUE CARDIM GOUVEIA DE LIMA

A Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o Candidato Henrique Cardim Gouveia de Lima **APROVADO**.

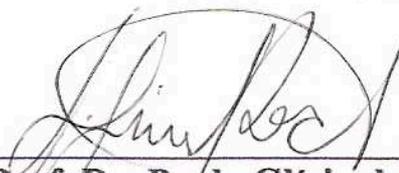
Recife, 06/06/2011



Prof. Dr. Francisco de Sousa Ramos
Orientador



Prof. Dr. Ricardo Chaves Lima
Examinador Interno



Prof. Dr. Paulo Glício da Rocha
Examinador Externo/CHESF/ Estácio - FIR

"Os pequenos atos que se executam são melhores que todos aqueles grandes que se planejam."

George Catlett Marshall

"Cada um que passa em nossa vida, passa sozinho, mas não vai sozinho, nem nos deixa só."

Antoine-Marie-Roger de Saint-Exupéry

À minha mãe Márcia e ao meu pai Milton.

Aos meus avós Olavo, Hilda, Milton e Teresa.

Aos meus irmãos Guilherme e Flávio e à minha namorada Keline.

Agradecimentos

Este curso de mestrado foi uma verdadeira experiência de vida, que além de consumir uma grande quantidade de horas de estudo, produziu um grande amadurecimento pessoal e profissional. Numa missão desta envergadura, é importante registrar os méritos e créditos.

Agradeço primeiramente a Deus por me dar saúde e todas as condições para concluir este curso.

Ao meu orientador Prof. Dr. Francisco de Sousa Ramos, por sua amizade, apoio e orientação.

Aos professores do PIMES/UFPE, pelos conhecimentos passados e atenção dispensada.

Aos colegas de turma Marcelo, Ariane, Carla, Nayana, Fred, Rafael, Leandro, Bruna, Lauro, Fernando, Paulo, Thiago, Leonardo, André e Silvio, pelas prazerosas horas de estudos, momentos de entretenimento que compartilhamos, e amizade que construímos.

Aos amigos da CELPE, que sem o apoio dos mesmos seria impossível a conclusão do curso. Mais especificamente ao Prof. Carlos Frederico, que por inúmeras oportunidades avalizou minhas idas à universidade para assistir as aulas, e sempre incentivou a continuidade dos estudos. Aos amigos Wlademir e Ricardo Cícero, que por tantas vezes cobriram as minhas funções enquanto estive ausente na empresa. E ao gerente Humberto, que soube compreender a dificuldade de conciliar as atividades diárias do trabalho de uma empresa com o desenvolvimento dos estudos e pesquisas deste mestrado.

Ao meu pai Milton, minha mãe Márcia, e meus irmãos Flávio e Guilherme, com quem pude contar em todos os momentos.

À minha namorada Keline, que pacientemente acompanhou esta fase, ficando por muitos sábados, domingos e feriados privada da minha companhia, em função das demandas do curso.

À secretaria do PIMES/UFPE e a todos os profissionais que fazem o programa, em especial a Patrícia e Denise, pelo apoio dispensado.

E a todos que contribuíram de alguma forma para o resultado deste trabalho.

Resumo

Este trabalho teve como objetivo obter uma estimativa para a demanda de energia elétrica em Pernambuco, em seus segmentos específicos, no período de 1970 a 2009. Pretendeu-se identificar os fatores que influenciam a demanda por energia elétrica nos segmentos residencial, industrial, comercial e total no estado e estimar a elasticidade-preço e a elasticidade-renda dessa demanda. Após identificar que as séries estudadas eram não-estacionárias, optou-se pela utilização do conceito de cointegração, sendo estimado um modelo de correção de erros vetoriais. Os resultados obtidos mostraram que a demanda estudada é mais sensível às variações na renda que na tarifa de energia elétrica. Conclui-se também que as elasticidades de alguns setores em Pernambuco diferem levemente das estimadas para o Brasil, sugerindo padrões diferenciados de consumo de energia entre os diversos estados do país. O conjunto de dados incorpora também informações recentes às pesquisas nesta área. Estes dados são relevantes não só para uma otimização do planejamento energético, mas também para auxiliar o órgão regulador nas formulações de regras para este setor.

Palavras-chave: Demanda, Energia Elétrica, Pernambuco

Abstract

This study aimed to estimate the electricity demand in Pernambuco, in the period 1970 to 2009. It attempted to identify factors that influence the demand for electricity in residential, commercial, industrial and Pernambuco state aggregate, and estimate price elasticity and income elasticity of demand. After finding nonstationarity in the series under study, the cointegration approach was chosen to be used, estimating a Vector Error Correction Model (VEC Model). The results obtained show that the demand studied is more sensible to variations in the income than to the price of the electricity. It was also concluded that the elasticities of some sectors in Pernambuco differs slightly from those estimated for Brazil, suggesting different patterns of energy consumption between the different states of the country. The data set also incorporates recent information for researches in this area. These data are relevant not only to an optimization of the energy planning, but also to assist the regulator in the formulation of rules for this sector

Keywords: Demand, Electric Power, Pernambuco

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - População de Pernambuco	19
Gráfico 2 - Renda Per Capita (ano de 2007)	20
Gráfico 3 - Produto Interno Bruto (ano de 2007)	21
Gráfico 4 - Participação do PIB de Pernambuco no Nordeste	22
Gráfico 5 - Participação do PIB do Nordeste no Brasil.....	22
Gráfico 6 - Taxas de crescimento do PIB PE e BR	23
Gráfico 7 - Consumo final por fonte de energia.....	29
Gráfico 8 - Consumo de energia por fonte - dados mundiais 1973.....	30
Gráfico 9 - Consumo de energia por fonte - dados mundiais 2007.....	30
Gráfico 10 - Consumo de energia elétrica no Brasil	35
Gráfico 11 - Participação do consumo por segmentos (1963).....	36
Gráfico 12 - Participação do consumo por segmentos (2009).....	36
Gráfico 13 - Participação do consumo de energia elétrica por segmento	37
Gráfico 14 - Consumo per capita de eletricidade x pib per capita	38
Gráfico 15 - Evolução do consumo de energia elétrica em Pernambuco e no Brasil.....	41
Gráfico 16 - Mercado de energia elétrica de Pernambuco por segmento.....	42
Gráfico 17 - Evolução da estrutura do consumo de eletricidade em PE	43
Gráfico 18 - Participação das classes de consumo Pernambuco, Nordeste e Brasil	45
Gráfico 19 - Projeção do consumo Residencial em PE 2010 a 2014	76
Gráfico 20 - Projeção do consumo Industrial em PE 2010 a 2014	76
Gráfico 21 - Projeção do consumo Comercial em PE 2010 a 2014	77
Gráfico 22 - Projeção do consumo Total em PE 2010 a 2014	77
Gráfico 23- Projeção do consumo Residencial em PE 1974 a 2009	78
Gráfico 24 - Projeção do consumo Comercial em PE 1974 a 2009	79
Gráfico 25 - Projeção do consumo Industrial em PE 1974 a 2009	79
Gráfico 26 - Projeção do consumo Total em PE 1970 a 2009	80

Lista de Tabelas

Tabela 1- Consumo por fonte energética - %	29
Tabela 2 - Consumo de Energia Elétrica no Brasil - em GWh.....	37
Tabela 3 - Resumo dos resultados de diversos trabalhos na área de demanda de energia elétrica	50
Tabela 4 - Descrição das variáveis utilizadas no trabalho.....	52
Tabela 5 - Dados utilizados como proxy das variáveis	53
Tabela 6 - Relacionamento das séries descontinuadas - indicação da FGV.....	54
Tabela 7 - Variáveis utilizadas no modelo industrial	62
Tabela 8 - Variáveis utilizadas no modelo comercial.....	63
Tabela 9 - Variáveis utilizadas no modelo residencial	63
Tabela 10 - Variáveis utilizadas no modelo total	64
Tabela 11 - Resumo dos resultados de diversos trabalhos na área de demanda de energia elétrica (incluindo o presente trabalho)	69
Tabela 12 - Estrutura do modelo VEC – industrial	71
Tabela 13 - Estrutura do modelo VEC – comercial.....	71
Tabela 14 - Estrutura do modelo VEC – residencial	72
Tabela 15 - Estrutura do modelo VEC – modelo total	72
Tabela 16 - Projeção do consumo setorial de energia elétrica em PE (valores m GWh)75	
Tabela 17 - Crescimento percentual anual da demanda por segmento de consumo	78
Tabela 18 - Desvios da projeção dentro da amostra.....	80
Tabela 19 - Teste de raiz unitária ADF- Classe Industrial	92
Tabela 20 - Teste de raiz unitária ADF- Classe Comercial.....	92
Tabela 21 - Teste de raiz unitária ADF- Classe Residencial	92
Tabela 22 - Teste de raiz unitária ADF- Consumo Total	93
Tabela 23 – Teste KPSS de estacionariedade – modelo industrial	94
Tabela 24 - Teste KPSS de estacionariedade – modelo comercial.....	95
Tabela 25 - Teste KPSS de estacionariedade – modelo residencial	95
Tabela 26 - Teste KPSS de estacionariedade – modelo total	95
Tabela 27 - Perron (1997) – Modelo IO1	97
Tabela 28 - Perron (1997) – Modelo IO2	97
Tabela 29 - Perron (1997) – Modelo AO	97

Tabela 30 - Estrutura de Defasagens do modelo VAR (p) industrial.....	99
Tabela 31 - Estrutura de Defasagens do modelo VAR (p) comercial	99
Tabela 32 - Estrutura de Defasagens do modelo VAR (p) residencial.....	99
Tabela 33 - Estrutura de Defasagens do modelo VAR (p) total	100
Tabela 34 - Teste de cointegração: teste do traço - modelo industrial	100
Tabela 35 - Teste de cointegração: teste do traço - modelo comercial.....	100
Tabela 36 - Teste de cointegração: teste do traço - modelo residencial	101
Tabela 37 - Teste de cointegração: teste do traço - modelo total	101
Tabela 38- Teste de Causalidade de Granger - modelo residencial	101
Tabela 39- Teste de Causalidade de Granger - modelo industrial.....	102
Tabela 40- Teste de Causalidade de Granger - modelo comercial	102
Tabela 41- Teste de Causalidade de Granger - modelo total.....	102
Tabela 42 - Séries Descontinuadas IPA -OG (Parte 1)	103
Tabela 43 - Séries Descontinuadas IPA -OG (Parte 2)	104
Tabela 44 - Séries Descontinuadas IPA -OG (Parte 3)	104
Tabela 45 - Séries Descontinuadas IPA -OG (Parte 4)	105

Lista de Abreviaturas e Siglas

ACL – Ambiente de Contratação Livre

ACR – Ambiente de Contratação Regulada

ANEEL – Agência nacional de Energia Elétrica

BACEN – Banco Central do Brasil

BEN – Balanço Energético Nacional

BCB – Banco Central do Brasil

BR - Brasil

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CELPE – Companhia Energética de Pernambuco

CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco

CMSE – Comitê de monitoramento do Setor Elétrico

CONDEPE/FIDEM – Agência de Planejamento do Estado de Pernambuco

EVIIEWS – Econometric Views - Pacote estatístico / econométrico

FGV – Fundação Getúlio Vargas

FMI – Fundo Monetário Internacional

GWh – GigaWatt hora

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPA – Índice de Preços do Atacado

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IPEADATA – Bando de Dados do IPEA

MAE – Mercado Atacadista de Energia

MCE – Modelo de Correção de Erros

MG – Estado de Minas Gerais

MME – Ministério de Minas e Energia

MQO – Mínimos Quadrados Ordinários

MW - MegaWatt

MWh – MegaWatt hora

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico

PDE – Plano Decenal de Energia

PE – Estado de Pernambuco

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

PIB – Produto Interno Bruto

RATS – Regression Analysis of Times Series - Pacote estatístico / econométrico

RJ – Estado do Rio de Janeiro

RMR – Região Metropolitana do Recife

SINDUSGESSO – Sindicato das Indústrias de Gesso do Estado de Pernambuco

SUAPE – Superintendência de Administração Portuária de Pernambuco

TRAMWAYS - Pernambuco Tramways and Power Company

US\$ - Dólares Americanos

VAR – Vetor Autoregressivo

VEC – Vetor de Correção de Erros

Sumário

1. Introdução	18
1.1 Sobre o estado de Pernambuco	19
1.1.1 Papel de centralizador econômico	21
1.1.2 Estrutura da Economia.....	23
1.1.2.1 Setor primário	24
1.1.2.2 Setor secundário	24
1.1.2.3 Setor Terciário	25
1.1.3 Crescimento Econômico x Consumo de Energia	26
2. Objetivo geral.....	28
3. O Mercado de Energia no Brasil e no Mundo	28
4. O Mercado de Energia Elétrica no Brasil	31
4.1 Mais de um século de evolução	31
4.2 Anos 90 – O início das reformas institucionais	33
4.3 Década de 2000 - Um redirecionamento	33
4.4 Evolução recente.....	35
5. O Mercado de Energia Elétrica em Pernambuco.....	38
5.1 Evolução Recente	41
6. Revisão da Literatura.....	47
6.1 Contextualização do Estudo	47
7. Metodologia e Dados	50
7.1 Procedimento de Análise	50
7.2 Dados Utilizados	51
7.3 Modelo microeconômico básico.....	54
7.4 Modelo Econométrico	55
7.5 Método de estimação	56
7.5.1 Uma visão geral sobre o procedimento de estimação.....	56
7.5.2 Procedimento de estimação utilizado	59

8. Resultados e discussões	61
8.1 Testes de raiz unitária	64
8.2 Definição do número de defasagens do modelo VAR	65
8.3 Teste de cointegração e relação de longo prazo entre as variáveis	65
8.4 Vetores de cointegração normalizados	67
8.5 O Mecanismo de Correção de Erros	69
9. Projeções.....	74
10. Conclusões	81
11. Referências	85
12. Anexos.....	91
12.1 Testes ADF de raiz unitária	91
12.2 Teste de estacionariedade de KPSS	93
12.3 Teste de raiz unitária de Perron com presença de quebra estrutural	95
12.4 Definição do número de defasagens do modelo VAR	99
12.5 Testes de cointegração	100
12.6 Testes de Causalidade de Granger	101
12.7 Relação de séries descontinuadas pela FGV	103

1. Introdução

Este trabalho buscou elucidar os elementos que exercem influência sobre a demanda por energia elétrica em Pernambuco.

A literatura existente sobre o tema infere que o comportamento do consumo de energia em uma determinada região é fortemente influenciado por variáveis econômicas. Assim, torna-se imprescindível indentificá-las, conhecer o comportamento histórico dessas variáveis e sua evolução futura para a elaboração dos estudos de mercado.

Deste modo, esta pesquisa teve o intuito de contribuir com os estudos no âmbito do setor elétrico nacional, de forma que no capítulo 1 é apresentada a evolução recente de indicadores socioeconômicos do estado de Pernambuco, como uma maneira de se ter um panorama geral da situação do estado no contexto nacional. No capítulo 2 é destacado o objetivo geral do trabalho. No terceiro, quarto e quinto capítulos são apresentados dados em âmbito mundial, nacional e regional sobre a estrutura do consumo final de energia em todas as suas fontes e sua evolução nos últimos anos, e também mergulhando mais precisamente no mercado de energia elétrica, apresentando dados nacionais e estaduais. No capítulo 6 é feita uma revisão da literatura do tema tratado, apresentando resultados obtidos por pesquisadores que estudaram a demanda de energia elétrica em diversas localidades, fazendo-se um resumo dos principais resultados obtidos. No sétimo e oitavo capítulos, são detalhados e evidenciados os dados utilizados nessa pesquisa, a metodologia que foi empregada para estimar a demanda por energia elétrica nos segmentos analisados e apresentados os resultados obtidos. O capítulo nono utiliza-se dos modelos estimados no capítulo anterior para realizar estimativas futuras do consumo de energia elétrica em Pernambuco para um horizonte quinquenal, e faz comparações com as projeções de órgãos oficiais brasileiros. Por fim, o décimo capítulo traz as conclusões do trabalho, e posteriormente é apresentada a bibliografia utilizada nos estudos, seguido dos anexos.

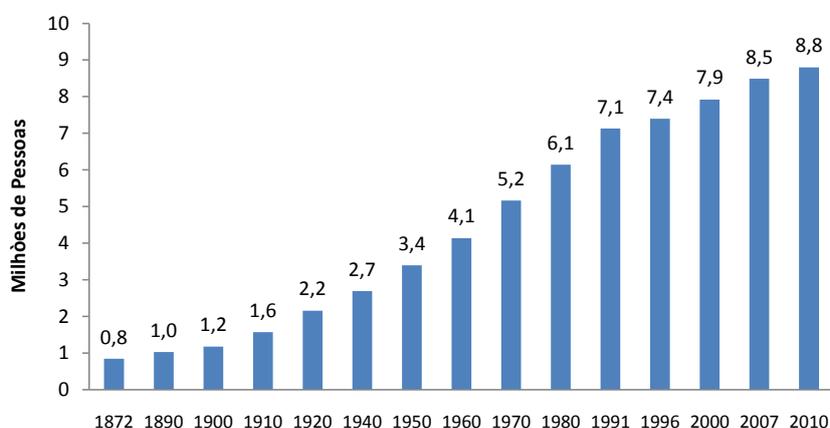
1.1 Sobre o estado de Pernambuco

Segundo IBGE (2009) o estado de Pernambuco tem uma participação de 2,7% do PIB Brasileiro, sendo a segunda economia da Região Nordeste. A população residente é de aproximadamente 8,8 milhões de pessoas (IBGE, 2010).

Conforme IBGE (2010), a população pernambucana corresponde a 4,6% da população brasileira, sendo o estado de Pernambuco uma das unidades da federação de menor superfície - 1,2% do território nacional. Em relação a sua densidade demográfica, o quadro muda, sendo o estado um dos primeiros colocados no quadro nacional.

No gráfico 1 observa-se a evolução da população do Estado em números absolutos, onde pode-se observar que a partir da década de 90 do século passado há uma desaceleração do crescimento populacional, movimento este que acompanhou a tendência nacional (IBGE, 2010).

Gráfico 1 - População de Pernambuco



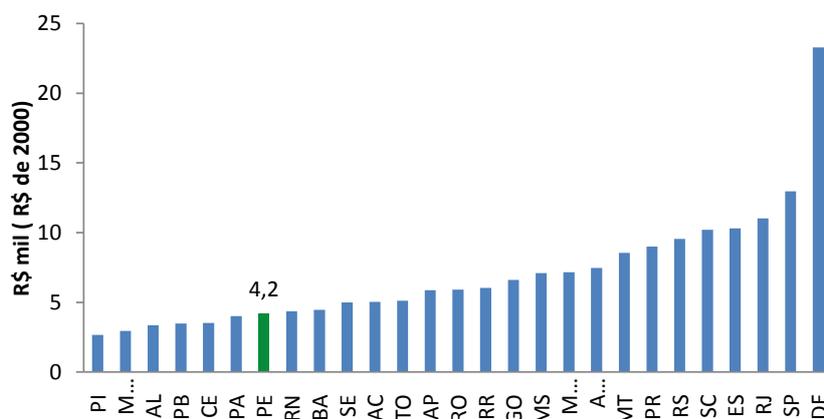
Elaboração do autor
Fonte: IBGE

A importância do estado de Pernambuco no contexto brasileiro é uma decorrência não só do contingente populacional que abriga, mas também pela importância de sua capital, a cidade do Recife, uma das mais populosas do país, com cerca de 1.536.934 habitantes no ano de 2010, segundo o IBGE. E a Região

Metropolitana do Recife, que além da capital possui mais 13 municípios, possui 3.787.667 habitantes no ano de 2010, sendo a 6ª mais populosa do país (IBGE, 2010).

Quanto à renda per capita do estado, dentre os 27 estados da federação, Pernambuco figura na 21ª posição no ranking nacional, conforme evidenciado no gráfico 2 (IBGE, 2009).

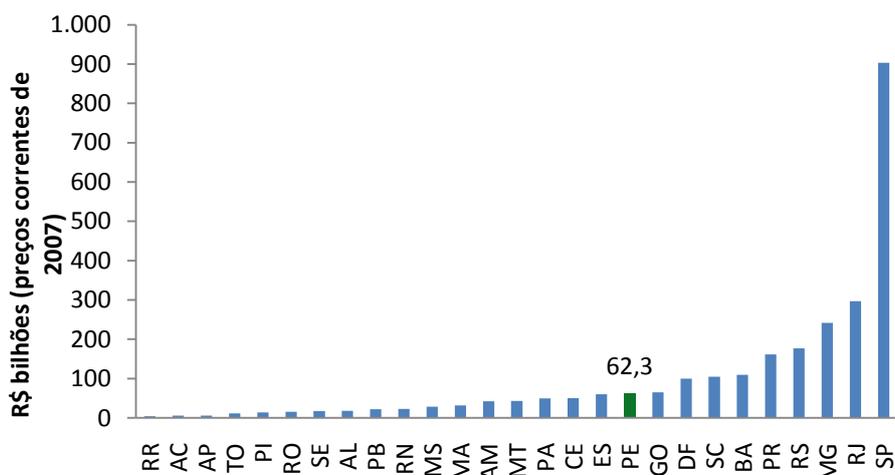
Gráfico 2 - Renda Per Capita (ano de 2007)



Elaboração do autor
Fonte: IBGE

O quadro é diferente quando analisam-se os dados da renda estadual em números absolutos. O Produto interno bruto pernambucano é o 10º no ranking nacional, como observado no gráfico 3 (IBGE, 2009).

Gráfico 3 - Produto Interno Bruto (ano de 2007)



Elaboração do autor

Fonte: IBGE

1.1.1 Papel de centralizador econômico

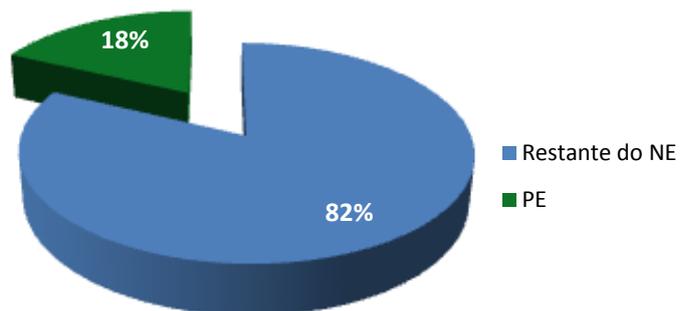
Por sua posição geográfica e disposições históricas, o estado atua como um centralizador econômico na região nordeste do Brasil (CEPLAN, 2008).

Isso se deve, em parte, à posição central do estado e da RMR em relação ao Nordeste e da proximidade da cidade do Recife de outras capitais de estado como João Pessoa e Maceió, além de importantes centros urbanos interioranos como Campina Grande, Caruaru, Garanhuns e Arapiraca.

Sua economia tem apresentado avanços significativos nos anos recentes. Grandes investimentos estruturadores e portadores de futuro vêm sendo executados no estado, como a Refinaria Abreu e Lima, o Estaleiro Atlântico Sul, e o Complexo Petroquímico, situados no Complexo Industrial e Portuário de Suape, as obras da transposição do Rio São Francisco, da Ferrovia Transnordestina, da duplicação da rodovia federal BR-101 e do Pólo Farmacoquímico de Goiana, propiciando avanço na infra-estrutura estadual. (CEPLAN, 2008).

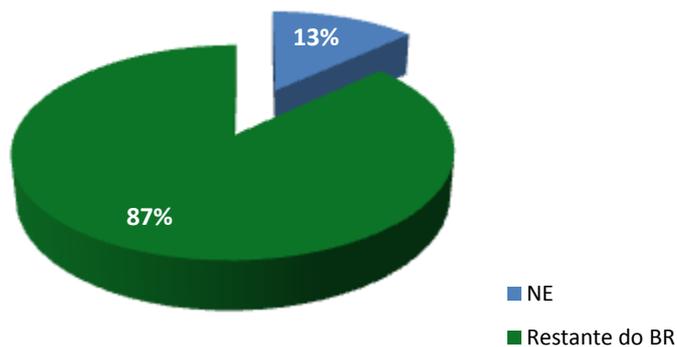
O gráfico 4 mostra a participação do PIB pernambucano na região nordeste, que fica em torno dos 18%, conforme IBGE (2009).

Gráfico 4 - Participação do PIB de Pernambuco no Nordeste



Elaboração do autor
Fonte: IBGE

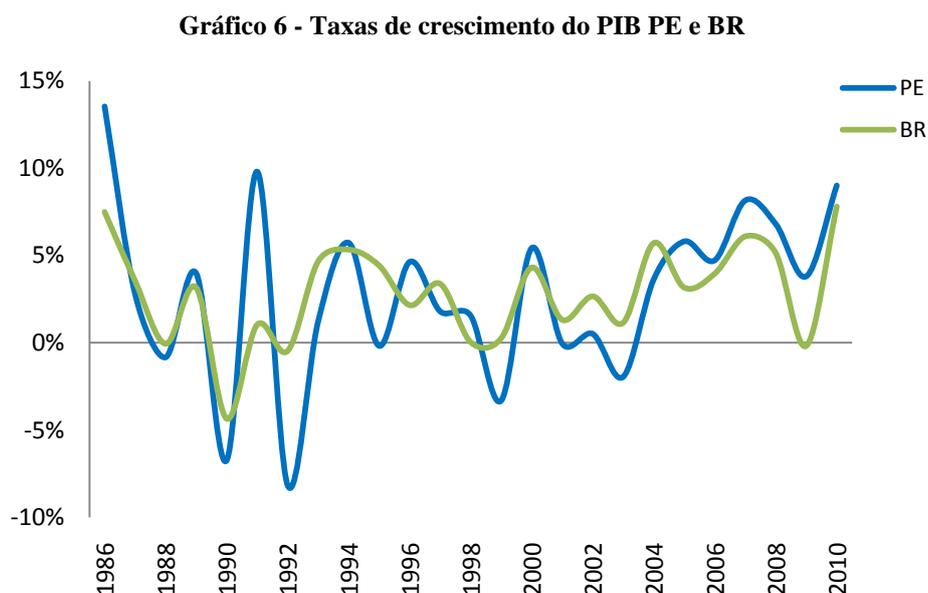
Gráfico 5 - Participação do PIB do Nordeste no Brasil



Elaboração do autor
Fonte: IBGE

1.1.2 Estrutura da Economia

Após apresentar baixas taxas de crescimento entre as décadas de 80 e 90 do século passado, o quadro alterou-se desde o final do século XX para o começo do século XXI, quando o estado passou a apresentar crescimento do produto interno bruto superior à média nacional, conforme mostram os dados do IBGE (2009), apresentados no gráfico 6.



Elaboração do autor
Fonte: IBGE

Desde o século XVI, a economia do estado foi basicamente agrícola, tendo destaque na produção nacional de cana-de-açúcar. Porém, em anos recentes, com a diversificação da indústria estadual, levada a cabo pelo desenvolvimento do complexo de Suape, e o grande crescimento do setor de serviços, essa quase dedicação exclusiva à produção de açúcar e álcool da cana-de-açúcar vem se esvaindo.

Apresenta também um grande destaque a produção irrigada de frutas ao longo do Rio São Francisco, principalmente de manga e uva, que é quase que totalmente voltada para exportação, e a produção de vinhos – boa parte concentrada no município de Petrolina (Condepe/Fidem, 2009).

1.1.2.1 Setor primário

Entre os principais produtos agrícolas cultivados em Pernambuco encontram-se a banana, a cana-de-açúcar, algodão arbóreo, o feijão, a manga, a uva, a cebola, a mandioca, o milho, e o tomate (Condepe/Fidem, 2009). Na pecuária destacam-se as criações de bovinos, suínos, caprinos e galináceos. Conforme citado no item anterior, vem se destacando na região a expansão a partir dos anos 70 do século passado da agricultura irrigada no Sertão do São Francisco com projetos de irrigação hortifrutícolas implantadas com o apoio do governo federal. São grandes os investimentos aplicados em uma produção voltada para o mercado externo. Sobressaem-se frutas, como: manga, uva, goiaba, melão, e melancia. (Condepe/Fidem, 2009).

Na mineração, destaca-se a extração de gipsita. O pólo gesseiro do Araripe, onde localizam-se as cidades de Ipubi, Trindade, Ouricuri, Bodocó e Araripina, possui as maiores reservas do Brasil, e juntas fornecem em torno de 95% do gesso consumido no país, segundo dados do Sindicato da Indústria de Gesso do Estado de Pernambuco – Sindusgesso.

1.1.2.2 Setor secundário

Segundo os dados da Pesquisa Industrial Mensal – PIM-PF do IBGE, o estado tem atualmente a segunda maior produção industrial do Nordeste, ficando atrás apenas da Bahia.

Recentemente Pernambuco foi escolhido para a implantação de projetos de grande porte, entre eles o maior estaleiro do hemisfério sul, o Estaleiro Atlântico Sul, sendo eles listados a seguir:

- Petrobras - Refinaria;
- Complexo Petroquímico de Suape
- Estaleiro PROMAR;
- Estaleiro Atlântico Sul
- Hemobrás - Fábrica de Hemoderivados;
- Novartis - Fábrica de Vacinas;
- Bunge - Moinho;

- Mossi & Ghisolfi - Fábrica de resina PET.
- FIAT – montadora de automóveis
- Ferrovia Transnordestina

Nesta lista, merece destaque também a montadora de automóveis italiana Fiat, que iniciou no fim de 2010 as obras de sua unidade em Suape, o que deve atrair diversas empresas satélites para fornecer insumos para a produção automotiva.

Fora do complexo de Suape, a atividade industrial pernambucana também tem presença no interior do estado. Na região do agreste, principalmente os municípios de Santa Cruz do Capibaribe, Toritama e Caruaru, desenvolve-se um pólo de confecções que tornou-se o centro dinâmico da economia local.

Segundo dados da prefeitura de Santa Cruz do Capibaribe¹, a cidade é considerada o maior pólo de confecções do Norte/Nordeste. O município abriga cerca de três mil pequenas e micro empresas têxteis que fabricam e exportam vários tipos de tecidos. A atividade emprega mais de 100 mil pessoas, entre moradores da cidade e de localidades vizinhas.

Toritama é outro município da região que destaca-se na produção de tecidos, especialmente o jeans. Segundo informações da Prefeitura municipal², a cidade responde por cerca de 16% da produção nacional de jeans, com aproximadamente 2.500 indústrias e gerando mais de 15 mil empregos diretos, criando uma cadeia de fábricas e lavanderias. O desemprego, segundo a prefeitura, é praticamente inexistente na cidade.

1.1.2.3 Setor Terciário

Um segmento que merece destaque é o pólo de informática do Recife - Porto Digital, que apesar de criado em 2000, já está entre os cinco maiores do Brasil. O

¹ Informações do sítio da Prefeitura de Santa Cruz do Capibaribe: <http://www.santacruzdocapibaribe.pe.gov.br/historiacidade.asp>, acesso em 21/01/2011.

² Informações do sítio da Prefeitura de Toritama: <http://www.toritama-jeans.com/cidade-toritama-pe/>, acesso em 21/01/2011.

cluster emprega cerca de três mil pessoas, segundo os relatórios da própria empresa (<http://www.portodigital.org>).

Também consolidado como referência nacional, está o pólo médico do Recife. Surgido entre o fim da década de 70 e início dos anos 80, a partir de um movimento espontâneo oriundo da faculdade de medicina da UFPE, o pólo se desenvolveu entre os bairros do Derby e Ilha do Leite. Mesmo sem grandes intervenções do poder público, foram se instalando na área diversos hospitais, clínicas e laboratórios, de iniciativa pública e privada.³

Com mais de 400 unidades hospitalares e 8 mil leitos, o pólo reflete diretamente na economia local, e estes números podem ser mensurados pela empregabilidade da região, que chega a cerca de 200 mil pessoas no setor médico-hospitalar. Vale salientar que o crescimento estimulou o surgimento de atividades complementares, que vão desde a indústria farmacêutica, o comércio varejista de produtos farmacêuticos, artigos médicos e ortopédicos, comércio atacadista de medicamentos, serviços de plano de saúde até a de produção de softwares e formação de recursos humanos e de pesquisa. Segmentos como o de hotelaria, transporte, gastronômico também se beneficiam com o pólo, visto que já existe o movimento de pessoas de outros estados que procuram o Recife atraídas pela qualidade dos serviços oferecidos.

1.1.3 Crescimento Econômico x Consumo de Energia

Observado o crescimento da economia do estado de Pernambuco nos últimos anos, em média superior ao da economia nacional, surge a necessidade de se ampliar e aprofundar os conhecimentos sobre a estrutura da economia local/regional, com o intuito de subsidiar o planejamento econômico e social de médio e longo prazo para a região e conseqüentemente para o país.

Segundo EPE (2007), em 1970, o Brasil apresentava um Produto Interno Bruto - PIB de cerca de R\$ 500 bilhões (em valores de reais de 2005) e uma população de 93

³ As informações aqui citadas sobre o pólo médico do Recife foram extraídas do sítio do Hospital Albert Sabin em: <http://www.hospitalalbertsabin.com.br/memoriadopolo.html>, acesso em 21/01/2011.

milhões de habitantes. Os consumos finais de energia e de energia elétrica eram equivalentes a 60,6 milhões tep e 39,7 TWh, respectivamente.

Trinta e cinco anos após, o PIB era 4 vezes maior (R\$ 1.938 bilhões), a população havia dobrado (185 milhões de habitantes), o consumo final de energia, triplicado (183,4 milhões tep) e, por fim, o consumo de energia elétrica foi o que apresentou o crescimento mais expressivo, crescendo quase 10 vezes: 375,2 TWh. (EPE, 2007)

Observando a evolução do PIB brasileiro e do consumo de energia no país nos últimos 50 anos, não é custoso notar que o contexto econômico e o panorama do setor energético guardaram uma forte correlação neste período. Se, em alguns momentos, os planos econômicos e as crises externas afetaram o consumo energético, em outros, como no período do racionamento de energia, foi o sistema energético que limitou a trajetória de expansão do crescimento.

Entre as diversas perturbações no contexto econômico que ocorreram nos últimos anos, podem ser destacados os Planos Cruzado e Cruzado II em 1986, o Plano Bresser em 1987, o Plano Verão em 1989, os Planos Collor I e Collor II em 1990, o Plano Real em 1994, a crise financeira internacional no final da década de 90 (com suas conseqüências na economia nacional), a volatilidade de 2002 e a crise do *subprime* em 2009. Já os distúrbios associados ao setor energético foram menos freqüentes, podendo ser citadas as crises de 1973 e 1979, quando os preços do petróleo no mercado internacional aumentaram fortemente; a crise do Proálcool no final da década de 80, e o racionamento de energia elétrica em 2001 e 2002.

Especificamente em relação ao consumo de energia elétrica, pode-se observar uma desaceleração mais expressiva no seu crescimento ao longo do período entre 1970 a 1985 – acompanhando, embora de forma menos intensa, a evolução do crescimento do PIB. Após 1985, entretanto, a relação entre o crescimento do consumo de energia elétrica e o PIB é menos aparente, ainda mais durante o período do racionamento. Após o racionamento a relação entre os crescimentos do consumo e da economia volta a valores semelhantes aos do período antes do racionamento (EPE, 2007).

Dessa forma, como sofre reflexos do nível de atividade da economia, o setor de energia demanda um planejamento de longo prazo bem estruturado. Quanto mais

informações disponíveis acerca dos fatores que afetam a demanda por energia, mais confiáveis e balizadas são as pesquisas na área energética.

Destarte, este trabalho surge com vistas a contribuir com a ampliação do conhecimento e agregar valor às pesquisas do setor energético.

2. Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é identificar os fatores de influência sobre a demanda de energia elétrica em Pernambuco.

3. O Mercado de Energia no Brasil e no Mundo

O mundo caminha para maior renovação de sua matriz energética e segundo EPE (2010) o Brasil dispõe de recursos abundantes. Mesmo na área de combustível fóssil, o petróleo e gás natural atenderiam as necessidades previsíveis, segundo o último Plano Decenal de Energia da EPE, o PDE 2010-2019. O Brasil tem ainda uma reserva importante de urânio. Há ainda no país espaço e capacidade, como demonstrado durante o “apagão” nos anos de 2001 e 2002, para aumentar as eficiências de uso, e reduzir desperdícios de energia, uma vez o país convencido da necessidade.

A análise da matriz energética e as observações do cotidiano interna e externamente, sugerem no entanto, que, apesar dos notórios avanços, ainda temos problemas pontuais para consolidação de um planejamento integrado sólido para a área de energia. Eventos como o “apagão” nos anos de 2001 e 2002, e outros mais recentes, são exemplos de fatos geradores de questionamentos sobre o planejamento energético.

O gráfico 7 e a tabela 1 apresentam a participação do consumo final dos energéticos por fonte no Brasil desde a década de 70, dados estes apresentados pelo MME no Balanço Energético Nacional 2010. Observa-se nitidamente uma mudança na estrutura do consumo final de energia no país durante esses 40 anos. Destaca-se a grande penetração da Eletricidade, do Bagaço de Cana, do Gás Natural, e do Álcool Etílico, enquanto a redução mais significativa é do consumo de Lenha como fonte de energia, que chegou a quase metade do consumo final brasileiro nos anos 70, para menos de 10% do total nos dias atuais.

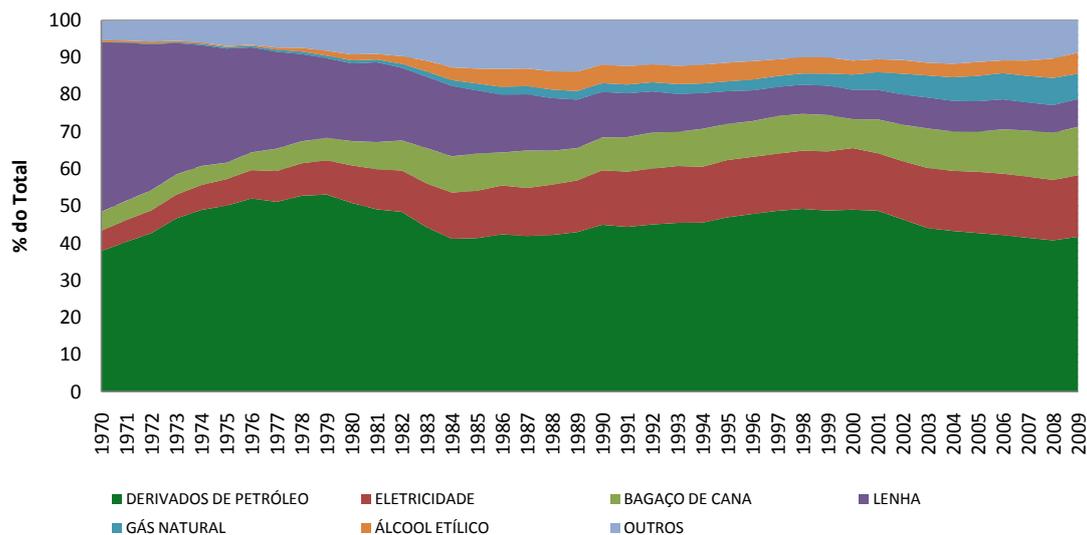
Tabela 1- Consumo por fonte energética - %

Fonte	1970	2009
ELETRICIDADE	5,5	16,6
BAGAÇO DE CANA	5,1	13,0
LENHA	45,6	7,5
GÁS NATURAL	0,1	6,9
ÁLCOOL ETÍLICO	0,5	5,7
OUTRAS FONTES PRIM. RENOVÁVEIS	0,2	2,5
COQUE DE CARVÃO MINERAL	1,9	2,4
CARVÃO VEGETAL	2,6	1,8
CARVÃO MINERAL	0,1	1,3
GÁS DE COQUERIA	0,4	0,5
OUTRAS SECUNDÁRIAS - ALCATRÃO	0,1	0,1
SUBTOTAL DERIVADOS DE PETRÓLEO	37,9	41,7
ÓLEO DIESEL	8,7	16,7
ÓLEO COMBUSTÍVEL	10,6	2,7
GASOLINA	12,0	6,7
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	2,2	3,4
NAFTA	0,0	3,3
QUEROSENE	1,8	1,3
GÁS CANALIZADO	0,2	0,0
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	0,4	5,0
PRODUTOS NÃO-ENERG.DE PETRÓLEO	1,9	2,7
TOTAL	100,0	100,0

Fonte: MME / BEN 2010

Elaboração do autor

Gráfico 7 - Consumo final por fonte de energia

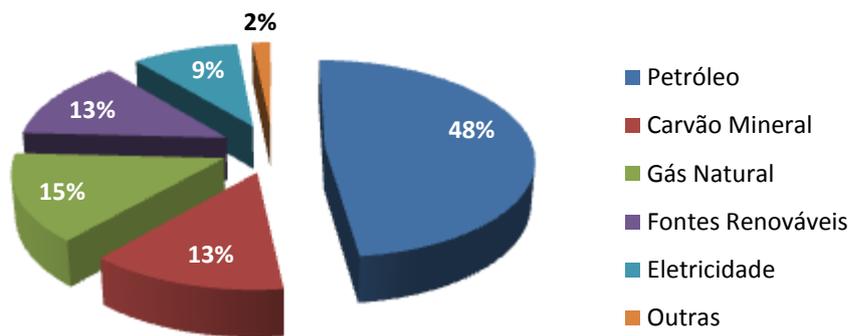


Elaboração do autor

Fonte: MME / BEN 2010

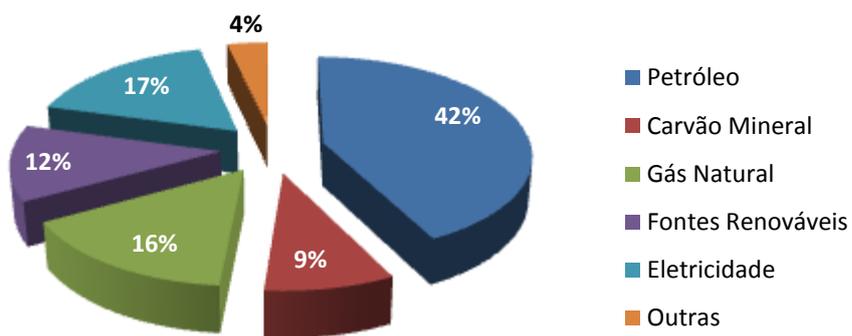
Nos gráficos 8 e 9, pode-se observar a estrutura do consumo de energia mundial por fonte, tendo como base os dados apresentados no Balanço Energético Nacional 2010 – ano base 2009, de Empresa de Pesquisa Energética, vinculada ao Ministério de Minas e Energia.

Gráfico 8 - Consumo de energia por fonte - dados mundiais 1973



Elaboração do autor
Fonte: MME / BEN 2010

Gráfico 9 - Consumo de energia por fonte - dados mundiais 2007



Elaboração do autor
Fonte: MME / BEN 2010

Observa-se que o maior ganho de participação se deu na eletricidade, que quase dobrou sua parcela, seguido pelo gás natural. Em contrapartida o Petróleo apresentou uma visível queda de participação, mas ainda mantendo-se como a maior fonte de consumo energético mundial.

4. O Mercado de Energia Elétrica no Brasil

4.1 Mais de um século de evolução⁴

Em meados do século XIX, a cultura do café era a atividade que mais gerava renda no Brasil e o lucro obtido impulsionava os setores urbanos da economia. O crescimento das cidades favoreceu as primeiras iniciativas de uso da energia elétrica no país ao mesmo tempo em que elas ocorriam na Europa e nos EUA.

O marco inicial aconteceu em 1879, quando foi inaugurada iluminação elétrica na estação central da ferrovia Dom Pedro II (Central do Brasil), no Rio de Janeiro, cuja fonte de energia era um dínamo. Em 1881, instala-se a primeira iluminação pública ainda alimentada por dínamos, num trecho do jardim do Campo da Aclamação, a atual Praça da República. No mesmo ano, a energia elétrica foi utilizada para iluminar dependências do edifício do Ministério da Viação durante um evento.

Já em 1883 o Brasil inaugurava a sua primeira central geradora: uma unidade termelétrica com 52 KW de capacidade, movida a lenha, que alimentava 39 lâmpadas na cidade de Campos-RJ, inaugurando a prestação do serviço público de iluminação na América do Sul. A preferência pelo modelo hidrelétrico também é antiga: a primeira hidrelétrica brasileira também foi construída em 1883, em Diamantina-MG.

No início do século havia muito a se fazer para melhorar a estrutura das cidades brasileiras e, em 1904, investidores canadenses e americanos criam a Rio de Janeiro Tramway, Light and Power Company com a intenção de explorar praticamente todos os serviços urbanos: transportes, iluminação pública, produção e distribuição de eletricidade, distribuição de gás canalizado e telefonia. Nesse contexto surgem as

⁴ As informações das seções 4.1, 4.2 e 4.3 têm como fonte as publicações do Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, listadas nas referências deste trabalho.

primeiras tentativas de regulação, por parte do Estado, do ainda incipiente emprego da energia elétrica do Brasil.

Nos anos 30 o Governo Federal assume seu papel intervencionista na gestão do setor de águas e energia elétrica com a formalização do Código de Águas (Decreto 24.643, de 10 de julho de 1934). A partir daí, a União passa a legislar e outorgar concessões de serviços públicos antes regidos por contratos regionais. A nova política setorial revê os critérios para estabelecimento de preços a fim de garantir ao prestador do serviço a cobertura das despesas de operação e das cotas de depreciação e reversão e a justa remuneração do capital investido.

Ao longo dos anos 40, seguindo a tendência de outros setores estratégicos, o Estado amplia seu papel e passa a atuar diretamente na produção. O primeiro investimento nesse sentido foi a criação da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) em 1945.

Décadas mais tarde o governo promoveria importantes mudanças na legislação tarifária brasileira. Uma lei de 1971 (5.655/71), estabeleceu a garantia de 10% a 12% de retorno sobre o capital investido, a ser computada na tarifa. A medida visava a dar sustentação financeira ao setor e serviu também para financiar sua expansão. Havia ainda a facilidade de obtenção de recursos junto à Eletrobrás e a entrada de empréstimos externos. Foi um período em que o setor desenvolveu sólidas bases financeiras. Havia, entretanto, enormes diferenças no custo de geração e distribuição entre as diversas regiões. Na tentativa de amenizar esta disparidade, o governo instituiu por meio do Decreto-Lei 1.383, em 1974, a equalização tarifária mantida por um sistema no qual as empresas superavitárias transferiam recursos para as deficitárias.

Esse mecanismo da equalização tarifária permitia que os consumidores de todas as regiões do país gozassem do mesmo nível tarifário numa mesma classe de consumo, beneficiando os consumidores que estivessem situados em regiões cujos custos associados à atividade fossem superiores. Cita-se como exemplo os consumidores localizados fora do eixo Sul e Sudeste que, naquela época, concentravam as grandes hidrelétricas do país. Por estarem fora do eixo produtor, os custos de transporte da energia eram superiores, mas os consumidores destas regiões não eram penalizados com tarifas mais elevadas. (Dieese, 2007)

4.2 Anos 90 – O início das reformas institucionais

A década de 90 foi um período de mudanças profundas. O primeiro passo foi dado com a Lei 8.631 de 1993, que extinguiu a equalização tarifária e a criação dos contratos de suprimento entre geradores e distribuidores, começando a se preparar o mercado para a desestatização. Depois vieram as licitações para novos empreendimentos de geração; a criação da figura do Produtor Independente de Energia; a determinação do livre acesso aos sistemas de transmissão e distribuição e a liberdade para os grandes consumidores escolherem onde adquirir seus suprimentos de energia.

Em 1995, o Programa Nacional de Desestatização alcança definitivamente o setor elétrico.

Em 1996, o Ministério das Minas e Energia implanta o Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro (Projeto RE-SEB). Uma das principais conseqüências foi a desverticalização da cadeia produtiva: geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica tornaram-se, então, áreas de negócio independentes. A geração e a comercialização foram progressivamente desreguladas a fim de se incentivar a competição; transmissão e distribuição (que constituem monopólios naturais) continuaram sendo tratadas como serviços públicos regulados.

Diante dessa nova configuração, o Governo Federal cria, ainda em 1996, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), cuja função é regular as atividades do setor. Outras mudanças foram implantadas com o objetivo de organizar o mercado e a estrutura da matriz energética brasileira, com destaque para a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos em 1997 e do Mercado Atacadista de Energia (MAE) e o Operador Nacional do Sistema (ONS), em 1998.

4.3 Década de 2000 - Um redirecionamento

Entre os anos de 1995 e 2002, foi elaborado e implantado um novo modelo para o setor elétrico brasileiro. Este modelo visava à transferência do monopólio estatal para o mercado privado com livre competição entre os agentes de geração e comercialização.

Importantes medidas para desestatização do setor já vinham sendo tomadas, com a promulgação da Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995 e a Lei nº 9.074, de 07 de julho de 1995, que estabeleceram o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos, liberando assim o mercado de energia elétrica do monopólio estatal e estabelecendo normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos, respectivamente.

O modelo tinha como princípio a privatização de toda a distribuição, geração e transmissão. Foram efetivamente privatizadas, a maioria das empresas de distribuição e a minoria das empresas de geração, no entanto, quando do racionamento de 2001, uma redução no ritmo do processo de privatização do setor elétrico foi observada. (Bardelin, 2004)

Outros pontos fundamentais de implantação do modelo foram a desverticalização das empresas do Setor Elétrico, a criação dos agentes ora citados no item anterior, a livre comercialização de energia, o livre acesso à transmissão e distribuição e a proibição do comportamento anticompetitivo.

Neste cenário de profundas mudanças estruturais, a conjuntura econômica e climática não foi favorável ao país. Com um modelo de geração essencialmente hidrelétrico, o Brasil se viu em situação de emergência ao atravessar um período de chuvas escassas que baixou consideravelmente os reservatórios das usinas. Em maio de 2001 o governo foi obrigado a adotar medidas emergenciais para evitar um colapso na oferta de energia. O período do racionamento atrasou o crescimento do setor.

A crise alertou para a necessidade de introduzir novas formas de geração na matriz energética nacional. Ganham destaque as termelétricas que operam com combustíveis como o bagaço de cana (biomassa) e o gás natural. O Governo adotou também medidas que apóiam o desenvolvimento de projetos de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), fontes não-convencionais e conservação de energia.

Entre 2003 e 2004 o Governo Federal deu mais alguns importantes passos no sentido de tornar menos vulnerável o setor elétrico nacional. Foi criada a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) para planejar o setor elétrico a longo prazo, o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), responsável por avaliar permanentemente a segurança do suprimento de energia elétrica do país, e a Câmara de Comercialização de

Energia Elétrica (CCEE), no lugar do antigo Mercado Atacadista de Energia (MAE), para organizar as atividades de comercialização de energia no sistema interligado.

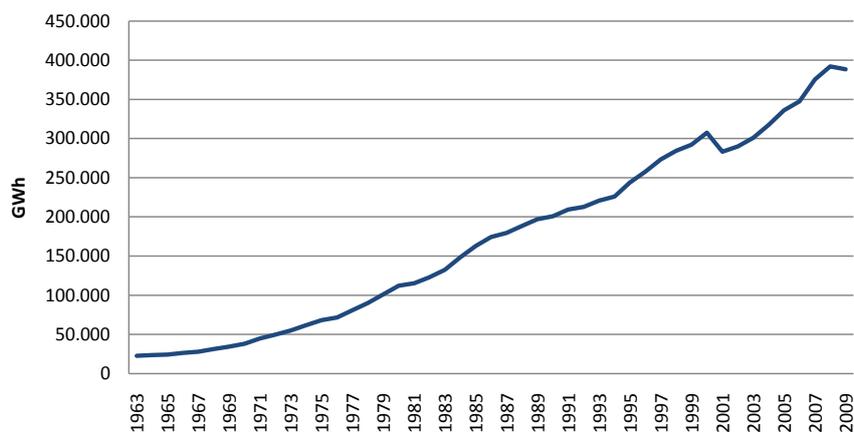
4.4 Evolução recente

O gráfico 10 a seguir evidencia a evolução do consumo de energia elétrica no país, onde observa-se uma tendência de crescimento de longo prazo bem aparente.

Dois pontos chamam a atenção neste gráfico. O choque na série ocorrido entre os anos de 2001 e 2002, período em que ocorreu o já referido racionamento de energia elétrica em função do baixo nível dos reservatórios das usinas hidrelétricas em decorrência da escassez de chuvas e outros fatores. E a descontinuidade do crescimento da série apresentada no ano de 2009. Nesse ano, ocorreu uma crise financeira internacional, surgida no mercado financeiro e imobiliário dos países desenvolvidos, alastrando-se em escala mundial, e afetando as expectativas dos agentes econômicos ao redor do mundo.

No Brasil, esse reflexo foi sentido principalmente no setor industrial, que conforme observado no gráfico 11 e 12, representa a maior parcela do consumo de energia elétrica no país. Com isso, é percebido e justificado o declínio do consumo no referido período.

Gráfico 10 - Consumo de energia elétrica no Brasil

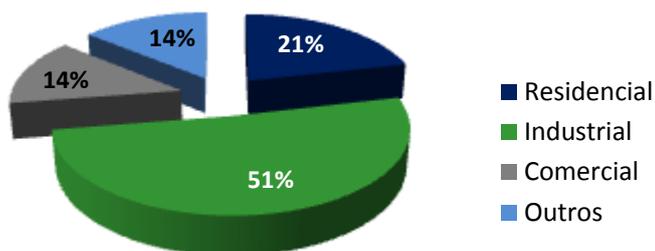


Elaboração do autor
Fonte: EPE

A partir dos gráficos 11, 12 e 13 podem-se observar as mudanças na estrutura de estrutura de consumo nos últimos 50 anos. Os segmentos residencial e comercial apresentaram ganhos significativos, enquanto houve redução na participação do segmento industrial, apesar de ainda se manter como o setor líder de consumo.

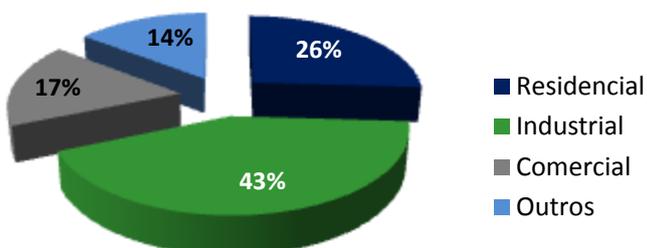
A utilização de novas tecnologias nas plantas industriais, as alternativas para utilização de outras fontes de energia na produção, como o gás natural, e a maior eficiência produtiva das empresas são fatores que levam a redução da parcela do setor industrial, enquanto o aumento da renda da população e o crescimento do setor de serviços no Brasil contribuem para o ganho de participação dos segmentos residencial e comercial.

Gráfico 11 - Participação do consumo por segmentos (1963)



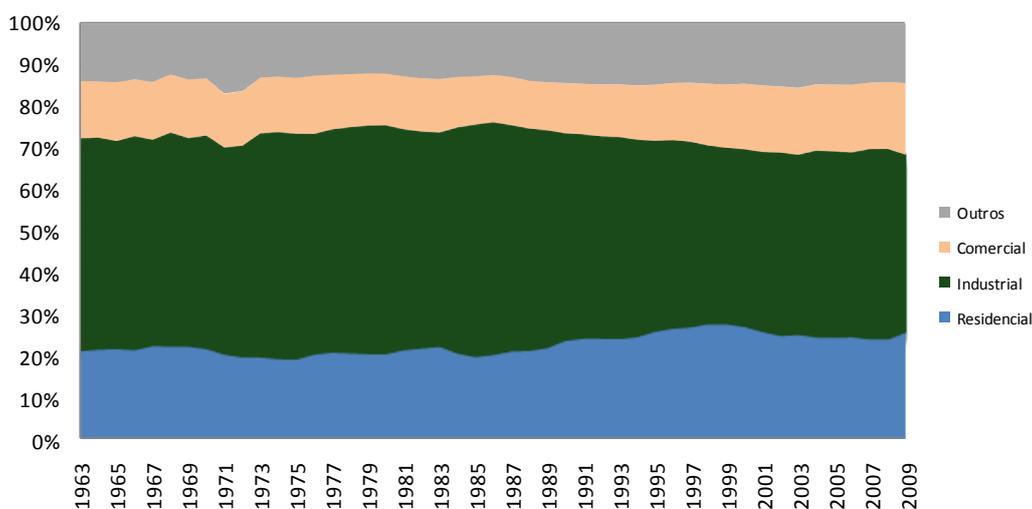
Elaboração do autor
Fonte: EPE

Gráfico 12 - Participação do consumo por segmentos (2009)



Elaboração do autor
Fonte: EPE

Gráfico 13 - Participação do consumo de energia elétrica por segmento



Elaboração do autor

Fonte: EPE

O crescimento do consumo no período citado pode ser observado numericamente na tabela 2. No período de 1963 a 2009, o consumo total de energia cresceu a uma taxa média de 6,4% (taxa média geométrica do período). O segmento comercial é o que apresenta maior crescimento médio, com 6,9%, e seguido de perto pelos demais segmentos, o que mostra um crescimento não muito díspare da demanda.

Tabela 2 - Consumo de Energia Elétrica no Brasil - em GWh

Segmento	1963	2009	Cresc. % médio anual
Residencial	4.843	100.638	6,8
Industrial	11.555	165.632	6,0
Comercial	3.051	65.567	6,9
Outros	3.169	56.367	6,5
Total	22.618	388.204	6,4

Fonte: EPE

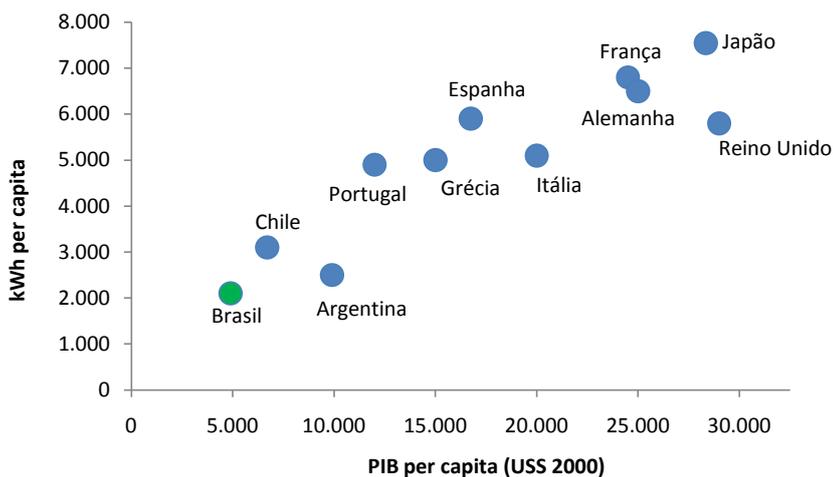
Elaboração do autor

Há ainda mais espaço para um crescimento da demanda por energia elétrica no Brasil, acima da média dos países desenvolvidos. No gráfico 14, extraído no plano decenal 2010-2019 da Empresa de Pesquisa Energética, fica evidente que a utilização

per capita de energia elétrica ainda não é alta, comparada com as nações mais desenvolvidas economicamente.

Mesmo em comparações com países latino-americanos vizinhos como Chile e Argentina, este indicador no Brasil ainda é menor.

Gráfico 14 - Consumo per capita de eletricidade x pib per capita



Elaboração do autor

Fonte: EPE / PDE 2019

OBS: valores relativos ao ano de 2007 para os países selecionados. PIB em US\$ [2000]. Para o Japão, os dados tem como fonte a International Energy Agency (IEA) e o FMI.

5. O Mercado de Energia Elétrica em Pernambuco⁵

Em 1822 foi inaugurado o serviço de iluminação pública do Recife. O óleo de mamona era o principal combustível para alimentar os lampiões que iluminavam as calçadas da época. Quase 30 anos depois, em 1857, passou a ser utilizado o óleo de peixe, que levou a um ganho de desempenho na iluminação da cidade. Ainda eram poucos os postes, mas suficientes para deixar a população orgulhosa do serviço que mudou a vida noturna da cidade.

Nessa época, Felipe Lopes Neto e Hény Gibson, dois comerciantes, e o engenheiro Manoel Barros Barreto se associaram ao governo para formar uma parceria

⁵ As informações contidas neste item 5 são oriundas dos trabalhos de Ângelo (2009), e Companhia Energética de Pernambuco (2010).

com o objetivo de viabilizar a instalação e fornecimento de gás no Recife, conseguindo eles o direito de explorar a concessão por 30 anos. Entretanto, as três pessoas supracitadas não chegaram ao seu objetivo, transferindo o contrato firmado com o governo para a empresa Roston Roocker & Cia, que posteriormente também não levou à frente o projeto e o repassou para outra empresa, a Fielden Brothers. Esta de fato realizou os serviços e implantou o fornecimento de gás para a iluminação pública.

A referida empresa iniciou as obras de instalação de um gasômetro, localizado no centro do Recife, mais precisamente onde hoje é localizado o bairro histórico de São José, sendo o empreendimento inaugurado no ano de 1859. O sistema de iluminação a gás foi inaugurado logo em seguida, com as devidas pompas. Neste período, a cidade já dispunha de uma rede com mais de mil lâmpões.

Ademais, empreendimentos pioneiros na cidade, antes mesmo da cidade contar com o sistema de iluminação pública de energia elétrica, já tinham esse tipo de iluminação, sendo eles a Estação Central Ferroviária do Recife, já no ano de 1890, e o Mercado do Derby nos idos de 1898. Nesses empreendimentos, a energia elétrica era proveniente de geradores.

O Mercado do Derby era localizado numa imponente edificação. A energia elétrica era uma grande atração, e proporcionou aos comerciantes a possibilidade de extensão do período de suas vendas até o início da noite, o que atraía um grande contingente de pessoas, tornando o local um dos mais freqüentados da cidade.

Mas, a antiga capital do estado, a cidade de Olinda, foi a cidade pioneira na região nordeste do Brasil a contar com um sistema de iluminação pública com base na energia elétrica. Já em 1913, a Companhia Santa Tereza promovia esse serviço para a cidade. Antes a cidade só contava com a iluminação a gás, também fornecida pela mesma companhia.

Neste mesmo ano, através de iniciativa privada, foi criada a Pernambuco Tramways and Power Company – PETRAMWAYS, que passou a partir de então a ser a concessionária de serviços públicos e particulares de iluminação pública no Recife por um prazo de 50 anos, além de obter também outras concessões do governo local, como o fornecimento de gás, a gerência das linhas telefônicas e dos transportes coletivos da cidade, os famosos bondes, que por décadas dominaram as paisagens do Recife.

Gradativamente, o sistema de iluminação da cidade se ampliava, e já em 1914, com a inauguração do serviço de bondes elétricos, o serviço passa a ser de larga escala para a época.

Cerca de 30 anos depois, em 1945, foi criada a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco – CHESF, com sede na cidade do Recife, sendo a primeira empresa de eletricidade de âmbito federal, com o objetivo de explorar o potencial energético da bacia do São Francisco, mais precisamente das cachoeiras do município de Paulo Afonso. A empresa obteve concessão para explorar a região por um prazo de 50 anos para a geração e transmissão de energia aos concessionários desse serviço público de uma ampla região no nordeste, realizando em alguns locais, também o serviço de distribuição. Inicialmente, sua área de concessão compreendia os estados da Bahia, Pernambuco, Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Alagoas e Sergipe.

Isso possibilitou que a cidade do Recife contasse com a energia elétrica gerada pela CHESF em Paulo Afonso já no ano de 1954, quando foram concluídas as primeiras linhas de transmissão que chegaram à cidade.

Na década de 60, O Governo do Estado de Pernambuco criou a Companhia de Eletricidade de Pernambuco – CELPE, que incorporou os ativos da Pernambuco Tramways. A CELPE iniciou suas atividades com atuação já nas áreas de transmissão e distribuição de energia elétrica.

Posteriormente, em 1979, a CHESF inaugura a usina de Sobradinho, criando lago que seria o maior reservatório de uma usina hidrelétrica do Brasil. Localizada na região dos municípios de Petrolina, em Pernambuco, e Juazeiro, na Bahia, à época tinha capacidade de geração de 175 MW.

Com uma expansão logo dois anos após sua inauguração, a usina de Sobradinho passou a ser capaz de gerar 1.050 MW.

Mais recentemente, em 2000, tendo sido vencedora do leilão de privatização da Companhia Energética de Pernambuco – CELPE, a holding Guaraniana, hoje Neoenergia, assumiu o compromisso de viabilizar a construção de uma usina termelétrica no Estado de Pernambuco. A usina foi construída a partir de 2001, como parte do Programa Prioritário de Termelétricidade (PPT) do Governo Federal. A construção do empreendimento se deu no município de Ipojuca, no Complexo Industrial

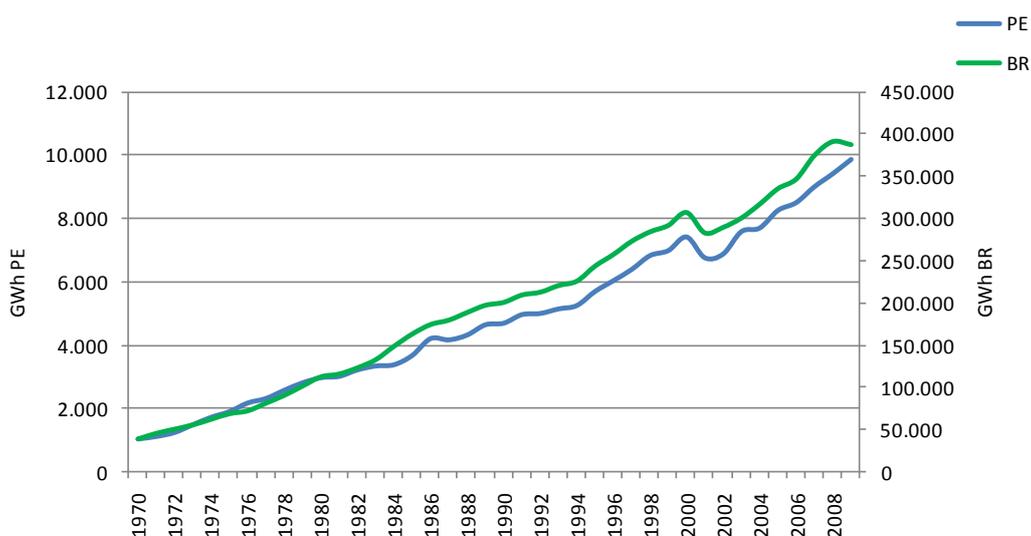
e Portuário de Suape. A central geradora utiliza o gás natural como combustível, possuindo três turbinas em sistema de ciclo combinado, sendo duas turbinas a gás e uma a vapor. Atualmente tem capacidade para gerar até 532 MW, no entanto, o terreno ocupado pela Termopernambuco possibilita a duplicação da usina, podendo a mesma atingir a potência de 1.064 MW.

5.1 Evolução Recente

O mercado de energia elétrica no estado tem apresentado crescimento médio de 5,9% ao ano no período de 1970 a 2009. O crescimento do consumo sofreu impacto relativamente significativo nos anos de 1987 e 2001/2002, quando ocorreram restrições de consumo impostas pelo governo em virtude de racionamento de energia elétrica, com a intenção de poupar o nível dos reservatórios das hidrelétricas, que encontrava-se muito baixo.

O Gráfico 15 mostra a evolução do consumo total de energia elétrica no estado, onde pode-se claramente notar o impacto dos racionamentos, principalmente o último ocorrido há 9 anos.

Gráfico 15 - Evolução do consumo de energia elétrica em Pernambuco e no Brasil



Elaboração do autor
Fonte: CELPE

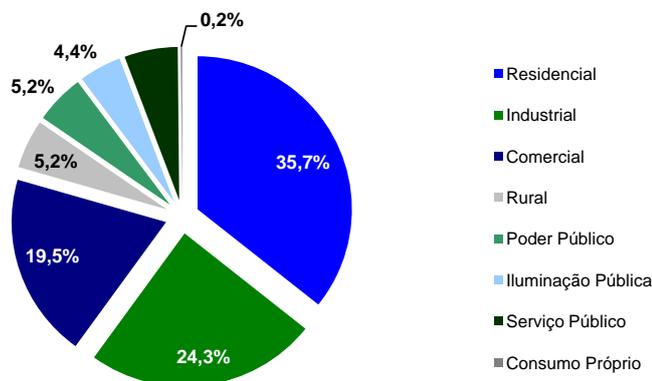
Pernambuco é o segundo maior consumidor de energia elétrica na região Nordeste. Segundo a EPE (2010), no ano de 2009, foi responsável pelo consumo de 15% de toda a energia elétrica consumida na região Nordeste e por 3% do consumo desse tipo de energia no Brasil (CELPE - Companhia Energética de Pernambuco, 2010).

O consumo de energia elétrica pode ser segmentado em diversas modalidades. Essa segmentação no Brasil segue as diretrizes inicialmente estabelecidas na década de 50 do século passado, e atualmente dispostas na Resolução 414 da Agência Nacional de Energia Elétrica –ANEEL. Nela é feita a classificação dos consumidores em classe de consumo (residencial, industrial, comercial, rural, poder público, iluminação pública, serviço público, consumo próprio).

Cada classe de consumo possui características distintas. Os consumidores são, por via de regra, cadastrados de acordo com a sua atividade exercida, e alocados na classe mais adequada.

Em Pernambuco, a classe de consumo mais representativa é a residencial, que participa atualmente com cerca de 36% do mercado, seguida da industrial com 25% , comercial com 20%, e outras classes com 19%. Os dados são da Companhia Energética de Pernambuco, empresa que detém a concessão do serviço de distribuição de energia no Estado, todos referentes ao ano de 2009. No gráfico 16 este detalhamento é apresentado.

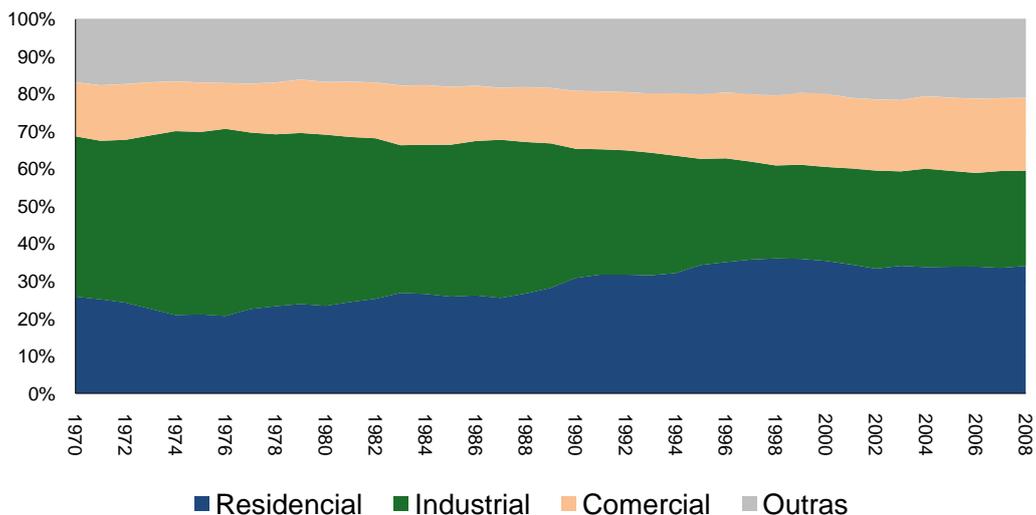
Gráfico 16 - Mercado de energia elétrica de Pernambuco por segmento



Elaboração do autor
Fonte: CELPE

Ao longo das últimas quatro décadas observa-se uma movimentação das participações das classes, com aumento da residencial, comercial e rural e queda da participação industrial, movimento este observado no gráfico 17, da mesma forma que acontece em âmbito nacional.

Gráfico 17 - Evolução da estrutura do consumo de eletricidade em PE



Elaboração do autor

Fonte: CELPE

O gráfico 17 apresenta a evolução das três principais classes, com destaque para três períodos distintos. Nos anos de 1970 a 1993, observa-se uma tendência de queda de participação da classe industrial, frente a um aumento na participação da classe residencial e em menos intensidade da comercial. Essa situação se configura, em parte pela expansão do número de consumidores, corroborada pela intensificação do programa de universalização dos serviços de energia elétrica pelo governo de Pernambuco, principalmente nas décadas de 1980 e 1990. Outro fator que pode ter contribuído para esse desempenho, foi a migração da população rural para os grandes centros urbanos, evidenciada na década de 1970, tendo como consequência o aumento de consumidores em regiões já eletrificadas, além da decadência do setor sucroalcooleiro na década de 1980 e 1990, que teve reflexos no desempenho da indústria pernambucana, fortemente influenciada pelo setor.

Outro período a ser destacado é delimitado entre os anos de 1994 e 2000. Esses anos foram marcados pela estabilização da economia, proporcionada pelo Plano Real. Com inflação baixa, abertura do mercado (início dos anos 90) e aumento da renda do trabalhador, houve uma “corrida” às lojas para compra de aparelhos eletrodomésticos, impulsionando o consumo comercial e, por conseguinte da classe residencial.

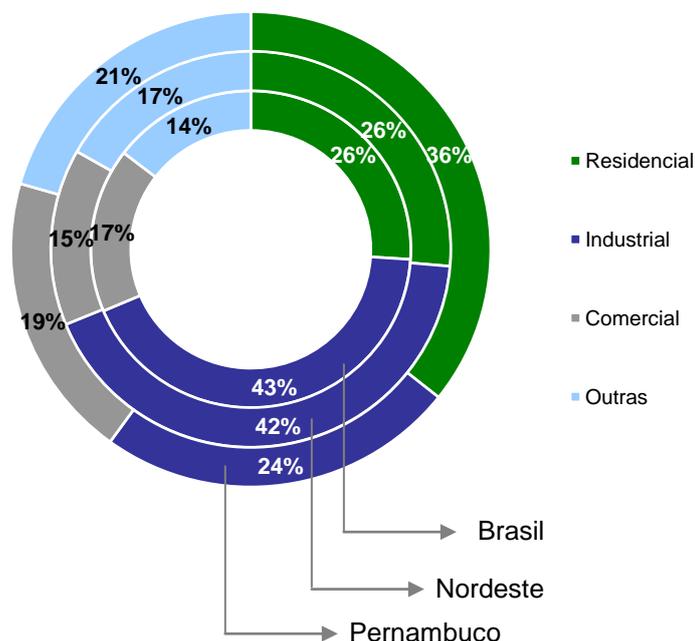
Em contrapartida a classe industrial continuava em franco declínio no que diz respeito à participação no mercado de energia elétrica. Novas fontes se tornavam atrativas, como o gás natural. O setor ainda amargava um período de decadência com o fechamento de várias empresas do setor têxtil e sucroalcooleiro.

A partir de 2001 a evolução da participação das três classes se estabiliza, em parte devido às conseqüências do racionamento de energia elétrica que perdurou de maio/2001 a fevereiro/2002. Nesse período a maioria dos consumidores foi obrigada a reduzir o consumo de energia elétrica em 20%, fato que incentivou medidas de racionalização e efficientização de energia, por parte dos consumidores, com aumento de posses de equipamentos mais eficientes.

Paralelamente as indústrias e o comércio também tomaram suas medidas de efficientização. No entanto, o setor industrial pernambucano, passou a sofrer um processo de diversificação, com a implantação de novos empreendimentos, possibilitando o surgimento de novos pólos como o naval, petroquímico e eólico. Essa movimentação de novas indústrias, principalmente na área de Suape, vem possibilitando uma retomada do setor industrial no estado, o que deverá provocar no médio prazo um aumento da participação da classe perante as demais.

Na comparação com o Brasil e com o Nordeste, a participação de consumo em Pernambuco, difere um pouco, devido principalmente ao fato do estado ser menos industrializado do que outros do país, principalmente dos da região sudeste. Essa diferença é mostrada no gráfico 18.

Gráfico 18 - Participação das classes de consumo Pernambuco, Nordeste e Brasil



Elaboração do autor
 Fonte: EPE e CELPE

O setor elétrico brasileiro vem sofrendo uma série de mudanças na sua condição de funcionamento. Tais mudanças começaram a ser implementadas a partir de 1993, através da Lei n. 8.631/93 e, posteriormente, com as Leis n. 8.987/95 e Lei n. 9.074/95 em 1995 e a Lei 10.848 em 2004.

Visando suprir as deficiências do modelo então em vigor, foi publicado, em dezembro de 2003, um novo Modelo Institucional para o setor (MME, 2003b). O novo projeto regulatório almejou, entre outros pontos, criar um ambiente propício à retomada de investimentos, de forma a garantir o fornecimento de energia elétrica em quantidade e qualidade requeridas pelo mercado consumidor.

A Lei 10.848 provocou grandes mudanças no setor. Delegou ao Governo liberdade para regulamentar o novo modelo. Ademais, alterou profundamente as regras de comercialização de energia elétrica no País. Uma das principais disposições é que a energia somente poderá ser contratada sob duas formas: de acordo com as regras do Ambiente de Contratação Regulada (ACR) ou de acordo com as regras do Ambiente de Contratação Livre (ACL).

No ACR comercializa-se a energia elétrica utilizada pelas companhias distribuidoras para atender a seus respectivos consumidores finais. Ressalvados alguns casos específicos, as distribuidoras não podem adquirir energia elétrica fora do ACR. A venda de energia no ACR é realizada através de licitações promovidas pela ANEEL (que pode delegar essa função à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE). O vencedor da licitação firma um único contrato de compra e venda com todas as companhias distribuidoras interligadas ao sistema elétrico. Esse contrato conterá termos e condições regulados pelo Poder Concedente.

No ACL comercializa-se a energia elétrica para atender aos consumidores livres, por intermédio de contratos bilaterais livremente negociados. As regras de contratação no ACL deverão ser bastante semelhantes às regras de livre mercado que vigoravam anteriormente, e vale salientar, havendo regulamentação mínima por parte do Poder Concedente.

Nesse modelo, o estudo da demanda de energia elétrica tem importância estrutural e conjuntural, tanto no planejamento quanto no gerenciamento do setor elétrico brasileiro, por exercer impacto direto e/ou indireto sobre as seguintes decisões: programas decenais de expansão da geração, transmissão e distribuição; planejamento da operação dos sistemas; programas de investimento das empresas; contratos de compra e venda de energia entre empresas; preço da energia no mercado atacadista; programa de licitação de obras do agente regulador, entre outros (Eletrobrás, 2003).

Sendo assim, este trabalho pretende contribuir com uma estimativa da demanda de energia elétrica para Pernambuco. Especificamente, procura-se identificar os fatores que influenciam essa demanda e, através de um modelo econométrico, realizar projeções de consumo para os anos vindouros.

6. Revisão da Literatura

6.1 Contextualização do Estudo

Estudos já foram realizados sobre este tema, inclusive para o Brasil e outros estados da federação, o que torna este trabalho uma extensão com relação ao caso brasileiro, já que enfoca os dados do Estado de Pernambuco, com dados até os dias atuais.

Num dos primeiros estudos realizados no Brasil nesta área, Modiano (1984) estimou as demandas para o Brasil das três principais classes de consumo de energia, a residencial, a comercial e a industrial, no período 1963/1981 – base anual.

Na década de 90, já com uma série histórica maior, permitindo o uso de modelos econométricos mais refinados, Andrade e Lobão (1997) estimaram a demanda para o caso residencial no Brasil, no período 1963/1995 – base anual, por três métodos distintos: mínimos quadrados ordinários, variável instrumental e cointegração (VEC).

Mais recentemente, muito em função da crise do racionamento de energia elétrica por qual passou o Brasil nos anos de 2001 e 2002, o tema recebeu mais atenção por parte dos formuladores de políticas nacionais. Buscou-se aprimorar as técnicas de acompanhamento e previsão para a demanda de energia elétrica, e a realizá-la também em âmbito regional, dado o tamanho do país e as características intrínsecas da economia, clima, e cultura de cada região do país. Outros trabalhos foram publicados, sendo possível destacar o estudo de Schmidt e Lima (2002) que estimou as elasticidades-preço e renda de longo prazo por cointegração para a demanda por energia elétrica para as classes residencial, comercial e industrial, e também o de Irffi *et al* (2009), onde foram feitas previsões para o consumo de energia elétrica no período de 2001 a 2005 para a Região Nordeste, usando técnicas de Mínimos Quadrados dinâmicos e Vetores Autoregressivos.

Siqueira *et al* (2006) propuseram uma metodologia para incorporar os efeitos desse racionamento nas previsões de demanda por energia elétrica para as classes de

consumo residencial, comercial e industrial, utilizando como espaço de análise também a região Nordeste.

Alguns estudos sobre a demanda por energia em países como China, Austrália, Jordânia, França, Estados Unidos, Dinamarca e Grécia vêm sendo publicados a partir da década de 50. Alguns deles mais recentes, utilizando a metodologia desenvolvida por Stock e Watson (1993), MQO em dois estágios, a qual gera estimadores mais robustos para pequenas amostras, além de corrigir o viés, a simultaneidade e a correlação serial. (Irfi *et al.*, 2009)

Em trabalho realizado por Hendrik Houthakker (1951), as estimações sobre a demanda total de energia elétrica foram realizadas para 42 províncias na Grã-Bretanha no período 1937-1938 (Schmidt e Lima, 2002).

Dois trabalhos, neste mesmo assunto, foram realizados por Westley (1984 e 1989). Em ambos são estimadas as elasticidades-preço e renda de longo prazo, só que um deles para o Paraguai e outro para a Costa Rica.

Ainda aqui, vale mencionar um outro estudo, o da Organization for Economic Cooperation and Development (1985), onde foram calculadas as elasticidades-preço de curto e longo prazo, para o caso da demanda industrial para EUA, Canadá, Europa e Japão.

No trabalho realizado por Bentzen e Engsted (1993), as estimações foram realizadas para a demanda total de energia na Dinamarca no período compreendido entre 1948 e 1990 – base anual.

Silk e Joutz (1997) investigaram os efeitos de variáveis econômicas no uso de energia empregando técnicas de cointegração, a qual permite desenvolver uma análise de curto e longo prazo através do VEC, com dados anuais para a demanda de eletricidade residencial dos EUA. Mais do que isso, os autores construíram um índice para o estoque de equipamentos elétricos e estimaram o modelo para os anos de 1949 a 1993. Os resultados sugeriram uma mudança de regime no consumo durante a década de 1960, e estes autores projetaram, ainda, a demanda para 1994 e 1995.

A função demanda por energia elétrica para a Jordânia utilizada por Al-Azzam e Hawdon (1999), durante o período de 1968-97, estimada por MQO em 2 estágios, é

função da renda, da atividade de construção e da instabilidade política. Essas variáveis apresentaram um impacto significativo no consumo de energia elétrica. De todo modo, o preço real tem um efeito neutro ou fraco. Os autores argumentam que a variável que mensura a atividade de construção é uma indicação plausível do processo de desenvolvimento que envolve urbanização, além de possuir um impacto significativo em outras atividades nas quais também se faz uso de energia. (Irffi *et al.*, 2009)

Já Akmal e Stern (2001) mensuraram as elasticidades de longo prazo para a demanda por eletricidade, gás natural e outros combustíveis para a Austrália, a partir do terceiro trimestre de 1969-70 ao segundo trimestre de 1998-9, por MQO em 2 estágios. A função demanda estimada por esses autores depende do preço do i -ésimo combustível, do preço dos combustíveis substitutos, do preço dos bens complementares e da renda.

Por sua vez, Saed (2004) estimou a demanda total de energia para a Jordânia no período de 1980-1999, chegando à conclusão de que o crescimento econômico é acompanhado por um aumento proporcional no consumo de energia, pois a elasticidade-renda encontrada foi de 1.15. Verificaram, ainda, que o consumo de energia é negativamente correlacionado com o preço.

Portanto, analisando os resultados encontrados, conclui-se que, de forma geral:

1. é verificado empiricamente que as elasticidades-preço de curto prazo (em valores absolutos) são menores ou iguais às elasticidades-preço de longo prazo;
2. o módulo destas elasticidades pertence ao intervalo $[0; 0,5]$;
3. as elasticidades-renda de curto prazo são menores ou iguais às elasticidades-renda de longo prazo;
4. as elasticidades-renda de curto prazo oscilam dentro do intervalo $[0,2; 0,7]$;
5. as elasticidades-renda de longo prazo mostram resultados pouco homogêneos entre os trabalhos. Nas pesquisas seu valor fica em módulo, superior à unidade.

Resumindo, os resultados dos trabalhos acima citados encontram-se na tabela 3 a seguir:

Tabela 3 - Resumo dos resultados de diversos trabalhos na área de demanda de energia elétrica

Autores	Tipo	Elasticidade Preço		Elasticidade Renda	
		Curto prazo	Longo prazo	Curto prazo	Longo prazo
Saed (2004)	Demanda Total	-0,6	-1,1	0,6	1,2
Bentzen e Engsted (1993)		-0,1	-0,5	0,7	1,2
Hendrik Houthakker (1951)		-	-0,9	-	1,2
Westley (1984)		-0,6	-	0,4	-
Westley (1989)		-0,5	-	0,5	-
Modiano (1984)	Demanda Residencial	-0,1	-0,4	0,3	1,1
Andrade (1997)		-0,1	-0,1	0,2	0,2
Siqueira et al (2006)		-0,3	-0,4	0,2	1,4
Mattos e Lima (2005)		-	-0,3	-	0,5
Schmidt e Lima (2002)		-	-0,1	-	0,5
Modiano (1984)	Demanda Industrial	-0,5	-0,2	0,5	1,4
Schmidt e Lima (2002)		-	-0,5	-	1,9
Siqueira et al (2006)		-0,4	-0,4	0,4	1,2
Irfi et al. (2009)		-0,4	-1,1	0,6	1,2
OECD, EUA, Canadá, Europa		-0,4	-0,9	-	-
OECD, Japão		-0,3	-	-	-
Modiano (1984)	Demanda Comercial	-0,1	-0,2	0,4	1,1
Schmidt e Lima (2002)		-	-0,2	-	0,6
Siqueira et al (2006)		-0,2	-0,5	0,2	1,0

Elaboração do autor

7. Metodologia e Dados

7.1 Procedimento de Análise

A pesquisa aqui proposta adotou métodos estatísticos descritivos e análises históricas do período.

Primeiramente, foi realizada uma revisão teórica dos trabalhos já publicados na área. Após a revisão teórica, foram coletados dados referentes às variáveis em questão. Foram utilizados dados sobre o consumo de energia elétrica no período de análise, das tarifas de energia elétrica no período, da renda, e de índices de preços de aparelhos eletrodomésticos, de máquinas e equipamentos industriais, materiais elétricos, bens duráveis e combustíveis. Os dados foram analisados com a finalidade de estimar um modelo econométrico para observar as características da demanda por energia no Estado de Pernambuco e, com base no modelo encontrado realizar projeções para o referido consumo.

7.2 Dados Utilizados

Os dados referentes ao consumo de energia foram disponibilizados pela Companhia Energética de Pernambuco (CELPE). Foi fornecida a série histórica de consumo disponível nos relatórios de faturamento da empresa, segmentadas por atividade econômica, tendo como a primeira observação o ano de 1970 e a última sendo referente ao ano de 2009.

O preço da energia é representado pela tarifa média de venda, para as três classes de consumo em questão. As séries são disponibilizadas pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). As referidas séries do IPEA têm início no ano de 1974 para as classes, e 1970 como uma média geral de todas as classes de consumo.

Os dados sobre renda têm como proxy o PIB. A fonte de coleta dos mesmos foi o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), através de seu banco de dados, o IPEADATA. Procurou-se utilizar o PIB de cada setor (industrial, serviços e total) para tentar explicar as variações no consumo de energia de cada segmento aqui estudado.

Para as informações referentes ao preço de bens substitutos no modelo industrial, foi utilizado como proxy o índice de preço de combustíveis e lubrificantes, o IPA-OG - combustíveis e lubrificantes - índice (ago. 1994 = 100), tendo como fonte a Fundação Getúlio Vargas. Esse índice foi utilizado levando-se em conta a hipótese de que em momentos de grande variação nas tarifas de energia elétrica, os agentes podem optar por utilizar geradores próprios para atender a sua produção.

O preço de máquinas e materiais elétricos foi utilizado como um fator explicativo para variações no estoque de eletrointensivos do setor comercial, e tem como proxy o IPA-DI - bens de consumo duráveis - índice (ago. 1994 = 100) – FGV. Supõe-se que as variações neste índice levam a movimentos inversamente proporcionais no estoque de eletrointensivos, ou seja, quando elevam-se os referidos preços, um decaimento no citado estoque é esperado.

No modelo residencial, utilizou-se o preço de eletrodomésticos como uma variável explicativa. Foi usado o IPA-OG – Eletrodomésticos, da FGV como proxy para a evolução dos preços reais dos eletrodomésticos no período estudado. Aqui é lançada a hipótese de que o estoque de eletrodomésticos nas residências aumenta quando o preço

dos aparelhos eletrodomésticos cai. E, a situação contrária ocorre quando este mesmo preço se eleva. Supõe-se que as variações no estoque de eletrodomésticos tenham rebatimento direto no mercado residencial de energia elétrica.

Nas tabelas 4 e 5, é feito um resumo das variáveis utilizadas no trabalho e sua fonte correspondente.

Tabela 4 - Descrição das variáveis utilizadas no trabalho

Variável	Descrição	Fonte	Unidade
Er	Consumo de Energia Residencial	CELPE	MWh
Ei	Consumo de Energia Industrial	CELPE	MWh
Ec	Consumo de Energia Comercial	CELPE	MWh
Tr	Tarifa Residencial de Energia	IPEA	R\$/MWh
Tc	Tarifa Comercial de Energia	IPEA	R\$/MWh
Ti	Tarifa Industrial de Energia	IPEA	R\$/MWh
PM	Preço de Máquinas e Equipamentos Industriais	FGV	Índice
PC	Preço de Combustíveis e Lubrificantes	FGV	Índice
PE	Preço de Máquinas e Materiais Elétricos	FGV	Índice
PD	Preço de Bens Duráveis	FGV	Índice
Y	PIB PE	IPEA	R\$
Ys	PIB PE Serviços	IPEA	R\$
Yi	PIB PE Industrial	IPEA	R\$
Ybr	PIB Brasil	IPEA	R\$
P_elet	Preços reais de eletrodomésticos	FGV	Índice

Elaboração do autor

Tabela 5 - Dados utilizados como proxy das variáveis

Variável	Proxy	início da série	fim da série
Er	Relatórios de Faturamento da CELPE	1970	2009
Ei	Relatórios de Faturamento da CELPE	1970	2009
Ec	Relatórios de Faturamento da CELPE	1970	2009
Tr	tarifa média residencial por MWh (deflator: IGP-DI) - R\$ de 2009	1974	2009
Tc	tarifa média comercial por MWh (deflator: IGP-DI) - R\$ de 2009	1974	2009
Ti	tarifa média industrial por MWh (deflator: IGP-DI) - R\$ de 2009	1974	2009
PM	IPA-OG - máquinas e equipamentos industriais - índice (dez. 2007 = 100)	1970	2009
PC	IPA-OG - combustíveis e lubrificantes - índice (ago. 1994 = 100)	1970	2009
PE	IPA-OG - material elétrico - índice (dez. 2007 = 100)	1970	2009
PD	IPA-DI - bens de consumo duráveis - índice (ago. 1994 = 100)	1970	2009
Y	PIB Estadual a preços constantes - R\$ de 2000(mil) - Deflacionado pelo Deflator Implícito do PIB nacional	1970	2009
Ys	PIB Estadual - serviços - valor adicionado - preços básicos - R\$ de 2000(mil) - Deflacionado pelo Deflator Implícito do PIB nacional	1970	2009
Yi	PIB Estadual - indústria - valor adicionado - preços básicos - R\$ de 2000(mil) - Deflacionado pelo Deflator Implícito do PIB nacional	1970	2009
Ybr	PIB Nacional (deflator: IGP-DI) - R\$ de 2009	1970	2009
P_elet	IPA-OG - Eletrodomésticos - índice (ago. 1994 = 100)	1970	2009

Elaboração do autor

Aqui cabe uma ressalva. Devido à descontinuidade dos índices IPA-OG - combustíveis e lubrificantes, IPA-OG - máquinas e equipamentos industriais, e IPA-DI - bens de consumo duráveis, todos no ano de 2008, as observações correspondentes ao ano de 2009 para estes índices foram as sugeridas pela própria FGV no documento “*Sugestão para substituição das séries descontinuadas do IPA*”, disponível no sítio do FGV Dados, e que segundo a mesma, são os índices que mais se aproximam da composição das séries descontinuadas. Essas correspondências são mostradas na tabela 6 a seguir:

Tabela 6 - Relacionamento das séries descontinuadas - indicação da FGV

Séries Especiais Descontinuadas em DEZ/2008	Sugestão FGV
IPA-OG - Máquinas e Equipamentos para Indústria	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Máquinas e Equipamentos
IPA-OG - Material Elétrico	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Máquinas, Aparelhos e Materiais Elétricos
IPA-OG - Combustíveis e Lubrificantes	IPA-EP - Bens Intermediários - Combustíveis e Lubrificantes para a Produção
IPA-DI - Bens de Consumo Duráveis	IPA-EP - Bens Finais - Bens de Consumo Duráveis
IPA-OG - Eletrodomésticos	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Máquinas e Equipamentos - Item Eletrodomésticos

Elaboração do autor

No anexo 12.7, é mostrada tabela completa com todas as sugestões da FGV para as correspondentes séries do IPA descontinuadas em dezembro de 2008.

7.3 Modelo microeconômico básico

A demanda por energia elétrica pode ser descrita como um resultado de um problema microeconômico de maximização de utilidade, sujeito a uma restrição orçamentária, isto é:

$$\text{Max}_x U(x), \text{ sujeito a: } P_i X_i + P_c X_c + P_s X_s + P_o X_o = R \quad (1)$$

$$\text{Solução: } X_i = f(P_i, P_c, X_s, P_o R) \quad (2)$$

onde $U(x)$ é a função utilidade do indivíduo, X_i a quantidade demandada de energia elétrica, X_j a quantidade demandada de outros bens, onde $j = c, s, o$ (complementar, substituto e outros), P_i o preço do bem energia elétrica, P_s o preços dos bens substitutos à energia elétrica, P_c os preços dos bens complementares à energia elétrica, P_o os preços de outros bens, não-complementares ou substitutos, à energia elétrica, e R a renda do indivíduo.

7.4 Modelo Econométrico

As funções de demanda de energia elétrica estimadas neste trabalho podem ser representadas por uma função do tipo Cobb-Douglas. Essa forma funcional tem sido muito utilizada em economia, principalmente em estudos de demanda. Uma das suas principais propriedades é que as elasticidades são constantes e iguais aos coeficientes das variáveis. Tal função pode ser representada da seguinte forma⁶:

$$E_t = kR_t^\alpha P_{i_t}^\beta P_{c_t}^\gamma P_{s_t}^\eta P_{o_t}^\phi e_t^\varphi \quad (3)$$

Tomando-se o logaritmo natural (ln) em ambos os lados de (3), a equação pode ser apresentada em uma forma linear:

$$E_t = \rho + \alpha R_t + \beta P_{i_t} + \gamma P_{c_t} + \eta P_{s_t} + \phi P_{o_t} + \varphi e_t \quad (4)$$

em que:

$\rho = \ln k$, que é o intercepto da função de demanda;

E_t = logaritmo natural da quantidade consumida de energia elétrica no tempo t ;

R_t = logaritmo natural da renda no tempo t ;

P_{i_t} = logaritmo natural da tarifa de energia elétrica no tempo t ;

P_{c_t} = logaritmo natural do preço de bens complementares no tempo t ;

P_{s_t} = logaritmo natural do preço de bens substitutos no tempo t ;

P_{o_t} = logaritmo natural do preço de eletrointensivos no tempo t ;

e_t = termo de erro com pressuposições usuais;

t = tempo, medido em anos.

$\alpha, \beta, \gamma, \eta, \phi, \varphi$ = parâmetros

Das equações (3) e (4) esperou-se que o consumo de energia elétrica respondesse positivamente a aumentos na renda dos consumidores e no preço de bens substitutos (α e $\eta > 0$), negativamente a aumentos da tarifa da energia elétrica, no preço de bens complementares e no preço dos eletrointensivos (β, γ e $\phi < 0$), Os

⁶ A função de demanda do tipo Cobb-Douglas também foi utilizada por Modiano (1984), Andrade e Lobão (1997), Holtedahl e Joutz (2004), Schmidt e Lima (2002) e Mattos e Lima (2005).

parâmetros α , η , β , γ e ϕ podem ser interpretados como as elasticidades da demanda de energia elétrica em relação à renda, ao preço de bens substitutos, ao preço da energia elétrica, ao preço de bens complementares e ao preço dos eletrointensivos, respectivamente.

7.5 Método de estimação

7.5.1 Uma visão geral sobre o procedimento de estimação⁷

Existe uma vasta quantidade de métodos de estimação e previsão disponíveis, variando de técnicas qualitativas relativamente informais a técnicas quantitativas altamente sofisticadas.

Os métodos qualitativos de estimação normalmente baseiam-se em conjecturas, e além de não apresentar uma base matemática mínima, tais técnicas não fornecem especificações rigorosas das hipóteses subjacentes.

Métodos quantitativos, por sua vez, baseiam-se em dados numéricos e procuram explicitar as hipóteses e os procedimentos usados para gerar estimações, além de atribuírem, geralmente, uma margem de erro às mesmas, fornecendo uma indicação do grau de incerteza associado às estimativas.

Este trabalho, por sua vez, utilizou-se de métodos econométricos, ou seja, quantitativos, nas estimações propostas nos objetivos anteriormente citados.

A análise econômica de séries temporais, objeto deste trabalho, remonta a períodos bem anteriores ao momento em que a Economia passou a ser tratada como ciência. Judy Klein (1997), por exemplo, faz referência a contribuição de John of Graunt já em 1662 na construção da série histórica dos nascimentos e mortes na cidade de Londres, e à divulgação por parte do Banco da Inglaterra nos idos de 1797 das séries das cotações das reservas de ouro.

Em 1862, dando continuidade a uma pesquisa de Charles Babbage, o inventor do computador, Stanley Jevons (1884), investigou uma variedade de séries temporais

⁷ Esta seção, e as informações históricas dispostas na mesma, se baseiam no trabalho de David F. Hendry, intitulado de “*Professor Sir Clive W.J. Granger and Cointegration*”, citada nas referências deste trabalho.

financeiras com observações semanais no período de 1825 a 1860, ligadas a cotação de moedas e taxas de juros.

Segundo Hendry (2010), nos dias atuais, a grande quantidade de informação disponível facilita a construção das séries temporais, situação bastante diferente da vivida em séculos passados. A geração de informações em curtos intervalos de tempo e os trabalhos que se utilizam desses dados, são relativamente recentes.

Perdurou até a década de 80 do século passado, um debate sobre o estudo de séries temporais. No final do século XIX, alguns pesquisadores tentavam entender porque algumas correlações peculiares, e aparentemente sem sentido, frequentemente eram encontradas em seus trabalhos, como por exemplo o número de ninhos de cegonha em estocolmo, e o número de nascimentos naquela cidade. Hooker (1901), deu os primeiros passos, mas Udney Yule (1926) forneceu os primeiros resultados analíticos, mostrando o perigo inerente de regressões entre variáveis não-estacionárias, o que pode levar a correlações sem sentido ou espúrias. Yule mostrou que duas séries não-estacionárias qualquer seriam significativamente correlacionadas, mesmo que seus choques e valores iniciais não tivessem relação alguma.

Segundo Gujarati (2000), diz-se que uma série é estacionária quando sua média e variância permanecem constantes ao longo do tempo, e o valor da covariância entre dois períodos depende apenas do grau de defasagem entre essas observações, e não do período de tempo efetivo em que a covariância é calculada.

Toda a teoria que sustentava as técnicas de inferência da análise econométrica até então baseava-se na hipótese de estacionariedade. Como colocado, o problema continuou a ser debatido até meados de 1980, quando Clive Granger e Paul Newbold deram uma atenção maior ao problema das citadas correlações espúrias. (Hendry, 2010)

Nesta época, os novos computadores permitiram uma proliferação de publicações com análise e regressão de séries temporais. No entanto, Granger e Newbold (1974) mostraram que as ferramentas utilizadas até então não resolviam o problema das regressões espúrias.

As pesquisas desenvolvidas à época, utilizavam a diferenciação⁸ das séries como forma de se evitar a incorrer no problema das regressões espúrias. Granger e Newbold demonstravam insatisfação com o rumo da evolução dos estudos na área, pois constatava-se que os modelos econométricos que tinham a teoria econômica por trás de seu arcabouço, produziam projeções menos acuradas do que os modelos econométricos ateoréticos. (Hendry, 2010)

Os procedimentos de diferenciação, segundo Engle e Granger (1987), infelizmente, removem toda a lógica de equilíbrio da teoria econômica. Granger passou a estudar maneiras de corrigir esses problemas, e formulou o procedimento que introduziu o conceito de cointegração na teoria econômica, em trabalho publicado conjuntamente com R. F. Engle em 1987.

A idéia por trás deste conceito é de que, se as séries em estudo são não-estacionárias, deve-se examinar se elas são cointegradas, ou seja, se elas apresentam um relacionamento de longo prazo que as mantém interligadas.

A idéia principal é que se existe um conjunto de séries econômicas que são não-estacionárias, então deve existir um conjunto de combinações lineares entre estas séries que seja estacionário. Ou seja, certas variáveis não diferem muito em seu comportamento no longo prazo, apresentando um relacionamento de equilíbrio. No curto prazo, em função de fatores como sazonalidade ou choques, elas podem divergir, porém, no longo prazo, forças econômicas atuarão no sentido de fazê-las comportar-se de forma semelhante, não se movendo de maneira independente. Esse comportamento é conhecido como condição de equilíbrio de longo prazo ou cointegração entre as mesmas, e os mecanismos que fazem com que elas não divirjam por longos períodos são os mecanismos de correção de erros.

A interpretação econômica da cointegração é que se duas ou mais variáveis possuem uma relação de equilíbrio de longo prazo, então mesmo que as séries contenham tendências estocásticas, ou seja, forem não-estacionárias, elas apresentam movimentos similares ao longo do tempo. Em resumo, o conceito de cointegração

⁸ Entenda-se a diferenciação como a geração de uma nova série com base na variação entre as observações de cada período, em relação ao período anterior ou mais antigo.

indica a existência de um equilíbrio de longo prazo, para o qual o sistema converge no tempo.

A supracitada metodologia proposta por Engle e Granger (1987) é aplicada especificamente para o estudo de duas séries temporais, ou seja, é utilizada para encontrar uma relação de equilíbrio de longo prazo entre um par de variáveis. (Enders, 1995)

Segundo (Enders, 1995), mantendo o mesmo arcabouço teórico, e introduzindo um adicional estatístico, Johansen (1988, 1991) desenvolveu um procedimento para se testar a cointegração quando existir mais de uma variável explicativa, o que se permite trabalhar com o caso de “ n ” variáveis. Mais recentemente, esse procedimento passou a ser amplamente utilizado com o aperfeiçoamento de diversos softwares.

7.5.2 Procedimento de estimação utilizado

Neste trabalho, optou-se por utilizar a metodologia de técnicas de cointegração, mais precisamente valendo-se dos procedimentos de estimação e os testes desenvolvidos por Johansen (1988, 1991) e ainda Johansen e Juselius (1990). Tal metodologia consiste em estimar, por máxima verossimilhança, os vetores de cointegração, valendo-se da modelagem de um vetor auto-regressivo (VAR). Numa segunda etapa, com base no vetor de cointegração obtido, estima-se um modelo de correção de erros (MCE).

Cabe ressaltar que esses modelos têm sido frequentemente utilizados nos estudos mais recentes de demanda de energia elétrica. Por exemplo: Andrade e Lobão (1997), Silk e Joutz (1997), Holtedahl e Joutz (2004), Narayan e Smyth (2003), Schmidt e Lima (2002), e Mattos e Lima (2005).

A opção por esses modelos pode ser também justificada pelas propriedades estatísticas das séries temporais das variáveis analisadas, que, geralmente, são séries não-estacionárias⁹. Durante muito tempo, a recomendação usual para se trabalhar com

⁹ Segundo Gujarati (2000), uma série é (fracamente) estacionária se suas média e variância forem constantes ao longo do tempo e o valor da covariância entre dois períodos de tempo depender apenas da defasagem entre os dois períodos, e não do período de tempo efetivo em que a variância é calculada.

séries não-estacionárias era que essas deveriam ser diferenciadas. Isso porque muitas séries econômicas são integradas de ordem 1 [I(1)], ou seja, têm uma raiz unitária e, portanto, tornam-se estacionárias na primeira diferença (Coelho, 2002).

Entretanto, segundo Enders (1995), esse procedimento restringe a análise a um contexto de curto prazo e, conforme ressaltado por Gujarati (2000), a maior parte da teoria econômica é enunciada como uma relação de longo prazo entre as variáveis na forma de nível, e não na forma de primeira diferença. Para a análise de longo prazo entre variáveis não-estacionárias, o procedimento mais adequado, quando aplicável, é o de cointegração (Enders, 1995).

O conceito de cointegração foi introduzido por Engle e Granger (1987) e tem sido amplamente empregado na análise de séries temporais. Diferentemente da recomendação padrão de que as séries não-estacionárias devem ser utilizadas em primeira diferença, a cointegração, quando aplicável, permite que regressões que envolvem esse tipo de variável sejam realizadas sobre seus níveis, sem que se incorra no problema da regressão espúria, além de não se perder informação de longo prazo, o que ocorre quando são utilizadas séries diferenciadas.

Engle e Granger (1987) procuraram mostrar que, apesar de duas (ou mais) variáveis serem não-estacionárias, é possível haver uma (ou mais) combinação linear entre elas que seja estacionária.

Esse conceito, segundo Enders (1995), pode ser definido da seguinte forma:

Os componentes do vetor $X_t = (X_{1t}, X_{2t}, X_{3t}, X_{4t}, \dots, X_{nt})$ são ditos cointegrados de ordem d, b , indicado por $X_t \sim CI(d, b)$ se:

1. todos componentes de X_t são integrados¹⁰ de ordem d ($X_t \sim I(d)$);
2. existe um vetor $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$, tal que a combinação linear $\beta X_t = (\beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_n X_{nt})$ é integrada de ordem $(d-b)$, sendo $b > 0$. O vetor β é chamado de vetor de cointegração¹¹.

¹⁰ Uma série é integrada de ordem d ($y \sim I(d)$) se ela precisa ser diferenciada d vezes para se tornar estacionária ($\Delta^d y_t$ é estacionária). Assim, uma série estacionária é uma série $I(0)$.

O sistema de variáveis econômicas encontrar-se-á em equilíbrio de longo prazo quando $\beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_n X_{nt} = 0$. De modo geral, se X_t possui n variáveis, é possível determinar $r \leq n-1$ vetores de cointegração¹². O número de vetores de cointegração (r) é igual ao número de vetores linearmente independentes e é conhecido como *rank* de cointegração.

Entretanto, para qualquer escala $\lambda \neq 0$, a multiplicação $\lambda\beta$ dará origem a um “novo” vetor. De maneira similar, segundo Enders (1995), é comum utilizar uma das variáveis (X_i) para normalizar o vetor β , fazendo seu coeficiente (β_i) igual a 1. Para tanto, é necessário apenas definir $\lambda = \frac{1}{\beta_i}$.

8. Resultados e discussões

Nesta seção serão apresentados o modelo teórico e a base de dados utilizados para a realização deste estudo, bem como os procedimentos econométricos adotados.

O modelo usado nesta análise, baseado na teoria econômica para estimar a função demanda por energia elétrica, adota as seguintes hipóteses, semelhante ao que foi proposto por Andrade e Lobão (1997):

- Não existe problema de demanda reprimida e a oferta de energia é infinitamente elástica, ou seja, a quantidade de energia demandada é efetivamente ofertada. Logo, a quantidade consumida é uma proxy para a quantidade demandada;
- A demanda é influenciada pela tarifa de energia elétrica, pela renda, e por preços de bens substitutos e de eletrointensivos;

Ou seja, a respeito da primeira hipótese, para os consumidores ligados à rede de distribuição, assume-se que toda a quantidade de energia elétrica por eles demandada é efetivamente fornecida. De uma forma geral ou para grande parte dos consumidores, admite-se que não existem restrições de consumo. Isto está em linha com o disposto na resolução 414 da ANEEL, que, não impõe limites de consumo aos agentes. Com esta

¹¹ Contudo, para os trabalhos de natureza empírica, interessa apenas o caso particular em que $d = b = 1$, tal que $\beta X_t \sim I(0)$.

¹² O agrupamento desses vetores em uma matriz dá origem a uma matriz β , de dimensão $r \times n$, denominada matriz de cointegração (Verbeek, 2000).

hipótese, pode-se utilizar a quantidade consumida com uma boa aproximação para a quantidade demandada.

Em relação à segunda hipótese, o direcionamento é o mesmo que foi apontado na seção 7.4, onde espera-se que a demanda pela energia elétrica seja influenciada pela renda dos consumidores, pelo preço da energia e o preço dos bens substitutos e complementares. Além disso, é esperado que os sinais dos coeficientes estimados para estas variáveis estejam de acordo com a teoria econômica.

Para a operacionalização do modelo foram utilizados os softwares Eviews 5.0 e RATS 7.2.

Na estimativa das equações que representam a demanda por energia elétrica setorial e total em Pernambuco, foram utilizadas as seguintes variáveis, formada por séries de dados anuais que se estendem pelo período de 1970 a 2009, e que tem relação de forma mais direta com cada setor estudado. Descrições mais detalhadas das variáveis e proxies utilizadas, bem como suas respectivas unidades de medidas e fontes, são apresentadas nas tabelas 7 a 10 a seguir.

Para o setor industrial foi utilizado o consumo industrial de energia elétrica em Pernambuco, como proxy da demanda, o PIB de Pernambuco como proxy da renda, o índice de preço dos combustíveis e lubrificantes, como uma proxy do preço de bens substitutos, e a tarifa de energia elétrica industrial, como proxy do preço da energia elétrica para a classe industrial. A tabela 7 detalha os dados.

Tabela 7 - Variáveis utilizadas no modelo industrial

Sigla	Variável	Proxy Utilizada	Unidade	Fonte
Ti	Tarifa da Classe Industrial	Tarifa Média Industrial em Valores reais (*)	R\$/MWh	IPEA - Tarifa Média de Energia Elétrica Industrial por MWh
Yi	Renda do setor industrial de PE	PIB Industrial do Estado de Pernambuco (**)	R\$	IPEA - PIB Industrial de PE - R\$ de 2000
PC	Preço de Bens Substitutos	Índice de preços de Combustíveis e Lubrificantes (*)	Índice	Fundação Getúlio Vargas (FGV/Conj. Econômica) -IPA-OG e IPA-EP
Ei	Demanda Industrial	Consumo de Energia Elétrica Industrial	MWh	Companhia Energética de Pernambuco - CELPE

(*) Série deflacionada pelo IGP-DI (FGV) base dez 2009

(**) Deflacionado pelo deflator implícito do PIB nacional

Elaboração do autor

Para o setor comercial foi utilizado o consumo comercial de energia elétrica em Pernambuco, também como proxy da demanda, o PIB do setor de serviços de Pernambuco, como proxy da renda, o índice de preço de máquinas e materiais elétricos,

como uma proxy de preço de bens complementares, e a tarifa de energia elétrica comercial, como proxy do preço da energia elétrica para a classe comercial. A tabela 8 detalha os dados.

Tabela 8 - Variáveis utilizadas no modelo comercial

Sigla	Variável	Proxy Utilizada	Unidade	Fonte
Tc	Tarifa da Classe Comercial	Tarifa Média Comercial em valores reais (*)	R\$/MWh	IPEA - Tarifa Média de Energia Elétrica Comercial por MWh
Ys	Renda do Setor de Serviços de PE	PIB Estadual - serviços (**)	R\$	IPEA - PIB Estadual - serviços - valor adicionado - preços básicos (R\$ de 2000)
Pe	Preço de Bens Complementares	Índice de Preço de Máquinas e Materiais Elétricos (*)	Índice	Fundação Getúlio Vargas (FGV/Conj. Econômica) - IPA-OG- Material Elétrico
Ec	Demanda Comercial	Consumo de Energia Elétrica Comercial	MWh	Companhia Energética de Pernambuco - CELPE

(*) Série deflacionada pelo IGP-DI (FGV) base dez 2009

(**) Deflacionado pelo Deflator Implícito do PIB nacional

Elaboração do autor

Para o setor residencial foi utilizado o consumo residencial de energia elétrica em Pernambuco, também como proxy da demanda, o PIB de Pernambuco, como proxy da renda, o índice de preço de eletrodomésticos, como uma proxy de preço de bens complementares, e a tarifa de energia elétrica residencial, como proxy do preço da energia elétrica para a classe residencial. A tabela 9 detalha os dados.

Tabela 9 - Variáveis utilizadas no modelo residencial

Sigla	Variável	Proxy Utilizada	Unidade	Fonte
Tr	Tarifa da Classe Residencial	Tarifa Média Residencial em valores reais (*)	R\$/MWh	IPEA - Tarifa Média de Energia Elétrica Residencial por MWh
Y	Renda do Estado de PE	PIB do Estado de Pernambuco (**)	R\$	IPEA - PIB Estadual a preços constantes - R\$ de 2000
P_Elet	Preço de Eletrointensivos	Índice de preços reais de eletrodomésticos (*)	Índice	Fundação Getúlio Vargas (FGV/Conj. Econômica) -IPA-OG Eletrodomésticos
Er	Demanda Residencial	Consumo de Energia Elétrica Residencial	MWh	Companhia Energética de Pernambuco - CELPE

(*) Série deflacionada pelo IGP-DI (FGV) base dez 2009

(**) Deflacionado pelo deflator implícito do PIB nacional

Elaboração do autor

Para a demanda total de energia elétrica no estado, foi utilizado o consumo total de energia elétrica em Pernambuco, também como proxy da demanda, o PIB Brasil, como proxy da renda, e a tarifa média de energia elétrica total, como proxy do preço da energia elétrica. A tabela 10 detalha os dados.

Tabela 10 - Variáveis utilizadas no modelo total

Sigla	Variável	Proxy Utilizada	Unidade	Fonte
Tt	Tarifa de Energia Elétrica	Tarifa Média de Energia Elétrica valores reais (*)	R\$/MWh	IPEA - Tarifa média por MWh
Ybr	Renda Nacional	PIB do Brasil (*)	R\$	IPEA - PIB Brasil (R\$ de 2009)
Et	Demanda Eletricidade em PE	Consumo de Energia Elétrica Industrial	MWh	Companhia Energética de Pernambuco - CELPE

(*) Série deflacionada pelo IGP-DI (FGV) base dez 2009

Elaboração do autor

8.1 Testes de raiz unitária

A utilização do conceito de cointegração só se justifica se as séries analisadas são não-estacionárias ou, em outras palavras, têm raiz unitária. Portanto, o primeiro procedimento foi a realização dos testes de raiz unitária de Dickey-Fuller aumentado (ADF).

Os resultados dos testes ADF (Dickey-Fuller aumentado), apresentados na seção 12.1 do anexo indicam que as variáveis do modelo são todas integráveis de ordem 1 [I(1)], característica típica das séries econômicas, o que é confirmado pelos testes nas primeiras diferenças onde todas se apresentam como estacionárias [I(0)].

Uma vez que as variáveis têm a mesma ordem de integração I(1), o próximo passo é a realização da análise de cointegração com vistas a testar a existência de vetores de cointegração e, em caso positivo do teste, estimar estes vetores e as relações de longo prazo existentes entre as variáveis.

Outros dois testes de estacionariedade foram também realizados nas séries, sendo eles os desenvolvidos por Perron (1997), e por Kwiatkowski, Phillips, Schmidt and Shin (1992). Os resultados destes testes são encontrados nas seções 12.2 e 12.3 do anexo, e também confirmam a não-estacionariedade das séries usadas neste trabalho.

8.2 Definição do número de defasagens do modelo VAR

Para a realização da análise de cointegração é necessário que se defina a ordem do modelo VAR que será utilizado na análise. Com esta finalidade foram realizados testes cujos resultados são apresentados na seção 12.4 do anexo.

O número de defasagens do modelo VAR, o qual envolve as variáveis escolhidas para cada modelo, foi determinado através dos conhecidos critérios de informação de Schwarz, Akaike e Hannan-Quinn, mostrados nas tabelas da referida seção. A defasagem que apresentou o menor valor para os critérios citados foi a utilizada para o modelo.

Nas situações analisadas, o critério de Schwarz indicou que os modelos devem ser especificados com apenas uma defasagem, enquanto os critérios de Hannan-Quinn e de Akaike apontaram, em alguns casos, como nos modelos industrial, residencial e total, que devem ser utilizadas mais de uma defasagem. Devido ao tamanho reduzido das amostras disponíveis, decidiu-se trabalhar com o menor número de defasagens ($p = 1$) seguindo-se a indicação do critério de Schwarz.

8.3 Teste de cointegração e relação de longo prazo entre as variáveis

O método proposto por Engle e Granger, para análise das relações de cointegração, possui algumas limitações. Esse teste é usado apenas no caso de única relação de equilíbrio, ou seja, único vetor de cointegração. Quando existir mais de uma variável explicativa, que é o caso que se pretende estudar neste trabalho, poderão existir outras relações de equilíbrio e, portanto, esse teste não será o mais adequado. Assim sendo, o mais indicado é o procedimento de Johansen (1988,1991). Este procedimento se baseia na seguinte versão modificada de um modelo VAR:

$$\Delta x_t = \Gamma_1 \Delta x_{t-1} + \dots + \Gamma_{p-1} \Delta x_{t-p+1} + \Pi x_{t-1} + \varphi d_t + \varepsilon_t \quad (5)$$

Onde:

x_t = vetor com k variáveis

Π = matriz com elementos π_{jk} onde um ou mais $\pi_{jk} \neq 0$

Γ_i = matrizes coeficiente com elementos $\pi_{jk}(i)$

ε_t = vetor de termo de erros

d_t = vetor de variáveis binárias para captar a variação estacional

Sendo r o posto da matriz Π , então Π tem r raízes características (autovalores) estatisticamente diferentes de zero. Existem três situações que podem ocorrer:

(a) se $r = k$, então x_t é estacionário;

(b) se $r = 0$, então Δx_t é estacionário e

(c) se $0 < r < k$, existem matrizes α e β tais que $\Pi = \alpha\beta$ e o vetor βx_t é estacionário. Sendo que α representa a velocidade de ajustamento dos parâmetros da matriz no curto prazo, enquanto β é uma matriz de coeficientes de cointegração de longo prazo.

A hipótese nula de que existem r vetores cointegrados é testada usando-se a estatística traço ($\lambda_{traço}$) e/ou a estatística do máximo autovalor (λ_{max}).

$$\text{O teste traço é dado por: } \lambda_{traço} = -2 \ln(Q) = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \lambda_i) \quad (6)$$

onde: Q = (função de verossimilhança restrita maximizada/função de verossimilhança sem restrição maximizada)

$$\text{O teste máximo autovalor é dado por: } \lambda_{max} = -T \ln(1 - \lambda_{r+1}) \quad (7)$$

onde λ_i são os valores estimados das raízes características obtidas da matriz Π estimada e T é o número de observações.

Se os valores calculados de $\lambda_{traço}$ e λ_{max} são superiores aos valores críticos, então rejeita-se a hipótese nula de não cointegração.

Nas tabelas 34 a 37 da seção 12.5 do anexo são mostrados os resultados dos testes de cointegração para os modelos considerados.

Os testes de cointegração indicam que as variáveis dos modelos estimados em cada segmento são cointegráveis. Observa-se nas Tabelas 34, 35, 36 e 37 que, pela estatística do traço não é possível rejeitar a hipótese nula de que o posto de cointegração é igual a ($r = I$), ou seja, de que existe uma relação de cointegração entre as variáveis. Portanto, as variáveis cointegram e a relação de cointegração é tida como a relação de

longo prazo entre as variáveis estudadas, podendo ser representada por um vetor cointegrante.

8.4 Vetores de cointegração normalizados

Com isso, a supracitada relação de longo prazo entre as variáveis analisadas no modelo de cada setor é dada pelos seguintes vetores de cointegração normalizados, apresentados nas equações 8 a 11. Em parênteses estão as estatísticas *t*.

$$E_i = 1,1465Y_i - 0,45036T_i + 0,15946PC + 4,62047 \quad (\text{industrial}) \quad (8)$$

(-8,60) (3,40) (-1,69) (-13,69)

$$E_c = 1,101963Y_s - 0,51751T_c - 0,159773P_e \quad (\text{comercial}) \quad (9)$$

(-16,33) (1,66) (1,02)

$$E_r = 0,979106Y - 0,173635T_r - 0,257933P_{elet} \quad (\text{residencial}) \quad (10)$$

(-44,32) (2,45) (12,88)

$$E_t = 1,360208 + 1,0102Y_{br} - 0,4719T_t + 0,0052t \quad (\text{total}) \quad (11)$$

(-12,64) (-10,90) (6,57) (-4,24)

Verifica-se que os valores encontrados dos coeficientes estão de acordo com a teoria econômica, ou seja, as variáveis que representam a renda e o preço de bens substitutos tem sinal positivo, enquanto que as variáveis representando o preço da energia elétrica e o preço de bens complementares aparecem com sinais negativos.

Por as variáveis usadas no modelo estarem todas em logaritmo, esses coeficientes representam as elasticidades de longo-prazo da demanda por energia elétrica em cada segmento e no global do estado de Pernambuco.

Em linha com os dados apresentados em outros trabalhos já citados em seção anterior (ver tabela 3), os resultados indicam que a demanda de energia elétrica para Pernambuco é inelástica aos preços. De modo geral, a elasticidade-preço, situou-se, em

módulo, no patamar entre 0 e 1, como na maioria dos trabalhos realizados sobre este tema, incluindo o de Modiano (1984), o de Schmidt e Lima (2002) e o de Irffi et al. (2009) que analisaram o caso brasileiro.

Em relação à renda, tem elasticidade próxima da unidade. Observa-se que os setores mais sensíveis a variações na renda são a indústria e o comércio, resultado similar ao encontrado em trabalhos anteriores. Chama a atenção a elasticidade renda da demanda total em Pernambuco, levemente inferior aos valores citados em pesquisas anteriores. Sua magnitude é plausível, pois o parque industrial da economia pernambucana, com grande participação da indústria de alimentos, tem característica menos pesada que a indústria do sul e sudeste do país, fato este que o torna menos eletrointensivo.

Considerando os trabalhos realizados para outros países, cujos resultados são mostrados no capítulo 6, verifica-se que os resultados aqui encontrados são também condizentes com os demais, confirmando a afirmação feita anteriormente de que é verificado empiricamente que as elasticidades-preço pertencem, em sua maioria ao intervalo $[0; 0,5]$, e as elasticidades-renda de curto prazo oscilam, também na sua maioria, próximos à unidade.

Na tabela 11, os resultados deste trabalho são incluídos na tabela 3, mostrada em seção anterior deste texto.

Tabela 11 - Resumo dos resultados de diversos trabalhos na área de demanda de energia elétrica (incluindo o presente trabalho)

Autores	Tipo	Elasticidade Preço		Elasticidade Renda	
		Curto prazo	Longo prazo	Curto prazo	Longo prazo
Saed (2004)	Demanda Total	-0,6	-1,1	0,6	1,2
Bentzen e Engsted (1993)		-0,1	-0,5	0,7	1,2
Hendrik Houthakker (1951)		-	-0,9	-	1,2
Westley (1984)		-0,6	-	0,4	-
Westley (1989)		-0,5	-	0,5	-
Modelo total (cointegração)		-	-0,47	-	1,01
Modiano (1984)	Demanda Residencial	-0,1	-0,4	0,3	1,1
Andrade (1997)		-0,1	-0,1	0,2	0,2
Siqueira et al (2006)		-0,3	-0,4	0,2	1,4
Mattos e Lima (2005)		-	-0,3	-	0,5
Schmidt e Lima (2002)		-	-0,1	-	0,5
Modelo Residencial (cointegração)		-	-0,17	-	0,98
Modiano (1984)	Demanda Industrial	-0,5	-0,2	0,5	1,4
Schmidt e Lima (2002)		-	-0,5	-	1,9
Siqueira et al (2006)		-0,4	-0,4	0,4	1,2
Irffi et al. (2009)		-0,4	-1,1	0,6	1,2
OECD, EUA, Canadá, Europa		-0,4	-0,9	-	-
OECD, Japão		-0,3	-	-	-
Modelo Industrial (cointegração)	-	-0,45	-	1,14	
Modiano (1984)	Demanda Comercial	-0,1	-0,2	0,4	1,1
Schmidt e Lima (2002)		-	-0,2	-	0,6
Siqueira et al (2006)		-0,2	-0,5	0,2	1,0
Modelo Comercial (cointegração)		-	-0,52	-	1,10

Elaboração do autor

8.5 O Mecanismo de Correção de Erros

Os procedimentos descritos até aqui foram úteis para determinar a relação de equilíbrio de longo prazo entre as variáveis. Engle e Granger (1987) demonstraram que, mesmo apresentando uma relação de equilíbrio de longo prazo entre as variáveis não estacionárias (em nível), é possível que ocorra desequilíbrio no curto prazo, ou seja, a dinâmica de curto prazo é influenciada pela magnitude do desvio em relação ao equilíbrio de longo prazo. O mecanismo que conduz as variáveis para o equilíbrio é conhecido como Mecanismo de Correção de Erro (MCE), e por meio do MCE, é possível determinar a velocidade com que os desequilíbrios são eliminados.

Sendo assim, foi estimado o MCE, valendo-se do modelo VAR utilizado para o teste de cointegração. A relação de longo prazo entre as variáveis, dada pelos vetores de cointegração e apresentadas nas equações 8 a 11, foi utilizada como variável explicativa

do termo de correção de erros. Os modelos VAR, que têm um MCE com vetor de cointegração, são também conhecidos na literatura como modelos VEC (Vector Error Correction).

Com o objetivo de realizar projeções para o consumo de energia elétrica, o modelo de correção de erros foi estimado para cada segmento, utilizando como variável explicativa a relação de longo prazo estimada nas equações 8 a 11.

Como colocado, de forma geral, a equação do MCE é semelhante à de um modelo de vetores autoregressivos, com a inclusão de um termo de correção dos desequilíbrios de curto prazo, como por exemplo o modelo estimado para o setor industrial, visto na equação (12).

$$\Delta Ei_t = \varphi_0 + \varphi_1 \Delta Ei_{t-1} + \varphi_2 \Delta Ti_{t-1} + \varphi_3 \Delta Yi_{t-1} + \varphi_4 \Delta PC_{t-1} + \varphi_5 Drac + \varphi_6 VC_{t-1} + e_t \quad (12)$$

onde ΔEi = série do consumo industrial em primeira defasagem

ΔTi = série da tarifa industrial de energia elétrica em primeira defasagem

ΔYi = série do PIB industrial pernambucano em primeira defasagem

ΔPC = série do preço de combustíveis em primeira defasagem

VC = termo de correção de erro de longo prazo

$Drac$ = dummy para o período de racionamento no ano de 2001

φ_i = parâmetros

e_t = termo de erros

No contexto dessa equação, a dinâmica de curto prazo é estimada por MQO, visto que a dinâmica de longo prazo é capturada pela introdução dos termos de correção de erro das equações 8 a 11.

Uma vez que o objetivo deste trabalho foi determinar as relações da demanda de energia elétrica com seus principais determinantes, à luz dos resultados da análise de cointegração, esta subseção desenvolve um MCE de uma única equação para as equações de demanda por energia elétrica, Ei , Ec , Er e Et .

As tabelas 12, 13, 14 e 15 a seguir mostram os resultados da estimação.

Tabela 12 - Estrutura do modelo VEC – industrial

Variável Dependente: ΔE_i

Variável explicativa	Coefficiente	Teste-t
$\Delta E_i(-1)$	0,385249 **	2,14211
$\Delta T_i(-1)$	0,319970 ***	3,67520
$\Delta Y_i(-1)$	-0,107420	-0,72924
$\Delta PC(-1)$	-0,106195	-1,29215
Drac	-0,042565 *	-1,94590
$VC(-1)$	-0,301745 ***	-2,76867
Testes de diagnóstico		
R2	0,359336	
R2 - ajustado	0,244932	
SQR	0,011576	
Teste F	3,140937	
LM (corelação serial)	17,75230	(0,3386)
White (heterocedasticidade)	206,2139	(0,5609)
Jarque-Bera (Normalidade)	7,91869	(0,4415)

Todas as variáveis foram logaritmizadas.

Nota: O valor entre parênteses se refere à defasagem da variável.

*** significativo a 1% de probabilidade,

** significativo a 5% de probabilidade

* significativo a 10% de probabilidade

Para os testes apresentados, o p-value encontra-se entre parênteses.

Tabela 13 - Estrutura do modelo VEC – comercial

Variável Dependente: ΔE_c

Variável explicativa	Coefficiente	Teste-t
$\Delta E_c(-1)$	0,082948	0,572
$\Delta P_e(-1)$	0,164394 *	1,719
$\Delta Y_s(-1)$	-0,000454	-0,042
$\Delta T_c(-1)$	0,028831	0,366
Drac	-0,074410 ***	-4,144
$VC(-1)$	-0,12700 ***	-5,254
Testes de diagnóstico		
R2	0,5131	
R2 - ajustado	0,4262	
SQR	0,0085	
Teste F	5,90175	
LM (corelação serial)	11,93886	(0,7482)
White (heterocedasticidade)	196,9568	(0,7315)
Jarque-Bera (Normalidade)	26,14884	(0,4423)

Todas as variáveis foram logaritmizadas.

Nota: O valor entre parênteses se refere à defasagem da variável.

*** significativo a 1% de probabilidade,

** significativo a 5% de probabilidade

* significativo a 10% de probabilidade

Para os testes apresentados, o p-value encontra-se entre parênteses.

Tabela 14 - Estrutura do modelo VEC – residencial

Variável Dependente: ΔE_r

Variável explicativa	Coefficiente	Teste-t
$\Delta E_r(-1)$	0,243176 **	2,4304
$\Delta T_r(-1)$	0,048633	0,9141
$\Delta Y(-1)$	0,011601	0,0899
$\Delta P_elet(-1)$	0,134659 ***	2,7888
Drac	-0,064342 ***	-5,7909
$VC(-1)$	-0,269108 ***	-7,2704

Testes de diagnóstico

R2	0,720262	
R2 - ajustado	0,670309	
SQR	0,005862	
Teste F	14,41874	
LM (correlação serial)	16,84341	(0,3958)
White (heterocedasticidade)	237,4627	(0,1996)
Jarque-Bera (Normalidade)	7,74824	(0,4584)

Todas as variáveis foram logaritmizadas.

Nota: O valor entre parênteses se refere à defasagem da variável.

*** significativo a 1% de probabilidade,

** significativo a 5% de probabilidade

* significativo a 10% de probabilidade

Para os testes apresentados, o p-value encontra-se entre parênteses.

Tabela 15 - Estrutura do modelo VEC – modelo total

Variável Dependente: ΔE_t

Variável explicativa	Coefficiente	Teste-t
$\Delta E_t(-1)$	0,362905 **	2,4141
$\Delta T_t(-1)$	0,185796 ***	2,9289
$\Delta Y_{br}(-1)$	0,281152	1,4670
Drac	-0,0506 ***	-4,8541
$VC(-1)$	-0,235789 *	-1,7438

Testes de diagnóstico

R2	0,633328	
R2 - ajustado	0,576035	
SQR	0,006120	
Teste F	11,05427	
LM (correlação serial)	6,44765	(0,36913)
White (heterocedasticidade)	80,6296	(0,8699)
Jarque-Bera (Normalidade)	6,00340	(0,4228)

Todas as variáveis foram logaritmizadas.

Nota: O valor entre parênteses se refere à defasagem da variável.

*** significativo a 1% de probabilidade,

** significativo a 5% de probabilidade

* significativo a 10% de probabilidade

Para os testes apresentados, o p-value encontra-se entre parênteses.

Os termos de correção de erro obtidos dos vetores de cointegração têm coeficiente significativo, indicando que, depois de um determinado choque, o sistema se ajusta para o equilíbrio de longo prazo.

Em particular, os valores estimados de $-0,3017$, $-0,12700$, $-0,26710$ e $-0,235789$ para os segmentos industrial, comercial, residencial e total, significam que cerca de 30,17%, 12,70%, 26,71%, e 23,58% do desequilíbrio de curto prazo em relação à trajetória de longo prazo de cada modelo são corrigidos anualmente, respectivamente.

Os modelos apresentaram bom poder de explicação, com R^2 ajustado de 0,67 e 0,57 para os modelos residencial e total, e moderadamente menores para as classes industrial e comercial, com 0,24 e 0,42, respectivamente.

Vale ressaltar aqui que foi incluída nos modelos a variável dummy “*drac*” para o período do racionamento de energia elétrica ocorrido no Brasil entre os anos de 2001 e 2002, o que levou a demanda a se retrair fortemente nesse período. A mesma teve valor *zero* para os períodos em que não houve o racionamento, e o valor *um* para o intervalo de tempo onde o mesmo ocorreu. Há de se convir que a inclusão dessa variável ocorreu muito mais pela preocupação em especificar corretamente o modelo, que pelo interesse de obter estimativa para o parâmetro dessa variável.

O teste de White foi aplicado no sentido de saber se existe heterocedasticidade nos resíduos gerados pelos modelos. O mesmo testa a hipótese nula de ausência de heterocedasticidade contra a existência de heterocedasticidade de alguma forma desconhecida no modelo. A hipótese nula não é rejeitada pelo teste em nenhum dos modelos, indicando ausência de problemas desta natureza no modelo proposto.

O teste de autocorrelação dos resíduos realizado foi o do multiplicador de Lagrange. Neste teste, a hipótese nula sugere que não há correlação serial nos resíduos. Na tabelas 12 a 15, evidencia-se o resultado do referido teste, onde o mesmo aponta que a hipótese nula não pode ser rejeitada, indicando que os modelos não apresentam o problema de autocorrelação serial nos resíduos.

Para verificar a normalidade dos resíduos dos modelos, foi usado o teste de Jarque-Bera, onde a hipótese nula, de que os resíduos são normalmente, independentes e identicamente distribuídos não é rejeitada pelo teste nos modelos apresentados.

No anexo 12.6 são mostrados os resultados dos testes de causalidade de Granger. A análise da causalidade, no sentido dado por Granger, entre séries temporais, ocorre para que sejam identificadas possíveis melhorias na previsão das variáveis com a incorporação de defasagens de outras variáveis no seu modelo de previsão. Assim, aquelas variáveis que sofrem mais impactos provocados pelas outras variáveis do modelo são ditas mais endógenas e aquelas menos susceptíveis a choques são ditas mais exógenas.

9. Projeções

Nesta seção apresenta-se um exercício de projeção para o consumo de energia elétrica em Pernambuco para um horizonte de 5 anos, ou seja, para o período 2010-2014, a partir dos modelos estimados na seção anterior. Assim tem-se como objetivo principal mostrar como a demanda deste serviço de utilidade pública pode evoluir nos anos vindouros.

Tais projeções foram feitas a partir de um cenário macroeconômico definido, que consiste em avaliar a evolução do consumo de energia elétrica em Pernambuco nos segmentos residencial, industrial, comercial e total, sob as seguintes premissas:

- i) As tarifas de energia elétrica nos segmentos analisados mantêm o valor real observado no ano de 2009;
- ii) Os preços dos bens substitutos e complementares usados nos modelos da seção anterior também mantêm o seu valor real observado no ano de 2009;
- iii) Para o PIB de Pernambuco no ano de 2010 foi utilizada a projeção central do Condepe/Fidem¹³ realizada no mês de dezembro de 2010, que apontou um crescimento real de 9,0% deste indicador, e para os 4 anos seguintes assumiu-se um crescimento real do PIB do Estado de 5% ao ano;

¹³ Tal dado teve como fonte o Relatório “Boletim de Conjuntura Econômica de Pernambuco – 3º trimestre/2010” divulgado trimestralmente pela agência estadual Condepe/Fidem;

- iv) Para o PIB Brasil no ano de 2010 foi utilizada a projeção divulgada pelo Relatório Focus¹⁴, do Bacen, que apontava 7,8% de crescimento real do PIB nacional, e para os 4 anos seguintes adotou-se um crescimento real do indicador nacional de 5% ao ano.

Com base nestas premissas, as projeções para as séries resultaram nos valores observados na tabela 16, que podem ser comparadas com os valores projetados pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL¹⁵ no início do ano de 2009, e da CELPE¹⁶ em sua última revisão das projeções de mercado no ano de 2010:

Tabela 16 - Projeção do consumo setorial de energia elétrica em PE (valores m GWh)

Ano modelo	Residencial			Industrial			Comercial			Total		
	VEC	ANEEL	CELPE	VEC	ANEEL	CELPE	VEC	ANEEL	CELPE	VEC	ANEEL	CELPE
2009	3.507	3.339	3.507	2.392	2.145	2.392	1.926	1.897	1.926	9.869	9.886	9.869
2010	3.906	3.506	3.798	2.462	2.212	2.664	2.124	1.981	2.025	10.333	10.321	10.695
2011	4.338	3.678	4.034	2.570	2.314	2.836	2.308	2.063	2.119	11.153	10.802	11.319
2012	4.739	3.858	4.289	2.706	2.409	2.947	2.496	2.146	2.239	12.039	11.292	11.921
2013	5.110	-	4.551	2.864	-	3.157	2.692	-	2.362	12.961	-	12.637
2014	5.437	-	4.822	3.031	-	3.299	2.899	-	2.489	13.907	-	13.302

Fonte: Resultados obtidos / ANEEL / CELPE

Elaboração do autor

Observa-se que, com exceção para setor industrial, os modelos VEC geraram projeções superiores às da Aneel e Celpe para o período em questão. Ressalta-se que não é intenção deste trabalho entrar em detalhes da metodologia utilizada nas projeções da Aneel e da CELPE, tendo este quadro um caráter meramente comparativo.

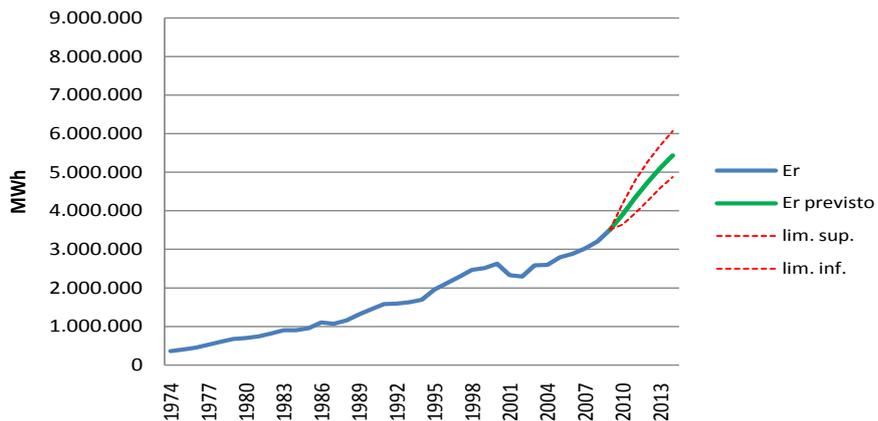
¹⁴ Relatório disponível no site www.bcb.gov.br, acessado em novembro de 2010.

¹⁵ As projeções da ANEEL foram feitas para o período 2009 a 2012, quando a companhia passou pelo processo de revisão tarifária, sendo estas disponibilizadas no site www.aneel.gov.br, no arquivo “*Simulador CELPE_2009 sem diferimento.xls*”, não estando disponíveis para os anos de 2013 e 2014.

¹⁶ As projeções da CELPE foram disponibilizadas no relatório *Simple de Mercado 2010-2020*, enviado à EPE em ago/10.

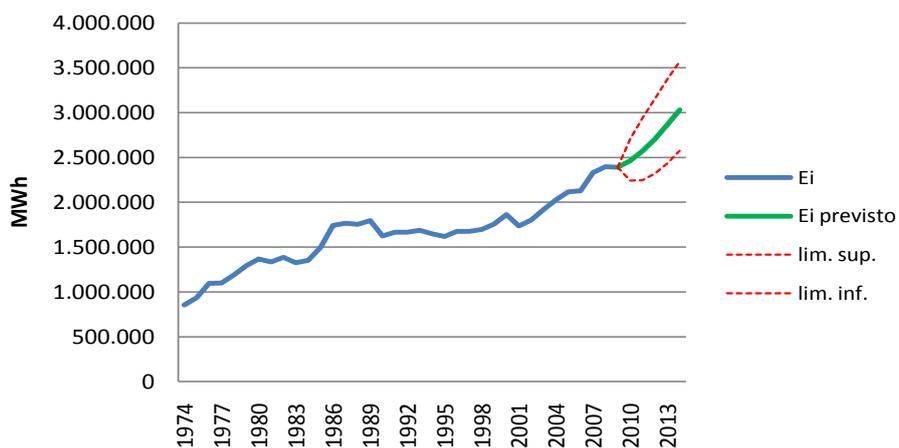
Nos gráficos 19, 20 21 e 22 a seguir, é mostrada a evolução do consumo de energia elétrica em Pernambuco nos setores analisados, observando a trajetória projetada pelos modelos.

Gráfico 19 - Projeção do consumo Residencial em PE 2010 a 2014



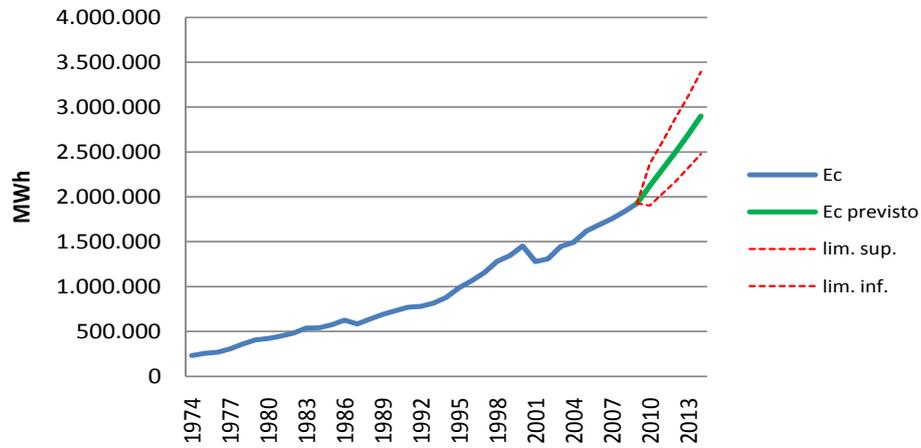
Elaboração do autor

Gráfico 20 - Projeção do consumo Industrial em PE 2010 a 2014



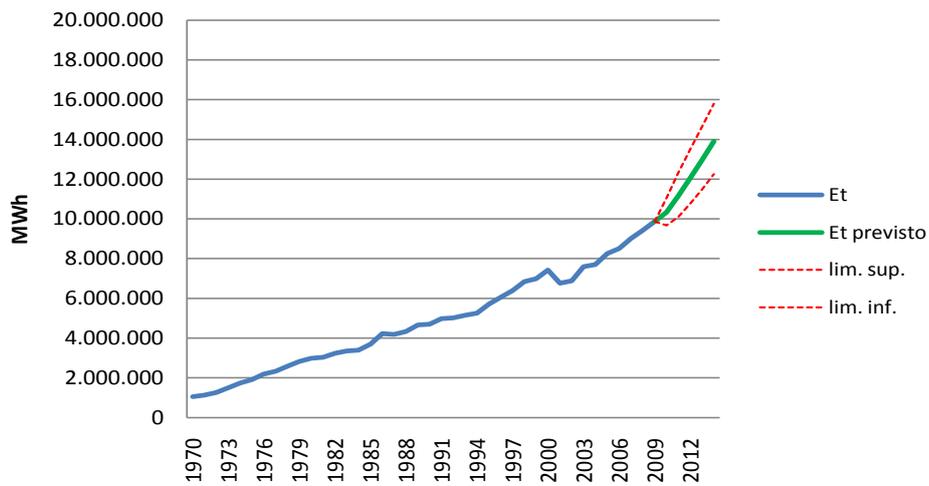
Elaboração do autor

Gráfico 21 - Projeção do consumo Comercial em PE 2010 a 2014



Elaboração do autor

Gráfico 22 - Projeção do consumo Total em PE 2010 a 2014



Elaboração do autor

A tabela 17 mostra as taxas anuais de crescimento do consumo de energia elétrica para o período em análise, referente às projeções apresentadas na tabela 16:

Tabela 17 - Crescimento percentual anual da demanda por segmento de consumo

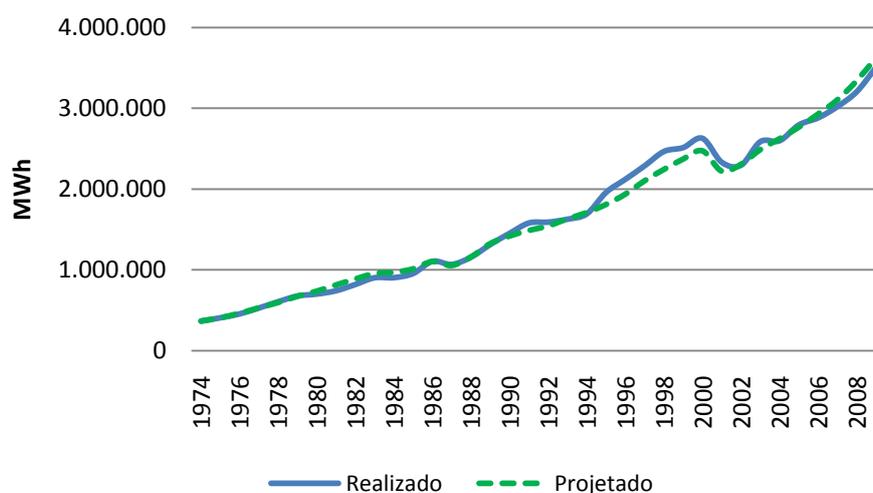
Ano	Residencial			Industrial			Comercial			Total		
	VEC	ANEEL	CELPE	VEC	ANEEL	CELPE	VEC	ANEEL	CELPE	VEC	ANEEL	CELPE
2010	11,4%	5,0%	8,3%	2,9%	3,2%	11,4%	10,2%	4,4%	5,1%	4,7%	4,4%	8,4%
2011	11,1%	4,9%	6,2%	4,4%	4,6%	6,5%	8,7%	4,1%	4,6%	7,9%	4,7%	5,8%
2012	9,2%	4,9%	6,3%	5,3%	4,1%	3,9%	8,1%	4,1%	5,6%	7,9%	4,5%	5,3%
2013	7,8%	-	6,1%	5,9%	-	7,1%	7,8%	-	5,5%	7,7%	-	6,0%
2014	6,4%	-	6,0%	5,8%	-	4,5%	7,7%	-	5,4%	7,3%	-	5,3%

Fonte: Resultados obtidos / ANEEL / CELPE
Elaboração do autor

Dadas as taxas projetadas pelos modelos aqui estimados, tem-se que os maiores crescimentos foram observados na classe residencial, seguida da comercial e industrial. As diferenças nas taxas de crescimento podem advir das premissas e cenários adotados em cada projeção e dos modelos utilizados nos trabalhos. Observa-se no entanto, uma forte tendência do crescimento desse mercado nas projeções das distintas instituições e do presente trabalho, o que reforça a necessidade de acompanhamento e planejamento de longo prazo do setor.

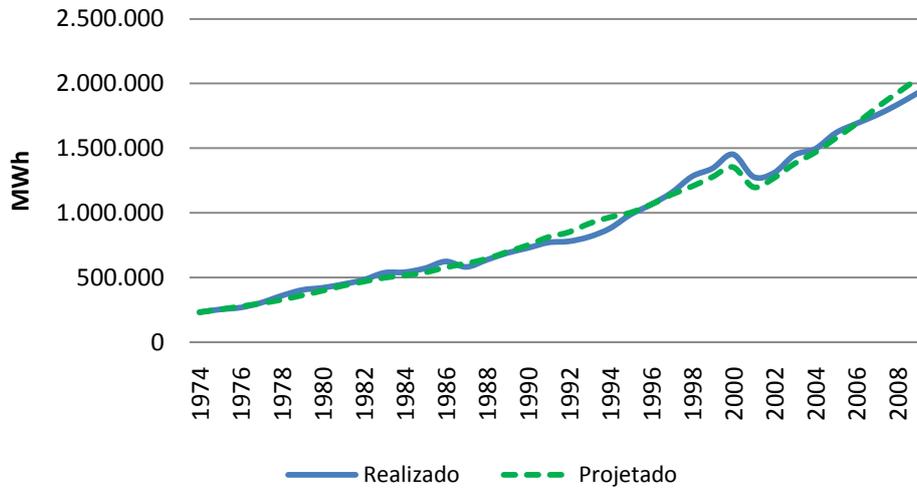
Com a intenção de se testar a aderência dos modelos estimados, foram também realizadas projeções para o período dentro da amostra. Nos gráficos 23 a 26 são mostradas estas projeções.

Gráfico 23- Projeção do consumo Residencial em PE 1974 a 2009



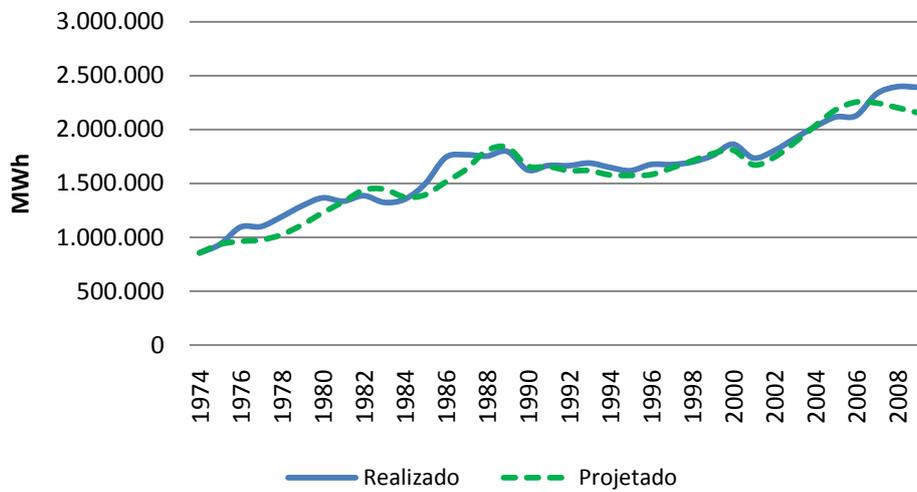
Elaboração do autor

Gráfico 24 - Projeção do consumo Comercial em PE 1974 a 2009



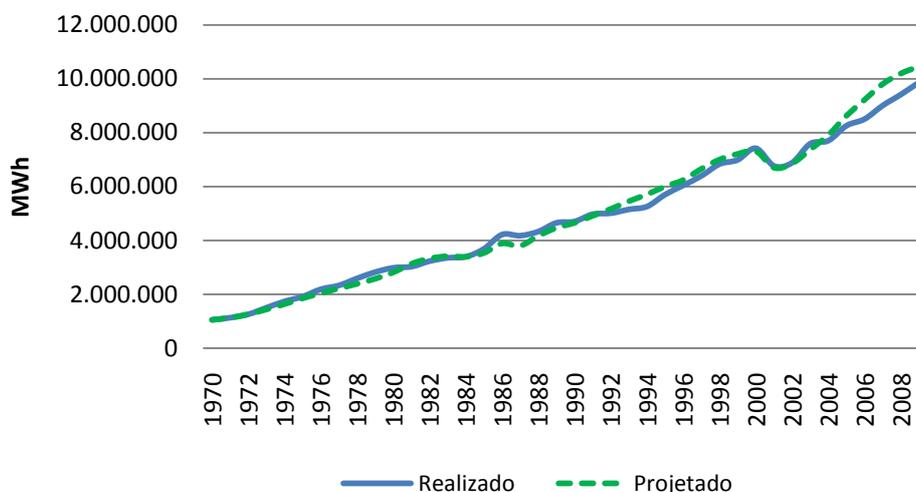
Elaboração do autor

Gráfico 25 - Projeção do consumo Industrial em PE 1974 a 2009



Elaboração do autor

Gráfico 26 - Projeção do consumo Total em PE 1970 a 2009



Elaboração do autor

Na tabela 18 são mostrados os desvios de projeção para o período dentro da amostra, ou seja, comparando a projeção dos modelos estimados com os valores efetivamente observados.

Tabela 18 - Desvios da projeção dentro da amostra

	Desvio Médio Percentual Absoluto (MAPE)	Desvio Médio Percentual
modelo Residencial	3,6%	-0,3%
modelo Comercial	4,4%	-0,7%
modelo Industrial	4,9%	-3,1%
modelo Total	4,2%	-0,1%

Elaboração do autor

Observa-se que o modelo que apresentou o menor desvio médio percentual absoluto foi o Residencial, na ordem dos 3,6% para o período analisado, seguido dos modelos para o consumo Total, Comercial e Industrial. Quando se observa o desvio médio percentual (sem considerar o valor absoluto dos desvios), a média dos desvios cai bastante, ficando abaixo de 1%.

Como a demanda industrial é a que possui, segundo os modelos aqui estimados, e também nos trabalhos apresentados na tabela 3, a maior elasticidade renda, verifica-se que este segmento é o mais afetado por choques na economia.

Se levarmos em consideração que nos últimos 40 anos, o Brasil passou por diversos choques de demanda, como por exemplo os advindos de aumento de preços internacionais, da crise da dívida externa, dos sucessivos planos econômicos heterodoxos para conter ondas inflacionárias e da crise financeira internacional entre 2008 e 2009, é de se esperar que o consumo industrial seja o mais instável, e conseqüentemente, mais difícil de se prever, justificando os desvios mais elevados dentre os modelos estimados.

10. Conclusões

O presente trabalho, de natureza empírica, procurou contribuir para estimações de algumas elasticidades, dentre elas, as elasticidades renda e preço da demanda por energia elétrica em Pernambuco, nos três principais segmentos existentes no Brasil: residencial, comercial e industrial.

De forma geral, os resultados mostraram-se bastante próximos ao encontrados por outros trabalhos realizados para estudo da demanda de eletricidade.

No segmento residencial, a elasticidade preço foi a menor dentre os quatro modelos estimados. O resultado estimado foi similar ao dos trabalhos que estudaram a demanda residencial por energia elétrica brasileira. Também a elasticidade renda mostrou-se como nos trabalhos de Schmidt e Lima (2002), Mattos e Lima (2005) e Andrade (1997) inferior à unidade. Esse resultado enfatiza que o comportamento da demanda desse segmento é menos sensível aos choques econômicos, e conseqüentemente configura-se num mercado mais estável. De certa forma, como evidenciado em MME (2010), a demanda residencial foi o segmento menos afetado no Brasil pela última crise econômica de âmbito mundial, ocorrida em 2009. Em Pernambuco, como evidenciado no gráfico 16, esse segmento representa a maior parcela do mercado de energia elétrica, o que leva a concluir que o mercado local seja relativamente estável.

O setor Industrial, como já citado anteriormente, foi o que apresentou a maior elasticidade renda, ou seja, é um segmento que demonstra ser mais sensível aos choques

na economia. Em relação a elasticidade preço, os resultados aqui encontrados não diferiram dos demais estudos realizados no Brasil e no exterior, sendo em sua maioria a demanda inelástica aos preços.

O mercado Comercial também apresentou, como nos demais trabalhos que estudaram o caso brasileiro, ter a demanda inelástica aos preços e elástica em relação a renda.

Já as estimativas dos parâmetros para a demanda agregada por energia elétrica em Pernambuco não diferiu dos resultados encontrados na literatura sobre o tema, em estudos para outras regiões, sendo a mesma inelástica aos preços e elástica à renda.

Esses resultados mostram que políticas governamentais que procuram elevar ou redistribuir de forma significativa a renda da população podem ter um forte impacto no mercado de energia elétrica. Essas políticas devem levar em consideração os reflexos no mercado de energia, de modo a não pressionar de forma exacerbada a demanda por eletricidade ao ponto de a oferta não acompanhar esse movimento, e conduzir o país a situações de escassez de oferta, como observado em anos recentes.

Episódios como os racionamentos de energia elétrica ocorridos no Brasil nos anos de 1987, e com maior impacto em 2001, demonstraram falhas pontuais na condução do planejamento de longo prazo e no formato no qual as políticas do setor foram traçadas em décadas anteriores.

Apesar do consenso de que a demanda de energia elétrica tenha comportamento fortemente inelástico em relação às tarifas, é conveniente estudar como o formato do mercado poderia ser concebido de modo a não exacerbar a inelasticidade dessa demanda. A situação de racionamento vivida pelo setor elétrico em 2001 e a crise financeira de 2008/2009 mostraram uma demanda agregada formada a partir de classes de consumo com elasticidades diferentes entre si, conforme evidenciado em MME (2010). Esta observação aponta para a direção de estudos quantitativos que contribuam para a estimação da elasticidade da demanda de energia elétrica.

Em relação às projeções apresentadas no capítulo 9, cabe aqui tecer alguns comentários. Assumidas as condições de um cenário pré-estabelecido, sendo o mesmo relativamente otimista (crescimento do PIB de 5% nos anos vindouros), os resultados

projetados pelo modelos estimados neste trabalho se deram em montante superior aos apresentados pela CELPE e pela ANEEL.

Vale salientar que, dependendo das premissas utilizadas por cada instituição para balizar as suas projeções, os resultados podem diferir significativamente. O que se tentou fazer neste trabalho foi apenas comparar os valores projetados, e não entrar no mérito ou discutir a metodologia utilizada em cada projeção.

A análise da demanda, principalmente a regionalizada, ganha ainda mais importância da forma como está concebido o modelo atual do setor elétrico brasileiro. Haja vista que as empresas que possuem concessões devem realizar projeções de demanda dentro de seu mercado, e com base nesses estudos realizar as compras de energia através dos leilões promovidos pelo governo. Esses custos são fatores importantes na determinação das tarifas de energia cobradas diretamente à sociedade, a serem estabelecidas pela agência reguladora do setor.

Ademais, as atividades de planejamento e projeção de mercado precisam ser realizadas com margens de erro pequenas, a fim de não prejudicar o desenvolvimento energético do país e da região, o equilíbrio econômico-financeiro das empresas do setor, nem impedir a modicidade tarifária para os consumidores.

Compreender o comportamento do consumidor é importante não somente para os agentes econômicos, na sua escolha de investir no setor elétrico, mas também para a elaboração de políticas públicas, planejamento de energia elétrica e para a regulação econômica do mercado de energia elétrica. As flutuações nos preços das tarifas públicas, sobretudo da eletricidade, provocam alterações nos orçamentos das empresas, influenciando, portanto, na quantidade demandada de energia elétrica. (Garcez e Ghirardi, 2003).

Destarte, ampliar o conhecimento sobre a demanda é fundamental para a estabilização do mercado de energia elétrica, sob pena da conjunção de previsões elevadas com indisponibilidade de oferta resultar em preços muito elevados.

O propósito desta pesquisa foi de, como objetivo macro, identificar fatores de influência sobre a demanda de energia elétrica em Pernambuco. E como objetivo micro, estimar os parâmetros da função de demanda por energia elétrica em Pernambuco nos

seus principais segmentos, que, de acordo com o modelo empregado, são as elasticidades preço e renda.

Isto porque se entende que o bom conhecimento do setor elétrico é indispensável não só para a otimização do planejamento energético do país, como também para auxiliar nas formulações de futuras regras de regulação para este setor.

11. Referências

AL-AZZAM, A.; HAWDON, D. Estimating the demand for energy in Jordan: a Stock-Watson dynamic OLS (DOLS) approach. United Kingdom: The University of Surrey, Department of Economics, 1999.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica - Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010.

ANGELO, L. C. Consumo de Energia e Crescimento Econômico em Pernambuco: Uma Análise de Causalidade de Granger, 2009, Dissertação de Mestrado.

AKMAL, M.; STERN, D. I. Residential energy demand in Australia: an application of dynamic OLS. Australia: Australian National University, 2001. (Working Papers in Ecological Economics, n. 0104).

ANDRADE, T. e Waldir LOBÃO. Elasticidade-renda e Preço da Demanda Residencial de energia Elétrica no Brasil, Texto para discussão nº 489, RJ, IPEA, 1997.

BANCO CENTRAL DO BRASIL, Relatório de Inflação 2004, Vetores Auto Regressivos, Brasília, v. 6 n. 2 jun 2004 P. 1 – 157.

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. São Paulo, 2004. Dissertação de Mestrado.

BENTZEN, J. and Tom ENGSTED. Short- and long-run elasticities in energy demand – a cointegration approach, Energy Economics, vol. 15 (1), 1993.

BRITO, M. E.; CORREA, M. L. A Vida Cotidiana no Brasil Nacional: A Energia Elétrica E a Sociedade Brasileira, 1930-1970 - Centro da Memória da Eletricidade no Brasil.

CABRAL, L. M. M.; BRANDI, P. Energia Elétrica No Brasil: 500 Anos - Centro da Memória da Eletricidade no Brasil.

Centro da Memória da Eletricidade no Brasil . A Vida Cotidiana No Brasil Moderno: A Energia Elétrica e a Sociedade Brasileira (1880-1930).

Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, Energia Elétrica No Brasil: Breve Histórico 1880-2001 - Electric Energy in Brazil Succinct History.

COELHO, A. B. A cultura do algodão e a questão da integração entre preços internos e externos. São Paulo, 2002. 136 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – FEA, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

COMPANHIA ENERGÉTICA de PERNAMBUCO; Boletim de Mercado Neoenergia 2009, Recife, 2010.

COMPANHIA ENERGÉTICA de PERNAMBUCO, Simples de Mercado 2010 – 2020, Recife, Agosto/2010

CONDEPE/FIDEM, Boletim de Conjuntura Econômica de Pernambuco, 4º trimestre de 2009

CONDEPE/FIDEM, Boletim de Conjuntura Econômica de Pernambuco, 3º trimestre de 2010

Consultoria Econômica e Planejamento – CEPLAN. Evolução Recente, Cenários e Projeções da Economia de Pernambuco – Ago/2008;

DIAS, R. F. Ciclo de Palestras: A Eletrobrás e a História do Setor de Energia Elétrica no Brasil - Centro da Memória da Eletricidade no Brasil.

DIEESE. As tarifas de energia elétrica no Brasil: sistemática de correção e evolução dos valores, nota técnica 58, dez/2007.

ELETROBRAS. Departamento de Estudos Energéticos e Mercado (DEM). Plano Decenal de Expansão 2003/2012. Disponível em: <http://www.eletrobras.gov.br>

ENDERS, W. Applied Econometric Time Series. New York: John Wiley, 1995.

ENDERS, W. Rats Handbook for Econometric Time Series, John Wiley & Sons Inc. 1996.

ENGLE, R. F. & GRANGER, C.W.J. “Cointegration and error-correction: representation, estimation, and testing”. *Econometrica*. V. 55, p. 251-276, Mar. 1987.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, Plano Nacional de Energia 2030. Brasília, 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE; Plano Decenal de Expansão de Energia 2010/2019, Brasília, 2010.

FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL, World Economic Outlook Database, Outubro/2010.

GARCEZ, Eduardo W. & GHIRARDI, André G. Elasticidades da demanda residencial de energia elétrica, Porto Seguro/BA, XXXI Encontro Nacional da ANPEC – 2003, 2003.

GRANGER, C. W. J., and NEWBOLD, P. (1974). *Spurious Regressions in Econometrics*. Journal of Econometrics, 26: p. 111-120

GUJARATI, D. Econometria Básica, 3ª ed., MAKRON Books, São Paulo, 2000.

HOLTEDAHL, P.; JOUTZ, F. L. Residential electricity demand in Taiwan. Energy Economics, v. 26, n. 2, p. 201-224, 2004.

HOUTHAKKER, H. S. Electricity tariffs in theory and practice. The Economic Journal, v. 61 (249), p. 1-25. 1951.

HENDRY, David F. Professor Sir Clive W.J. Granger and Cointegration. Economics Department, Oxford University, UK, Março 2010

HOOKER, R. H. (1901). Correlation of the marriage rate with trade. Journal of the Royal Statistical Society, 64, 485–492.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, Contas Regionais do Brasil 2003-2007. Brasília, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, Censo Demográfico. Brasília, 2010.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. World Energy Outlook , 2008.

IRFFI, G.; CASTELAR, I.; SIQUEIRA, M. L. ; LINHARES, F.C. Previsão da demanda por energia elétrica para classes de consumo na região Nordeste, usando OLS dinâmico e mudança de regime. Econ. aplic., São Paulo, v. 13, n. 1, p. 69-98, JANEIRO-MARÇO 2009.

YULE, G. U. (1926). Why do we sometimes get nonsense-correlations between time-series? A study in sampling and the nature of time series (with discussion). Journal of the Royal Statistical Society, 89, 1–64.

JEVONS, W. S. (1884). Investigations in Currency and Finance. London: Macmillan.

JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegrating vectors. Journal of Economic Dynamics and Control, v.12, p. 231-254, 1988.

JOHANSEN, S. Estimating and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models. *Econometrica*, v.59, n.6, p.1.551-1.580, 1991.

JOHANSEN, S., JUSELIUS, K. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration, with application to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, v.52, p.169-210, 1990.

JOHNSTON, J.; DINARDO, J. (2001) – “Métodos Econométricos” 4ª ed., Amadora, Portugal McGRAW-HILL.

KLEIN, J. L. (1997). *Statistical Visions in Time*. Cambridge: Cambridge University Press.

KWIATKOWSKI, D., P.C.B. PHILLIPS, P. SCHMIDT AND Y. SHIN (1992). “Testing the Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root,” *Journal of Econometrics*, 54, 159-178

MAIA, S. F.; SILVA, E. K. da. Metas inflacionárias: um estudo empírico para o Brasil. In: X Encontro Regional de Economia, 2005, Fortaleza. Anais do X Encontro Regional de Economia, 2005.

MATTOS, L. B.; João Eustáquio de LIMA, J. E.; Demanda residencial de energia elétrica em Minas Gerais: 1970-2002. *Nova Economia Belo Horizonte*, 15 (3), 31-52 setembro-dezembro de 2005.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Proposta de Modelo Institucional do Setor elétrico. jul. 2003a. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Modelo Institucional do Setor Elétrico. Brasília, dez. 2003b, Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional 2010. Brasília, 2010.

MODIANO, E. M. Elasticidade renda e preços da demanda de energia elétrica no Brasil. Rio de Janeiro: Dept. de Economia da PUC, maio 1984 (Texto para Discussão, 68).

NARAYAN, P. K.; SMYTH, R. The residential demand for electricity in Australia: na application of the bounds testing approach to cointegration. *Energy Policy*, p. 1-8, 2003.

NELSON C, PLOSSER C. 1982. Trends and Random Walks in Macroeconomic Time Series: Some Evidence and Implications. *Journal of Monetary Economics* 10: 139-162.

OECD ; Prosser, R. D. (1985). Demand Elasticities in the OECD: Dynamical Aspects. *Energy Economics*, 7(1), pp. 9-12.

PIRES, J. C. L.; GOSTKORZEWICZ, J.; GIAMBIAGI, F. O cenário macroeconômico e as condições de oferta de energia elétrica no Brasil. Rio de Janeiro: BNDES, mar. 2001. (Texto para Discussão, n. 85).

PERRON P. 1989. The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis. *Econometrica* 57: 1361-1401.

PERRON P, VOGELSANG TJ. 1992. Nonstationary and Level Shifts with an Application to Purchasing Power Parity. *Journal of Business and Economic Statistics* 10: 301-320.

PERRON P. 1997. Further Evidence on Breaking Trend Functions in Macroeconomic Variables. *Journal of Econometrics* 80: 355-385.

SAED, A. A. J. Estimation of total energy consumption in Jordan 1980-1999: Evidence from cointegration and stock. *Journal of Economic & Administrative Sciences*, v. 20, n. 1, p. 71-82, 2004.

SCHMIDT, Cristiane A. J. & LIMA, Marcos André. Estimacões e previsões da demanda por energia elétrica no Brasil, Texto para discussão n° 16. SEAE – Ministério da Fazenda, 2002.

SILK, J. I.; JOUTZ, F. L. Short and long-run elasticity's in US residential electricity demand: a cointegration approach. *Energy Economics*, v. 19, n. 4, 1997.

SIQUEIRA, M. L., CORDEIRO JR., H. H.; CASTELAR, I. A demanda por energia elétrica no Nordeste brasileiro após o racionamento de 2001-2002: previsões de longo prazo. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 36, n. 1, p. 137-178, 2006.

VERBEEK, M. A guide to modern econometrics. Nova York: John Wiley & Sons, Ltd, 2000. 386 p.

WESTLEY, G. D. Electricity demand in a developing country, *Review of Economics and statistics*, vol. 66 (3), 1984.

WESTLEY, G. D. Commercial electricity demand in a central american economy, *Applied Economics*, vol 21, 1, 1989

ZIVOT, E.; ANDREWS DW. 1992. Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypotheses. *Journal of Business and Economic Statistics* 10: 251-270.

<http://www.portodigital.org>, acesso em novembro/2010

<http://www.santacruzdocapibaribe.pe.gov.br/historiacidade.asp>, acesso 21/01/2011

<http://www.toritama-jeans.com/cidade-toritama-pe>, acesso 21/01/2011

<http://www.hospitalalbertsabin.com.br/memoriadopolo.html>, acesso 21/01/2011

12. Anexos

12.1 Testes ADF de raiz unitária

Os testes de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) consistem na estimação das seguintes equações por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO):

Dada uma variável qualquer X , tem-se:

$$\Delta X_t = \gamma X_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \delta_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (13)$$

$$\Delta X_t = \alpha + \gamma X_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \delta_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (14)$$

$$\Delta X_t = \alpha + \beta t + \gamma X_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \delta_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (15)$$

Nas equações (13), (14) e (15) estimadas, as hipóteses nula e alternativa a serem testadas são, respectivamente: $H_0: \gamma = 0$ e $H_1: \gamma < 0$. Se o valor da estatística ADF for menor que o valor crítico, não se rejeita a hipótese de que a série temporal seja não-estacionária.

Para determinar o número de defasagens a serem incluídas nos modelos (13), (14) e (15) foram adotados os critérios de Akaike (AIC) e Schwartz (SC), sugeridos por Enders (1995), e também por serem os mais utilizados em trabalhos empíricos. O procedimento consiste em estimar regressões de modelos autoregressivos de diferentes ordens. Aquela que apresentar o menor valor para os critérios AIC e SC, representa o modelo mais apropriado.

O Critério Akaike (AIC) é calculado como:

$$AIC = \ln \sigma^2 + \left(\frac{2}{T}\right) (\text{número de parâmetros}) \quad (16)$$

Similarmente, para o critério Schwartz (BIC) temos:

$$SC = \ln \sigma^2 + \left(\frac{\ln T}{T}\right) (\text{número de parâmetros}) \quad (17)$$

onde σ^2 é a soma dos quadrados dos resíduos estimados do processo auto-regressivo da ordem p e T é o número de observações.

Os resultados obtidos são apresentados nas Tabelas 19, 20, 21 e 22.

Tabela 19 - Teste de raiz unitária ADF- Classe Industrial

Váriáveis		1ª Diferença		Valores Críticos		Nível	Valores Críticos	
		t(μ)		1%	5%		t(μ)	1%
Ti	Constante	-8,79		-3,64	-2,95	-2,78	-3,63	-2,95
Ti	Constante e tendência	-8,81		-4,25	-3,54	-1,89	-4,24	-3,54
Yi	Constante	-3,01		-3,64	-2,95	-3,30	-3,63	-2,95
Yi	Constante e tendência	-4,12		-4,25	-3,54	-3,35	-4,24	-3,54
PC	Constante	-4,09		-3,64	-2,95	-1,66	-3,63	-2,95
PC	Constante e tendência	-4,04		-4,25	-3,54	-1,16	-4,24	-3,54
Ei	Constante	-4,99		-3,64	-2,95	-2,42	-3,63	-2,95
Ei	Constante e tendência	-5,03		-4,25	-3,54	-1,70	-4,24	-3,54

Fonte: Resultados da pesquisa

Utilizou-se o critério de informação de Akaike para a escolha de defasagem para cada variável testada.

Os valores críticos foram obtidos em MacKinnon (1996)

Elaboração própria a partir da saída do Eviews 5.0

Tabela 20 - Teste de raiz unitária ADF- Classe Comercial

Váriáveis		1ª Diferença		Valores Críticos		Nível	Valores Críticos	
		t(μ)		1%	5%		t(μ)	1%
Tc	Constante	-6,07		-3,64	-2,95	-1,53	-3,63	-2,95
Tc	Constante e tendência	-5,74		-4,28	-3,56	-2,7	-4,24	-3,54
Ys	Constante	-6,96		-3,64	-2,95	-2,03	-3,63	-2,95
Ys	Constante e tendência	-7,22		-4,25	-3,54	-2,77	-4,24	-3,54
Pe	Constante	-5,74		-3,64	-2,95	-0,09	-3,63	-2,95
Pe	Constante e tendência	-5,67		-4,25	-3,54	-1,58	-4,24	-3,54
Ec	Constante	-5,44		-3,62	-2,95	-2,13	-3,63	-2,95
Ec	Constante e tendência	-5,84		-4,24	-3,54	-2,26	-4,24	-3,54

Fonte: Resultados da pesquisa

Utilizou-se o critério de informação de Akaike para a escolha de defasagem para cada variável testada.

Os valores críticos foram obtidos em MacKinnon (1996)

Elaboração própria a partir da saída do Eviews 5.0

Tabela 21 - Teste de raiz unitária ADF- Classe Residencial

Váriáveis		1ª Diferença		Valores Críticos		Nível	Valores Críticos	
		t(μ)		1%	5%		t(μ)	1%
Tr	Constante	-6,40		-3,64	-2,95	-2,36	-3,63	-2,95
Tr	Constante e tendência	-6,67		-4,25	-3,54	-2,05	-4,24	-3,54
Y	Constante	-7,01		-3,64	-2,95	-1,74	-3,63	-2,95
Y	Constante e tendência	-7,11		-4,25	-3,54	-2,56	-4,24	-3,54
P_Elet	Constante	-5,75		-3,64	-2,95	0,22	-3,63	-2,95
P_Elet	Constante e tendência	-5,72		-4,25	-3,54	-1,86	-4,24	-3,54
Er	Constante	-4,89		-3,63	-2,95	2,56	-3,63	-2,95
Er	Constante e tendência	-5,40		-4,25	-3,54	1,84	-4,24	-3,54

Fonte: Resultados da pesquisa

Utilizou-se o critério de informação de Akaike para a escolha de defasagem para cada variável testada.

Os valores críticos foram obtidos em MacKinnon (1996)

Elaboração própria a partir da saída do Eviews 5.0

Tabela 22 - Teste de raiz unitária ADF- Consumo Total

Váriáveis		1ª Diferença			Valores Críticos		
		t(μ)	1%	5%	Nível	Valores Críticos	
					t(μ)	1%	5%
Tt	Constante	-7,30	-3,61	-2,94	-1,84	-3,61	-2,93
Tt	Constante e tendência	-5,47	-4,25	-3,54	-2,06	-4,21	-3,52
Ybr	Constante	-4,63	-3,64	-2,95	-1,93	-3,61	-2,93
Ybr	Constante e tendência	-4,66	-4,24	-3,54	-3,10	-4,22	-3,53
Et	Constante	-4,48	-3,61	-2,94	-4,08	-3,61	-2,93
Et	Constante e tendência	-5,53	-4,22	-3,53	-3,06	-4,21	-3,53

Fonte: Resultados da pesquisa

Utilizou-se o critério de informação de Akaike para a escolha de defasagem para cada variável testada.

Os valores críticos foram obtidos em MacKinnon (1996)

Elaboração própria a partir da saída do Eviews 5.0

12.2 Teste de estacionariedade de KPSS

Como citado na seção 8.1, as tabelas 23 a 26 abaixo mostram os resultados do teste de estacionariedade desenvolvido por Kwiatkowski, Phillips, Schmidt and Shin (1992).

Tendo em vista a crescente controvérsia em torno dos teste de raiz unitária, uma diferente série de testes tem sido propostos. Dentre esses testes, se destaca o KPSS, desenvolvido por Kwiatkowski, Phillips, Schmidt a Shin (1992), que foi aplicado neste estudo em conjunto ao ADF. Ao contrario do ADF, o teste KPSS, considera como hipótese nula que a série é estacionária, ou estacionária em torno de uma tendência determinística, contra a hipótese alternativa que um caminho aleatório está presente. Para aplicação do teste KPSS, as séries são expressas como a soma de uma tendência determinística, um caminho aleatório e um erro estacionário tal como:

$$y_t = \beta t + r_t + e_t \quad \text{onde:} \quad (18)$$

$$r_t = r_{t-1} + \mu_t; \quad \mu_t \sim NID(0, \sigma_u^2); \quad \text{e } y_t \text{ uma variável qualquer;} \quad (19)$$

Conforme Kwiatkowski et al (1992), o teste KPSS testa a hipótese que r_t tem variância zero, ou seja, $\sigma_u^2 = 0$. Se $\sigma_u^2 = 0$, o caminho aleatório da equação acima (22), r_t , torna-se constante, e assim, a série $\{y_t\}$ pode ser tomada como estacionária com tendência. A distribuição assintótica da estatística é derivada sob a hipótese nula e alternativa e o teste está baseado na estatística LM dada por:

$$LM = \left(\frac{1}{T^2} \right) \left(\frac{\sum_{t=1}^T S_t^2}{\sigma_k^2} \right) \quad \text{onde } S_t = \sum_{i=1}^t v_i, \quad t = 1, \dots, T \quad (20)$$

Sendo v_t o termo residual da regressão da série y_t com intercepto, e σ_k^2 é a estimativa consistente da variância de longo prazo de y_t e T representa o tamanho da amostra. Kwiatkowski et al (1992) caracterizaram a distribuição de LM e forneceram os valores críticos da mesma. Se os valores calculados de LM forem muito grandes, a hipótese nula (estacionariedade) é rejeitada pelo teste KPSS.

Muitos estudos têm utilizado testes que consideram inexistência de raiz unitária como hipótese nula como um complemento aos chamados testes de raiz unitária. Contudo, testando a hipótese de raiz unitária e a hipótese de estacionariedade, podem-se distinguir séries que parecem ser estacionárias, séries que parecem ter uma raiz unitária, e séries para as quais os dados ou testes, não possuem informações suficientes para garantir que essas são estacionárias ou integradas.

Tabela 23 – Teste KPSS de estacionariedade – modelo industrial

Teste de raiz unitária KPSS - Classe Industrial

Hipótese nula: série é estacionária

Variável	modelo	Séries em 1ª diferença			Séries em nível				
		Estatística de teste	Valores críticos (*)			Estatística de teste	Valores críticos		
			1%	5%	10%		1%	5%	10%
Yi	Constante	0.302484	0.739000	0.463000	0.347000	0.726158	0.739000	0.463000	0.347000
Yi	Constante e tendência	0.210810	0.216000	0.146000	0.119000	0.107177	0.216000	0.146000	0.119000
Pc	Constante	0.144411	0.739000	0.463000	0.347000	0.129385	0.739000	0.463000	0.347000
Pc	Constante e tendência	0.146006	0.216000	0.146000	0.119000	0.127455	0.216000	0.146000	0.119000
Ti	Constante	0.205226	0.739000	0.463000	0.347000	0.362897	0.739000	0.463000	0.347000
Ti	Constante e tendência	0.108415	0.216000	0.146000	0.119000	0.153323	0.216000	0.146000	0.119000
Ei	Constante	0.375916	0.739000	0.463000	0.347000	0.763379	0.739000	0.463000	0.347000
Ei	Constante e tendência	0.173460	0.216000	0.146000	0.119000	0.132781	0.216000	0.146000	0.119000

Fonte: resultados da Pesquisa

*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)

Elaboração própria a partir da saída do Eviews 5.0

Tabela 24 - Teste KPSS de estacionariedade – modelo comercial

Teste de raiz unitária KPSS - Classe Comercial

Hipótese nula: série é estacionária

Variável	modelo	Séries em 1ª diferença				Séries em nível			
		Estatística de teste	Valores críticos (*)			Estatística de teste	Valores críticos		
			1%	5%	10%		1%	5%	10%
Ys	Constante	0.081529	0.739000	0.463000	0.347000	0.716029	0.739000	0.463000	0.347000
Ys	Constante e tendência	0.067005	0.216000	0.146000	0.119000	0.072093	0.216000	0.146000	0.119000
Pe	Constante	0.135390	0.739000	0.463000	0.347000	0.672100	0.739000	0.463000	0.347000
Pe	Constante e tendência	0.121530	0.216000	0.146000	0.119000	0.115785	0.216000	0.146000	0.119000
Tc	Constante	0.500000	0.739000	0.463000	0.347000	0.670804	0.739000	0.463000	0.347000
Tc	Constante e tendência	0.500000	0.216000	0.146000	0.119000	0.186005	0.216000	0.146000	0.119000
Ec	Constante	0.326600	0.739000	0.463000	0.347000	0.715813	0.739000	0.463000	0.347000
Ec	Constante e tendência	0.061644	0.216000	0.146000	0.119000	0.139137	0.216000	0.146000	0.119000

Fonte: resultados da Pesquisa

*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)

Elaboração própria a partir da saída do Eviews 5.0

Tabela 25 - Teste KPSS de estacionariedade – modelo residencial

Teste de raiz unitária KPSS - Classe Residencial

Hipótese nula: série é estacionária

Variável	modelo	Séries em 1ª diferença				Séries em nível			
		Estatística de teste	Valores críticos (*)			Estatística de teste	Valores críticos		
			1%	5%	10%		1%	5%	10%
Y	Constante	0.346420	0.739000	0.463000	0.347000	0.698795	0.739000	0.463000	0.347000
Y	Constante e tendência	0.169349	0.216000	0.146000	0.119000	0.161674	0.216000	0.146000	0.119000
P_Elet	Constante	0.160620	0.739000	0.463000	0.347000	0.694056	0.739000	0.463000	0.347000
P_Elet	Constante e tendência	0.117456	0.216000	0.146000	0.119000	0.121594	0.216000	0.146000	0.119000
Tr	Constante	0.251109	0.739000	0.463000	0.347000	0.438070	0.739000	0.463000	0.347000
Tr	Constante e tendência	0.136650	0.216000	0.146000	0.119000	0.187754	0.216000	0.146000	0.119000
Er	Constante	0.428217	0.739000	0.463000	0.347000	0.709593	0.739000	0.463000	0.347000
Er	Constante e tendência	0.057746	0.216000	0.146000	0.119000	0.196193	0.216000	0.146000	0.119000

Fonte: resultados da Pesquisa

*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)

Elaboração própria a partir da saída do Eviews 5.0

Tabela 26 - Teste KPSS de estacionariedade – modelo total

Teste de raiz unitária KPSS - Consumo total

Hipótese nula: série é estacionária

Variável	modelo	Séries em 1ª diferença				Séries em nível			
		Estatística de teste	Valores críticos (*)			Estatística de teste	Valores críticos		
			1%	5%	10%		1%	5%	10%
Ybr	Constante	0.438233	0.739000	0.463000	0.347000	0.768743	0.739000	0.463000	0.347000
Ybr	Constante e tendência	0.176666	0.216000	0.146000	0.119000	0.169769	0.216000	0.146000	0.119000
Tt	Constante	0.206325	0.739000	0.463000	0.347000	0.548173	0.739000	0.463000	0.347000
Tt	Constante e tendência	0.228583	0.216000	0.146000	0.119000	0.183386	0.216000	0.146000	0.119000
Et	Constante	0.504831	0.739000	0.463000	0.347000	0.766627	0.739000	0.463000	0.347000
Et	Constante e tendência	0.137206	0.216000	0.146000	0.119000	0.182807	0.216000	0.146000	0.119000

Fonte: resultados da Pesquisa

*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)

Elaboração própria a partir da saída do Eviews 5.0

12.3 Teste de raiz unitária de Perron com presença de quebra estrutural

Adicionalmente, aplicou-se o teste de Perron com a finalidade de ratificar a presença de raiz unitária, bem como de identificar a presença de quebras estruturais nas séries de consumo de energia elétrica, já que ao longo do período analisado ocorreram racionamentos de energia elétrica no Brasil, em Pernambuco, e choques econômicos.

Quebras estruturais podem criar dificuldades em determinar se um processo é estacionário ou não. Perron (1989) mostrou que muitas séries que parecem ser não-estacionárias, são de fato estacionárias, devido à presença de quebra estrutural. Perron (1989) reexaminou os dados de Nelson e Plosser (1982) e concluiu que 11 das mais importantes variáveis macroeconômicas norte-americanas eram estacionárias, quando quebras estruturais exógenas eram consideradas nos testes.

O referido trabalho recebeu várias críticas à época, visto que os modelos desenvolvidos não poderiam ser aplicados quando não se conhecia o período da quebra estrutural. Entretanto, tornou-se base para os estudos subsequentes sobre estacionariedade das séries com quebra estrutural. Alguns desses estudos foram os de Zivot and Andrews (1992), Perron and Vogelsang (1992), e Perron (1997), entre outros, que desenvolveram testes de estacionariedade com período de quebra desconhecido. Vamos nos ater no teste aplicado às séries desta pesquisa, que foi o de Perron (1997):

Perron (1997) incluiu a tendência t e o período da quebra estrutural DT_b , nos seus modelos de alterações na intersecção (IO1), na intersecção e na inclinação (IO2), e de alterações apenas na inclinação sem descontinuidade na tendência das séries (AO), sendo eles mostrados nas equações (21), (22) e (23).

Dada uma variável qualquer Y , tem-se:

- *Innovational Outlier Model (IO1)*

$$y_t = \mu + \theta DU_t + \beta t + \delta D(T_b)_t + \alpha y_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + e_t \quad (21)$$

- *Innovational Outlier Model (IO2)*

$$y_t = \mu + \theta DU_t + \beta t + \gamma DT_t + \delta D(T_b)_t + \alpha y_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + e_t \quad (22)$$

- Additive Outlier Model (AO):

$$y_t = \mu + \beta t_t + \delta DT_t + \tilde{y}_t \quad (23)$$

$$\text{Onde } \tilde{y}_t = \alpha \tilde{y}_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta \tilde{y}_{t-i} + e_t \quad (24)$$

Onde:

t = tendência no tempo
 $D(T_b)$ = período da quebra estrutural
 DU_t = intercepto
 DT_t = inclinação
 $\mu, \theta, \beta, \delta, \alpha$ = parâmetros
 e_t = resíduos do modelos

Nas tabelas de 27 a 29 são mostrados os resultados das estimativas do teste de Perron, conforme especificado anteriormente.

Tabela 27 - Perron (1997) – Modelo IO1

Variáveis	Tb	k	t	D(Tb)	DU	T $\alpha=1$	Resultado
Et	1999	11	*			-5,74964 *	Estacionária
Ec	2003	12				-5,52055	Não estacionária
Ei	1999	11				-5,19333	Não estacionária
Er	2003	0				-3,14159	Não estacionária

* Significante a 5%

** Significante a 1%

Elaboração própria a partir da saída do RATS 7.2

Tabela 28 - Perron (1997) – Modelo IO2

Variáveis	Tb	k	t	D(Tb)	DU	DT	T $\alpha=1$	Resultado
Et	1999	12	**				7,09896 **	Estacionária
Ec	1991	12					-5,36394	Não estacionária
Ei	2006	11					-3,84089	Não estacionária
Er	2003	12	**		*	*	-6,81986 **	Estacionária

* Significante a 5%

** Significante a 1%

Elaboração própria a partir da saída do RATS 7.2

Tabela 29 - Perron (1997) – Modelo AO

Variáveis	Tb	k	t	DT	T $\alpha=1$	Resultado
Et	1982	3	**	**	-4,16596	Não estacionária
Ec	1989	9	**		-3,54571	Não estacionária
Ei	1992	11	**		-3,53927	Não estacionária
Er	1993	9			-4,36215	Não estacionária

* Significante a 5%

** Significante a 1%

Elaboração própria a partir da saída do RATS 7.2

Os resultados dos testes de Perron, nas tabelas 27 a 29 não permitem contrariar os resultados dos testes de Dickey-Fuller aumentado mostrados anteriormente nas tabelas 19 a 22. No modelo IO1 o teste indicou que apenas a série do consumo total é estacionária, mas como só o coeficiente estimado para a quebra de tendência foi significativo, não se pode inferir sobre a presença de raiz unitária na série. No modelo IO2, a situação foi similar para as séries do consumo total e residencial. Na primeira foi apontada quebra na tendência, mas os demais coeficientes não foram significantes. Na segunda, o coeficiente do período de quebra estrutural não é estatisticamente significativo. Dessa forma não se pode concluir sobre a presença de raiz unitária nas séries. No modelo AO, todos os testes apontaram para a não-estacionariedade das séries, apesar de só o modelo para o consumo total apresentar todos os coeficientes significantes.

Ademais, estes testes trouxeram informações adicionais, indicando que em alguns casos há existência de quebra estrutural nas séries contempladas, muito provavelmente em função dos racionamentos de energia elétrica ocorridos no período analisado, a saber nos anos de 1987, e entre 2001 e 2002, e também em função dos planos econômicos heterodoxos que ocorreram no Brasil entre as décadas de 80 e 90 do século passado, causando em algumas situações explosões de consumo, face a uma demanda nacional reprimida. Mas os testes indicaram que apesar de existir quebra, em todas elas não se pode rejeitar a hipótese de presença de raiz unitária nas séries.

12.4 Definição do número de defasagens do modelo VAR

Tabela 30 - Estrutura de Defasagens do modelo VAR (p) industrial

Lag	AIC	SC	HQ
0	-11,27502	-11,09363	-11,21399
1	-15,82613	-14,91916*	-15,52097*
2	-15,835520	-14,20296	-15,28621
3	-16,09799*	-13,73986	-15,30455

* indica a defasagem selecionada pelo critério

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Elaboração própria a partir da saída do Eviews 5.0

Tabela 31 - Estrutura de Defasagens do modelo VAR (p) comercial

Lag	AIC	SC	HQ
0	-9,34064	-9,15924	-9,27961
1	-16,62743*	-15,72046*	-16,32226*
2	-16,40073	-14,76818	-15,85143
3	-16,22747	-13,86933	-15,43403

* indica a defasagem selecionada pelo critério

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Elaboração própria a partir da saída do Eviews 5.0

Tabela 32 - Estrutura de Defasagens do modelo VAR (p) residencial

Lag	AIC	SC	HQ
0	-8,99323	-8,81183	-8,93219
1	-15,91024	-15,00326*	-15,60507*
2	-15,97598*	-14,34342	-15,42667000
3	-15,86315	-13,50502	-15,06971

* indica a defasagem selecionada pelo critério

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Elaboração própria a partir da saída do Eviews 5.0

Tabela 33 - Estrutura de Defasagens do modelo VAR (p) total

Lag	AIC	SC	HQ
0	-8,8331	-8,7025	-8,7871
1	-14,7186	-14,19615*	-14,5344
2	-14,88349*	-13,9692	-14,56115*
3	-14,7624	-13,4563	-14,3020

* indica a defasagem selecionada pelo critério

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Elaboração própria a partir da saída do Eviews 5.0

12.5 Testes de cointegração

Tabela 34 - Teste de cointegração: teste do traço - modelo industrial

Hipótese				
Número de vetores cointegrantes	Autovalor	Estatística do traço	Valor Crítico a 5%	Prob.**
Nenhum *	0,4962	55,1848	54,0790	0,0397
No máximo 1	0,4117	31,8746	35,1928	0,1092
No máximo 2	0,2628	13,8350	20,2618	0,3009
No máximo 3	0,0970	3,4688	9,1645	0,4970

* denota rejeição da hipótese ao nível de significância de 5%

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Elaboração própria a partir da saída do Eviews 5.0

Tabela 35 - Teste de cointegração: teste do traço - modelo comercial

Hipótese				
Número de vetores cointegrantes	Autovalor	Estatística do traço	Valor Crítico a 5%	Prob.**
Nenhum *	0,6810	62,3809	40,1749	0,0001
No máximo 1	0,4555	23,5364	24,2760	0,0618
No máximo 2	0,0784	2,8679	12,3209	0,8639
No máximo 3	0,0028	0,0936	4,1299	0,8014

* denota rejeição da hipótese ao nível de significância de 5%

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Elaboração própria a partir da saída do Eviews 5.0

Tabela 36 - Teste de cointegração: teste do traço - modelo residencial

Hipótese				
Número de vetores cointegrantes	Autovalor	Estatística do traço	Valor Crítico a 5%	Prob.**
Nenhum *	0,7519	70,2482	40,1749	0,0000
No máximo 1	0,3499	22,8566	24,2760	0,0747
No máximo 2	0,1807	8,2164	12,3209	0,2204
No máximo 3	0,0415	1,4402	4,1299	0,2695

* denota rejeição da hipótese ao nível de significância de 5%

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Elaboração própria a partir da saída do Eviews 5.0

Tabela 37 - Teste de cointegração: teste do traço - modelo total

Hipótese				
Número de vetores cointegrantes	Autovalor	Estatística do traço	Valor Crítico a 5%	Prob.**
Nenhum *	0,47150	49,32210	42,91525	0,01010
No máximo 1	0,35222	25,08889	25,87211	0,06230
No máximo 2	0,20231	8,58931	12,51798	0,20720

* denota rejeição da hipótese ao nível de significância de 5%

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Elaboração própria a partir da saída do Eviews 5.0

12.6 Testes de Causalidade de Granger

Tabela 38- Teste de Causalidade de Granger - modelo residencial

	Teste de Causalidade de Granger (modelo residencial)					
	lags:3			lags:6		
Hipótese Nula:	Obs	Estatística-F	Probabilidade	Obs	Estatística-F	Probabilidade
Y não causa ER	36	4,96551	0,08217	34	615.463	0,07267
ER não causa Y		0,92232	0,44238		102.643	0,43574
TR não causa ER	33	142.266	0,08015	30	465.945	0,09344
ER não causa TR		335.965	0,03394		113.917	0,38219
P_ELET não causa ER	36	63.099	0,06538	34	93.787	0,08582
ER não causa P_ELET		466.674	0,00884		304.762	0,02641
TR não causa Y	33	0,59364	0,62478	30	355.786	0,01812
Y não causa TR		0,02305	0,99514		0,55959	0,75637
P_ELET não causa Y	36	143.436	0,25299	34	0,83491	0,55663
Y não causa P_ELET		221.102	0,10811		287.858	0,03305
P_ELET não causa TR	33	256.234	0,07653	30	118.401	0,3605
TR não causa P_ELET		113.398	0,35368		234.998	0,07751

Fonte: Resultados da Pesquisa
Elaboração do autor

Tabela 39- Teste de Causalidade de Granger - modelo industrial

Teste de Causalidade de Granger (modelo industrial)						
Hipótese Nula:	lags:3			lags:6		
	Obs	Estatística-F	Probabilidade	Obs	Estatística-F	Probabilidade
YII não causa EI	36	459.082	0,08852	33	4,85160	0,09582
EI não causa YII		101.286	0,40122		0,79445	0,58516
TI não causa EI	33	615.327	0,0372	30	214.405	0,10109
EI não causa TI		232.034	0,09865		155.045	0,22171
PC não causa EI	36	286.284	0,09773	34	6,79823	0,06256
EI não causa PC		195.163	0,14336		0,56401	0,75406
TI não causa YII	33	0,48571	0,69514	30	0,8574	0,54474
YII não causa TI		0,8433	0,48264		134.489	0,29159
PC não causa YII	36	114.505	0,34749	33	0,76618	0,60507
YII não causa PC		0,43517	0,72946		0,72659	0,63349
PC não causa TI	33	400.024	0,01816	30	371.693	0,01517
TI não causa PC		0,85978	0,4743		143.301	0,25933

Fonte: Resultados da Pesquisa
Elaboração do autor

Tabela 40- Teste de Causalidade de Granger - modelo comercial

Teste de Causalidade de Granger (modelo comercial)						
Hipótese Nula:	lags:3			lags:6		
	Obs	Estatística-F	Probabilidade	Obs	Estatística-F	Probabilidade
YS não causa EC	33	393.732	0,0956	30	256.938	0,11444
EC não causa YS		136.133	0,2765		176.452	0,16664
TC não causa EC	33	290.906	0,07364	30	4,7490	0,09837
EC não causa TC		242.526	0,08833		0,8267	0,56509
PE não causa EC	33	469.442	0,06442	30	106.660	0,07184
EC não causa PE		184.388	0,16401		335.485	0,02284
TC não causa YS	33	0,70775	0,55609	30	107.816	0,41353
YS não causa TC		172.390	0,18667		0,88243	0,5285
PE não causa YS	33	147.724	0,24383	30	105.055	0,42842
YS não causa PE		188.779	0,15644		191.326	0,13681
PE não causa TC	33	127.604	0,30329	30	0,92908	0,49913
TC não causa PE		237.217	0,09341		226.377	0,08658

Fonte: Resultados da Pesquisa
Elaboração do autor

Tabela 41- Teste de Causalidade de Granger - modelo total

Teste de Causalidade de Granger (modelo total)						
Hipótese Nula:	lags:3			lags:6		
	Obs	Estatística-F	Probabilidade	Obs	Estatística-F	Probabilidade
YBR não causa ET	37	238.781	0,10282	34	5,27065	0,07063
ET não causa YBR		215.742	0,1138		0,44189	0,84244
TT não causa ET	37	142.427	0,08318	34	514.532	0,08593
ET não causa TT		321.233	0,03688		105.772	0,41801
TT não causa YBR	37	128.269	0,29822	34	261.256	0,04735
YBR não causa TT		194.599	0,14346		349.972	0,01474

Fonte: Resultados da Pesquisa
Elaboração do autor

12.7 Relação de séries descontinuadas pela FGV

Tabela 42 - Séries Descontinuadas IPA -OG (Parte 1)

Séries Especiais Descontinuadas em DEZ/2008			Sugestão FGV Dados Padrão (*)			Sugestão FGV Dados Premium (*)	
Coluna Revista	Código	Série	Código	Série	Código	Itens	
12	161694	IPA-DI - Bens de Produção - Materiais de Construção	1004819	IPA-EP - Bens Intermediários - Materiais e Componentes para a Construção	-	-	
13	161708	IPA-DI - Bens de Produção - Máquinas, Veículos e Equipamentos-Total	1004808	IPA-EP-DI - Bens Finais - Bens de Investimento	-	-	
14	161716	IPA-DI - Veículos Pesados para Transporte	1004810	IPA-EP - Bens Finais - Bens de Investimento - Veículos Pesados	-	-	
15	161724	IPA-DI - Máquinas e Equipamentos	1004812	IPA-EP - Bens Finais - Bens de Investimento - Máquinas e Equipamentos	-	-	
16	161732	IPA-DI - Componentes para Veículos	1004818	IPA-EP - Bens Intermediários - Materiais e Componentes para a Manufatura	-	Item "Componentes para Veículos"	
30	160493	IPA-OG - Minerais não Metálicos	1006822	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos de Minerais Não-Metálicos	-	-	
31	160507	IPA-OG - Metalúrgica-Total	1006823	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Metalurgia Básica	-	-	
32	160515	IPA-OG - Ferro, Aço e Derivados	1006823	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Metalurgia Básica	272	Item "Produtos Siderúrgicos"	
33	160523	IPA-OG - Metais Não Ferrosos	1006823	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Metalurgia Básica	274	Item "Produtos da Metalurgia dos Não-Ferrosos"	
34	160531	IPA-OG - Mecânica-Total	1006825	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Máquinas e Equipamentos	-	-	
35	160541	IPA-OG - Máquinas Agrícolas	1006825	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Máquinas e Equipamentos	293	Item "Máquinas E Equipamentos Para A Agricultura"	
36	160558	IPA-OG - Máquinas e Equipamentos para Indústria	1006825	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Máquinas e Equipamentos	-	-	
37	160566	IPA-OG - Mecânica - Outros	1006825	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Máquinas e Equipamentos	292	Item "Máquinas E Equipamentos De Uso Geral"	
38	160574	IPA-OG - Material Elétrico-Total	1006827	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Máquinas, Aparelhos e Materiais Elétricos	-	-	
39	160582	IPA-OG - Eletrodomésticos	1006825	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Máquinas e Equipamentos	298	Item "Eletrodomésticos"	
40	160590	IPA-OG - Motores e Geradores	1006827	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Máquinas, Aparelhos e Materiais Elétricos	311	Item "Geradores, Transformadores E Motores Elétricos"	
41	160604	IPA-OG - Material Elétrico - Outros	1006827	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Máquinas, Aparelhos e Materiais Elétricos	-	-	
42	160612	IPA-OG - Material de Transporte-Total	1006829	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Veículos Automotores, Reboques, Carrocerias e	-	-	
43	160620	IPA-OG - Veículos a Motor	1006829	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Veículos Automotores, Reboques, Carrocerias e	-	-	
44	160639	IPA-OG - Material de Transporte - Outros	1006829	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Veículos Automotores, Reboques, Carrocerias e	344	Item "Peças E Acessórios Para Veículos Automotores"	
45	160647	IPA-OG - Madeira	1006817	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos de Madeira	-	-	
50	160698	IPA-OG - Papel e Papelão	1006818	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Celulose, Papel e Produtos de Papel	-	-	
51	160701	IPA-OG - Borracha	1006821	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Artigos de Borracha e de Material Plástico	251	Item "Artigos de Borracha"	
53	160728	IPA-OG - Química-Total	1006820	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos Químicos	-	-	
54	160736	IPA-OG - Combustíveis e Lubrificantes	1004820	IPA-EP - Bens Intermediários - Combustíveis e Lubrificantes para a Produção	-	-	
55	160744	IPA-OG - Tintas e Vernizes	1006820	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos Químicos	248	Item "Tintas, Vernizes, Esmaltes, Lacas E Produtos Afins"	
56	160752	IPA-OG - Matérias Plásticas	1006821	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Artigos de Borracha e de Material Plástico	252	Item "Produtos de Material Plástica"	
57	160760	IPA-OG - Fertilizantes	1006820	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos Químicos	24111	Item "Adubos e Fertilizantes Compostos"	
58	160779	IPA-OG - Química - Outros	1006820	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos Químicos	-	-	
59	160787	IPA-OG - Tecidos, Vestuário e Calçados-Total	1006814	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos Têxteis	-	-	
			1006815	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Artigos do Vestuário	-	-	
			1006816	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Couros e Calçados	-	-	
71	161449	IPA-OG - Produtos Alimentares - Origem Vegetal-Total	1006812	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos Alimentícios e Bebidas	-	-	
72	161457	IPA-OG - Farinhas e Derivados	1006812	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos Alimentícios e Bebidas	155	Item "Produtos Amiláceos E Alimentos Para Animais"	
77	161503	IPA-OG - Produtos Alimentares - Origem Animal - Total	1006812	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos Alimentícios e Bebidas	151	Item "Carnes, Produtos De Carne E Pescados"	
					154	Item "Laticínios"	

Fonte: FGV

Tabela 43 - Séries Descontinuadas IPA -OG (Parte 2)

Séries Especiais Descontinuadas em DEZ/2008			Sugestão FGVDados Padrão (*)			Sugestão FGVDados Premium (*)	
Coluna Revista	Código	Série	Código	Série	Código	Itens	
78	161511	IPA-OG - Carnes e Pescados	1006812	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos Alimentícios e Bebidas	151	Item "Carnes, Produtos De Carne E Pescados"	
79	161521	IPA-OG - Leite e Derivados	1006812	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos Alimentícios e Bebidas	154	Item "Laticínios"	
82	161554	IPA-OG - Perfumaria e Sabões	1006820	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos Químicos	247	Item "Sabões, Detergentes, Produtos De Limpeza E Artigos De	
83	161562	IPA-OG - Produtos de Matérias Plásticas	1006821	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Artigos de Borracha e de Material Plástico	252	Item "Produtos de Material Plástico"	
66	160851	IPA-OG - Bebidas-Total	1006812	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos Alimentícios e Bebidas	159	Item "Bebidas"	
67	161406	IPA-OG - Bebidas Alcoólicas	1004796	IPA-EP - Bens Finais - Bens de Consumo exceto Alimentação e Combustíveis - Bebidas e Fumo	-	Item "Bebidas Alcoólicas"	
68	161414	IPA-OG - Bebidas não Alcoólicas	1004796	IPA-EP - Bens Finais - Bens de Consumo exceto Alimentação e Combustíveis - Bebidas e Fumo	-	Item "Bebidas Não - Alcoólicas"	
73	161465	IPA-OG - Açúcar	1006812	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos Alimentícios e Bebidas	156	Item "Açúcar"	
75	161481	IPA-OG - Café e Estimulantes	1006812	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos Alimentícios e Bebidas	157	Item "Café"	
20	160396	IPA-OG - Cereais e Grãos	1006803	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Agropecuários - Lavouras Temporárias	-	-	
24	160434	IPA-OG - Animais e Derivados	1006805	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Agropecuários - Pecuária	-	-	
74	161473	IPA-OG - Óleos e Gorduras	1006812	IPA- Origem - OG-DI - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos Alimentícios e Bebidas	153	Item "Óleos e Gorduras Vegetais"	

(*) A FGV sugere os índices que mais se aproximam da composição das Séries Descontinuadas, mas ressalta que a composição de cada índice deve ser criteriosamente observada na decisão de sua utilização em contratos.

Fonte: FGV

Tabela 44 - Séries Descontinuadas IPA -OG (Parte 3)

Séries IPA-DI Descontinuadas em DEZ/2007			Sugestão FGVDdos Pdrão		
Coluna Revista	Código	Série	Código	Série	
4	161570	IPA-DI - Média Geral	161570	IPA-DI - Média Geral	
1	161589	IPA-DI - Bens de Consumo-Total	1004782	IPA-EP-DI - Bens Finais - Bens de Consumo	
5	161627	IPA-DI - Bens de Consumo Não Duráveis-Total	-	-	
6	161635	IPA-DI - Bens de Consumo não Duráveis - Alimentação	1004790	IPA-EP - Bens Finais - Bens de Consumo - Alimentação	
7	161643	IPA-DI - Bens de Consumo não Duráveis - Outros	1004794	IPA-EP - Bens Finais - Bens de Consumo não duráveis exceto Alimentação e Combustíveis	
2	161597	IPA-DI - Bens de Consumo Duráveis-Total	1004802	IPA-EP - Bens Finais - Bens de Consumo Duráveis	
3	161600	IPA-DI - Bens de Consumo Duráveis - Utilidades Domésticas	1004804	IPA-EP - Bens Finais - Bens de Consumo Duráveis - Utilidades Domésticas	
4	161619	IPA-DI - Bens de Consumo Duráveis - Outros	1004806	IPA-EP - Bens Finais - Bens de Consumo Duráveis - Veículos e Acessórios	
10	161678	IPA-DI - Matérias Primas Brutas	1004830	IPA-EP-DI - Matérias-Primas Brutas	
11	161686	IPA-DI - Matérias Primas Semi-Elaboradas	1004818	IPA-EP - Bens Intermediários - Materiais e Componentes para a Manufatura	
8	161651	IPA-DI - Bens de Produção-Total	-	-	
9	161661	IPA-DI - Bens de Produção - Matérias-Primas-Total	-	-	
17	161740	IPA-DI - Bens de Produção - Outros	-	-	

Fonte: FGV

Tabela 45 - Séries Descontinuadas IPA -OG (Parte 4)

Séries IPA-OG Descontinuadas em DEZ/2007			Sugestão FGVDados Padrão	
Coluna Revista	Código	Série	Código	Série
3	160361	IPA-OG - Média Geral	1006801	IPA-DI - Origem - Total
18	160371	IPA-OG - Produtos Agrícolas-Total	1006802	IPA-DI - Origem - Produtos Agropecuários
19	160388	IPA-OG - Legumes e Frutas	1006802	IPA-DI - Origem - Produtos Agropecuários
22	160418	IPA-OG - Oleaginosas		
23	160426	IPA-OG - Raízes e Tuberculos		
25	160442	IPA-OG - Lavouras para Exportação		
26	160450	IPA-OG - Produtos Agrícolas - Outros		-
27	160469	IPA-OG - Produtos Industriais-Total	1006806	IPA-DI - Origem - Produtos Industriais
28	160477	IPA-OG - Extrativa Mineral	1006807	IPA-DI - Origem - Produtos Industriais - Indústria Extrativa
29	160485	IPA-OG - Indústria de Transformação-Total	1006811	IPA-DI - Origem - Produtos Industriais - Indústria de Transformação
46	160655	IPA-OG - Mobiliário -Total	1006831	IPA-DI - Origem - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Móveis e Artigos do Mobiliário
49	160681	IPA-OG - Mobiliário - Outros		
47	160663	IPA-OG - Móveis de Madeira		
48	160671	IPA-OG - Móveis de Aço		
65	160841	IPA-OG - Tecidos, Vestuário e Calçados - Outros		-
60	160795	IPA-OG - Tecidos e Fios Naturais	1006814	IPA-DI - Origem - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos Têxteis
61	160809	IPA-OG - Tecidos e Fios Artificiais	1006815	IPA-DI - Origem - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Artigos do Vestuário
62	160817	IPA-OG - Malharia		
63	160825	IPA-OG - Vestuário (Exclusive Malharia)		
64	160833	IPA-OG - Calçados	1006816	IPA-DI - Origem - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Couros e Calçados
52	160711	IPA-OG - Couros e Peles		-
70	161430	IPA-OG - Produtos Alimentares-Total	1006812	IPA-DI - Origem - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos Alimentícios e Bebidas
76	161491	IPA-OG - Produtos Alimentares - Outros		-
69	161422	IPA-OG - Fumo	1006813	IPA-DI - Origem - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos do Fumo
80	161538	IPA-OG - Sal, Rações e Outros		-
81	161546	IPA-OG - Produtos Farmacêuticos	1006820	IPA-DI - Origem - Produtos Industriais - Indústria de Transformação - Produtos Químicos

Fonte: FGV