

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO

FATORES RELEVANTES PARA DEMANDA DE ENERGIA  
ELÉTRICA NO SISTEMA ELÉTRICO DO MUNICÍPIO DE  
MANAUS

ANDRÉ BELTRÃO DE LUCENA

MANAUS  
2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANDRÉ BELTRÃO DE LUCENA

FATORES RELEVANTES PARA DEMANDA DE ENERGIA  
ELÉTRICA NO SISTEMA ELÉTRICO DO MUNICÍPIO DE  
MANAUS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração Gestão Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Antonieta do Lago Vieira

MANAUS  
2013

Ficha Catalográfica  
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

L935f	<p>Lucena, André Beltrão</p> <p>Fatores relevantes para demanda de energia elétrica no sistema elétrico do município de Manaus / André Beltrão de Lucena. - Manaus: UFAM, 2013.</p> <p>96f., il. color.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) — Universidade Federal do Amazonas.</p> <p>Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Antonieta do Lago Vieira</p> <p>1.Sistemas elétricos 2. Técnica ARDI 3.Demanda de eletricidade - Manaus I. Vieira, Antonieta do Lago (Orient.) II. Universidade Federal do Amazonas III. Título</p> <p>CDU (2007) 621.311.1(811.3)(043.3)</p>
-------	--

ANDRÉ BELTRÃO DE LUCENA

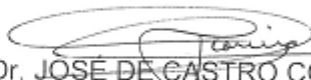
FATORES RELEVANTES PARA DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA  
NO SISTEMA ELÉTRICO DO MUNICÍPIO DE MANAUS

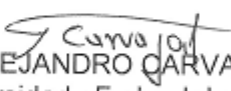
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração Gestão da Produção.

Aprovada em 12 de setembro de 2013.

BANCA EXAMINADORA

  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. ANTONIETA DO LAGO VIEIRA, Presidente.  
Universidade Federal do Amazonas

  
Prof. Dr. JOSÉ DE CASTRO CORREA, Membro.  
Universidade Federal do Amazonas

  
Prof. Dr. FABIO ALEJANDRO CARVAJAL FLÓREZ, Membro.  
Universidade Federal do Amazonas

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais Wellington e Clotilde, irmãos Vladimir e Máira, esposa Ana Cláudia e especialmente à minha filha Ana Carla, cujos momentos da minha presença foram substituídos muitas vezes pela minha ocupação com o trabalho e estudo. Amo vocês!

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, PPGE, pela oportunidade de realização de trabalhos em minha área de pesquisa.

Agradeço aos colaboradores da Eletrobrás Amazonas Energia, que contribuíram na identificação e localização das informações mais adequadas à aplicação no trabalho.

Ao professor Lázaro Miranda, que me deu o incentivo inicial nesta jornada.

Aos colegas do PPGE pelo seu auxílio nas tarefas desenvolvidas durante o curso.

Aos Colegas Larissa, Odimar, Regina, Adriana e Fernando, pela força nos momentos difíceis.

Aos colegas Hessel e Adriano, pelas contribuições importantes no trabalho.

Aos professores das bancas de qualificação e defesa, pelas colaborações enriquecedoras.

À minha orientadora que teve sensibilidade nos momentos difíceis que passei, conhecimento e experiência para guiar o trabalho na direção que o transformou nesta dissertação.

E, finalmente, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste projeto de vida.

A todos, meus mais profundos e sinceros agradecimentos.

## RESUMO

Entre as fontes energéticas usadas no Brasil, a demanda por eletricidade quadruplicou em quatro décadas. Esta pesquisa aborda os sistemas elétricos isolados do Amazonas que apresentam custo de produção superior ao do Sistema Nacional. A pesquisa delimitou-se ao “Sistema Manaus” que abriga um polo industrial que corresponde a 34% da Demanda por eletricidade do Sistema Amazonense. Nesta pesquisa, avaliam-se os fatores relevantes para produção de eletricidade segundo estratégias documental, bibliográfica e de estudo de caso. Os dados foram obtidos junto às fontes oficiais como a Eletrobrás, INMET e MTE, trabalhos científicos sobre a área em estudo e os obtidos pela análise estatística ARDL. Tal análise tem sido muito usada a partir da versão publicada em 2001, por permitir estudar o relacionamento entre variáveis. Foi encontrada evidência de relacionamento de longo prazo entre eletricidade produzida, temperatura da zona urbana e número de postos de trabalho nos setores de serviços e comercial do município de Manaus. Para o setor industrial, o número de postos de trabalho não apresentou evidência de relacionamento com as outras variáveis. Foi calculado um modelo usando a técnica ARDL que pôde estimar a produção de energia elétrica com erro máximo de 3,7% se comparado com a realidade.

**Palavras-Chave:** Sistemas Elétricos Isolados, Técnica ARDL, Demanda de Eletricidade em Manaus.

## **ABSTRACT**

Among the energy sources used in Brazil, demand for electricity has quadrupled in four decades. This research covers the isolated electric systems of Amazonas State that have higher production costs than the National System. The research was delimited to “Manaus System” that hosts an industry area which corresponds to 34% of the Amazonas State Electrical Demand. This research, seeks to evaluate the relevant factors for electricity production following official documents, scientific resources and a case study. The data were obtained from official sources such as Eletrobrás, INMET and MTE, scientific papers on the study area and those obtained by statistical analysis ARDL. Such analysis has been widely used since its version published in 2001 by allowing study the relationship between variables. Long-run relationship evidence was found between energy, temperature of the urban area and the number of jobs in the service and the commercial sectors in the city of Manaus. For the industrial sector, the number of jobs did not show evidence of relationships with other variables. A regressive model was calculated using ARDL technique which could estimate the production of electricity with a maximum error of 3.7% compared with the reality.

**Key-words:** Isolated Electrical Systems, ARDL Procedure, Manaus Electrical Demand.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 – Grupos de consumidores no consumo de eletricidade no sistema Manaus.....	22
Gráfico 2 – Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial no Brasil .....	25
Gráfico 3 – Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial na região Norte.....	25
Gráfico 4 – Média de moradores nos domicílios por faixa de consumo .....	25
Gráfico 5 – Homocedasticidade .....	36
Gráfico 6 – Heterocedasticidade.....	36
Gráfico 7 – Padrões de correlação.....	37
Gráfico 8 – Energia Gerada para atendimento do “Sistema Manaus” .....	43
Gráfico 9 – Temperatura Média Mensal estação INMET para a cidade de Manaus.....	44
Gráfico 10 – Empregos no setor industrial da cidade de Manaus .....	45
Gráfico 11 – Empregos no setor Comercial da cidade de Manaus.....	46
Gráfico 12 – Empregos no setor de Serviços da cidade de Manaus.....	46
Gráfico 13 – Correlação Eletricidade com Temperatura.....	48
Gráfico 14 – Correlação Eletricidade com empregos no Comércio.....	48
Gráfico 15 – Correlação entre Eletricidade e empregos no setor de Serviços .....	48
Gráfico 16 – Correlação entre Eletricidade e empregos no setor Industrial.....	48
Gráfico 17 – Soma Acumulada dos resíduos .....	59
Gráfico 18 – Soma Quadrática Acumulada dos resíduos.....	59
Gráfico 19 – Comparação entre os valores reais e calculados para a energia elétrica .....	60
Figura 01 – Exemplo de citação à temperatura em Manaus.....	24
Figura 02 – Exemplo de citação ao desempenho do comércio.....	24
Figura 03 – Arquivo criado para entrada de dados no <i>MICROFIT</i> 4.0.....	49
Figura 04 – Tela inicial do <i>MICROFIT</i> 4.0, criação de variáveis adicionais.....	50
Figura 05 – Resultado do comando ADF LC no <i>MICROFIT</i> 4.0 .....	51
Figura 06 – Resultado do comando ADF DLC no <i>MICROFIT</i> 4.0 .....	52
Figura 07 – Tela para regressão MQO .....	53
Figura 08 – Saída para “Estatística-F” .....	54
Figura 09 – Tela para função ARDL.....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indústrias por Quantidade de empregados e faixa de demanda.....	26
Tabela 2 – Consumidores comerciais por Quantidade de empregados e faixa de demanda ....	27
Tabela 3 – Teste de ordem de integração para as variáveis em análise.....	56
Tabela 4 – “Estatística-F” para cointegração entre as variáveis.....	57
Tabela 5 – Saída do <i>MICROFIT</i> com os Testes de diagnóstico para o modelo calculado.....	58
Tabela 6 – Comparação entre os valores reais e calculados para a energia elétrica.....	61

## LISTA DE ABREVIATURAS

- ARDL: Autoregressive Distributed Lags
- CSV: Comma Separated Values
- EPE: Empresa de Pesquisa Energética
- ELETROBRAS: Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
- GTON: Grupo Técnico Operacional da Região Norte
- Procel: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
- SIN: Sistema Interligado Nacional
- INMET: Instituto Nacional de Meteorologia
- MTE: Ministério do Trabalho e Emprego
- GEF: Global Environment Facility
- BIRD: Banco Internacional para Reconstrução de Desenvolvimento
- PNUD: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
- IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- EUA: Estados Unidos da América
- ADF: Augmented Dickey Fuller
- MQO: Mínimos Quadrados Ordinários
- CUSUM: Soma cumulativa dos resíduos
- CUSUMQ: Soma quadrática dos resíduos
- AIC: Akaike Information Criterion
- SBC: Schwarz Bayesian Criterion
- HQC: Hannan-Quinn Criterion
- RESET (de Ramsey): Regression Equation Specification Error Test
- PPGEP: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>1.1 Do Contexto ao Problema</b> .....	14
<b>1.2 Objetivos</b> .....	16
<b>1.2.1 <u>Objetivo Geral</u></b> .....	16
<b>1.2.2 <u>Objetivos Específicos</u></b> .....	16
<b>1.3 Justificativa</b> .....	16
<b>1.4 Delimitação do Estudo</b> .....	18
<b>1.5 Estrutura do Trabalho</b> .....	18
<b>CAPÍTULO 2 ESTADO DA ARTE</b> .....	20
<b>2.1 Variáveis Relacionadas à Energia Elétrica em Trabalhos Científicos</b> ...	20
<b>2.2 Caracterização do Mercado de Energia Elétrica</b> .....	22
<b>2.3 Boletins de Análise do Mercado de Eletricidade nos Sistemas Isolados</b>	23
<b>2.4 Pesquisa Procel Consumo Residencial</b> .....	24
<b>2.5 Pesquisa Procel Consumo Industrial</b> .....	26
<b>2.6 Pesquisa Procel Consumo Comercial</b> .....	27
<b>2.7 Métodos Estatísticos para Avaliar o Relacionamento entre Variáveis</b> ...	28
<b>2.8 Teste de Causalidade de Toda e Yamamoto</b> .....	29
<b>2.9 Teste de Causalidade de Dolado e Lütkepohl</b> .....	30
<b>2.10 Técnica Estatística ARDL</b> .....	30
<b>2.11 Testes de Diagnóstico</b> .....	35
<b>CAPÍTULO 3 METODOLOGIA</b> .....	39
<b>3.1 Classificação da Pesquisa e Método Científico</b> .....	39
<b>3.2 Procedimento da Pesquisa</b> .....	40
<b>3.3 Coleta de Dados</b> .....	40
<b>3.4 Tratamento dos Dados</b> .....	41
<b>3.5 Validação dos Resultados Obtidos</b> .....	42
<b>CAPÍTULO 4 ANÁLISE DOS DADOS</b> .....	43
<b>4.1 Dados de Energia Elétrica Gerada</b> .....	43
<b>4.2 Dados de Temperatura</b> .....	44

<b>4.3</b>	<b>Dados de Empregos</b> .....	44
<b>4.4</b>	<b>Análise Estatística ARDL</b> .....	48
<b>4.4.1</b>	<u>O Software MICROFIT</u> .....	48
<b>4.4.2</b>	<u>Entrada de Dados</u> .....	49
<b>4.4.3</b>	<u>Teste de Estacionariedade</u> .....	50
<b>4.4.4</b>	<u>Cálculo da Estatística-F</u> .....	52
<b>4.4.5</b>	<u>Estimação do Modelo ARDL</u> .....	54
<b>4.5</b>	<b>Análise Consolidada</b> .....	56
<b>4.5.1</b>	<u>Teste de Estacionariedade</u> .....	56
<b>4.5.2</b>	<u>Estatística-F</u> .....	56
<b>4.5.3</b>	<u>Modelo ARDL Estimado</u> .....	57
<b>4.6</b>	<b>Validação dos Resultados</b> .....	60
<b>4.7</b>	<b>Discussão dos Resultados</b> .....	61
	 <b>CAPÍTULO 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	63
	 <b>REFERÊNCIAS</b> .....	65
	 <b>APÊNDICE A - Saídas do <i>Software MICROFIT</i> para as funções estatísticas implementadas</b> .....	72
	 <b>ANEXO A – Índice do Manual do <i>Software MICROFIT 4.0</i></b> .....	82

## CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Do Contexto ao Problema

O acesso ao fornecimento de eletricidade está ligado ao desenvolvimento social e econômico, e este acesso na região amazônica está sujeito a peculiaridades da região. Para o planejamento da oferta e gerenciamento da demanda, uma etapa importante é o estudo do mercado consumidor, em que podem ser usadas técnicas de análise estatísticas e pesquisas de mercado.

Como sintetiza Gómez, (2010, p.6251, tradução nossa) sobre o acesso a serviços atuais de energia elétrica; “um dos requisitos básicos para desenvolvimento sustentável desde que tais serviços são o centro da industrialização moderna e melhoria do bem-estar”. A eletricidade tem presença marcante no desenvolvimento da sociedade, evidenciado mais fortemente quando comparamos a evolução do mercado de energia elétrica junto a outras fontes energéticas. A participação da eletricidade, em termos do consumo final da matriz energética nacional, evoluiu de 5,5% em 1970 para 18,1% em 2011 (EPE, 2012).

Conforme disserta Cursino, (1998, p.28) sobre o planejamento energético para fornecimento de eletricidade, “O Conhecimento da realidade é a primeira etapa do planejamento, no qual se deve considerar toda a cadeia energética”. Poucos estudos científicos abordam as características de consumo de eletricidade para os sistemas elétricos isolados da Amazônia. Para o sistema elétrico isolado que compreende o município de Manaus, objeto deste trabalho, não foram localizadas pesquisas científicas que abordem a dinâmica do consumo de eletricidade.

Conforme explicita Frota, (2004, p.89) “Merece destaque a preocupação com o suprimento ao mercado da cidade de Manaus, maior sistema elétrico isolado da Região Norte“. A cidade de Manaus abriga o Pólo Industrial da Zona Franca de Manaus, onde empresas são estimuladas a desenvolver processos produtivos com incentivos fiscais únicos no país. No Amazonas, o mercado de energia elétrica é representado por 679.560 clientes, dos quais, 422.550 se encontram no sistema elétrico de Manaus (ELETROBRAS, 2010).

Frota (2004) ainda explica sobre o custo da energia nos sistemas elétricos isolados que o custo da tarifa de eletricidade é nacionalmente estipulado pelo governo, sendo assim, regiões com diferentes custos de produção pagam valores próximos pela eletricidade. Desse modo, o estudo da demanda e planejamento de sistemas elétricos isolados aumenta de importância em relação ao sistema interligado nacional.

Conforme explica Frota (2010, p.3830, tradução nossa) sobre a produção de eletricidade no estado do Amazonas “o custo de produzir eletricidade é superior aos praticados no sistema interligado nacional (SIN). Isto é função principal do custo de combustíveis derivados de petróleo usados na produção de eletricidade” Este custo adicional para o caso do Amazonas apenas aumenta a importância do estudo da demanda de energia em Manaus.

O mesmo autor contrasta esta situação com a riqueza do estado em recursos naturais “Estes recursos classificam o estado como sendo o maior produtor de gás natural e terceiro maior produtor de petróleo em terra do Brasil.” (FROTA, 2010, p.3830, tradução nossa). Assim, os estudos voltados para esse mercado no Amazonas ganham importância, seja quando caracterizam tal mercado, projetam seu desenvolvimento ou discutem formas de produção que aproveitem os recursos naturais da região na utilização da energia elétrica como fonte energética.

Mocarquer (2009, p.27, tradução nossa) explica a orientação do planejamento energético atual “A política energética no mundo de hoje é governada essencialmente por três objetivos principais: a segurança e a eficiência do abastecimento, e a sustentabilidade social e ambiental.” A compreensão dos fatores ligados à evolução do consumo de eletricidade tem papel significativo no planejamento da expansão do sistema elétrico, e este planejamento adquire grande importância com a preocupação ambiental atual.

Ozturk (2010, p.347, tradução nossa) pesquisou a literatura recente sobre os fatores influentes no consumo de energia usando diferentes técnicas estatísticas e relacionou 38 trabalhos em diferentes países entre os anos de 1978 e 2009. O autor conclui o trabalho com afirmações como “A causalidade está indo do consumo de energia para o crescimento econômico na maioria dos estudos. Assim, devemos concluir que eletricidade é um fator limitante para o crescimento econômico”. Tal afirmação corrobora quantitativamente com a ideia de que a energia elétrica é importante para o crescimento econômico.

Uma contribuição do trabalho para o tema na região em estudo será a aplicação de técnica de avaliação de limites de cointegração, em uma abordagem ARDL (Autorregressão com Defasagens Distribuídas) sugerido por Pesaran, Shin e Smith (2001). Esta técnica é bastante utilizada na atualidade para representar evidência de relação de equilíbrio entre variáveis. Também, foi revisado um referencial teórico que abrange publicações científicas, boletins de análise de mercado e pesquisa de hábitos de uso para identificar os fatores comuns a estas publicações na relevância para a demanda por energia elétrica.

Diante do contexto descrito, este trabalho visa responder a questão: **“Quais fatores**

**econômicos, ambientais e sociais que podem ser mensurados para explicar a demanda por energia elétrica em Manaus?”** Para responder essa questão, são apresentados os objetivos a seguir.

## **1.2 Objetivos**

Este trabalho tem com objetivo contribuir para identificação e compreensão dos fatores ligados à demanda por energia elétrica no sistema elétrico da cidade de Manaus, relacionando trabalhos científicos sobre o tema, descrições do mercado consumidor de eletricidade e análise estatística de variáveis econômicas e ambientais na região em estudo.

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Identificar variáveis que possam explicar a demanda por energia elétrica no Sistema Manaus.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Levantar os fatores relevantes para a demanda por energia elétrica na região a partir de publicações econômicas e trabalhos científicos na área do conhecimento em estudo.

Levantar métodos atualmente utilizados de análise estatística em estudos científicos sobre o relacionamento entre variáveis.

Mensurar a relevância dos fatores identificados através das técnicas estatísticas identificadas aplicadas aos fatores para a região em estudo.

## **1.3 Justificativa**

O conhecimento do mercado consumidor de energia elétrica, os fatores que influenciam a demanda e os hábitos de uso dos consumidores, é condição fundamental para o planejamento da oferta e gerenciamento da demanda.

O estudo do mercado pode ser feito através de diferentes abordagens, como pesquisas de mercado, observação das características da energia consumida buscando-se estabelecer o relacionamento entre variáveis econômicas e ambientais relevantes na região em estudo.

Conforme explicado por Dourado, (2004, p.02).

As tarefas de estudar, analisar e prever o mercado de energia elétrica por meio da utilização de metodologias específicas podem ser um interessante subsídio aos estudos envolvendo outras fontes de energia, bem como despertar interesse junto ao meio acadêmico (pesquisa), agente de regulação e planejamento setorial, governos e segmentos da sociedade civil.



Assim, além de detalhar os fatores envolvidos com a demanda de energia, o estudo pode servir de subsídio para trabalhos envolvendo outras fontes de energia na região analisada, elaboração de políticas públicas com fins de gestão da demanda de eletricidade através da atuação nos fatores relevantes identificados, e planejamento da produção de energia elétrica baseada em previsões para tais fatores.

O estado do Amazonas possui características de destaque que devem ser levadas em consideração no planejamento da oferta de energia e gerenciamento da demanda. A presença de um importante polo industrial, o contraste entre a oferta de recursos naturais e o custo da energia elétrica e o clima na região, são fatores que devem balizar a análise da demanda por energia elétrica no estado.

Para estabelecer ligação entre a quantidade de energia elétrica produzida e fatores que possam influenciar na sua evolução de forma quantitativa, buscou-se fundamento na teoria estatística, estudando trabalhos sobre Econometria.

Gujarati (2004, pg1, tradução nossa) sintetiza sobre a teoria Econométrica “A Econometria está preocupada com o desenvolvimento de métodos para quantificar os relacionamentos de modelos econométricos. Para isso, a econometria se apoia em sofisticados métodos estatísticos, como o dos mínimos quadrados.” Assim, a econometria se apresenta como uma forma de buscar quantificar com técnicas baseadas em estatística, relacionamentos qualitativos baseados em análises empíricas e observações econômicas. Este ramo da ciência pode contribuir na análise quantitativa do relacionamento entre consumo de energia elétrica e variáveis identificadas através de outras técnicas de análise do mercado.

Nesse contexto, cabe destacar o cuidado que deve ser tomado com desvio da técnica científica resultando no chamado “*data mining*”, conforme conceito também em Gujarati (2004, pg 74 tradução nossa) “*data mining*,” significa tentar todo modelo possível com a esperança que algum se encaixe nos dados.” Assim, o modelamento estatístico deve sempre ser baseado em teoria econômica previamente estabelecida e que justifique o modelo matemático selecionado.

Estabelecer ligação entre variáveis também traz a ideia de causalidade, onde também se encontra outro alerta da econometria. Conforme Gujarati (2004, pg 696 tradução nossa) “A questão da causalidade é profundamente filosófica com todos os tipos de controvérsias. Alguns acreditam que “tudo causa tudo”, e outros negam a existência total de causalidade.” Assim, as técnicas estatísticas tradicionais como medidas de correlação e causalidade de Granger são utilizadas com precaução e como coadjuvantes nos trabalhos científicos atuais em econometria.

Os resultados obtidos com a teoria econométrica, contribuem com mais evidências para análises de mercado, servindo para agregar valor às observações realizadas por tais análises fornecendo mais subsídios para tomada de ações de planejamento e gestão.

Neste sentido, o trabalho destina-se a analisar com base na teoria econométrica, os aspectos destacados em análises de mercado dos agentes do setor como relevantes para o fornecimento de eletricidade no “Sistema Manaus” e as variáveis analisadas em outros trabalhos científicos sobre o tema desenvolvidos em outras regiões.

As contribuições que o trabalho pode promover são diversas em função da identificação de fatores que possam ser relevantes para o planejamento e para o gerenciamento do consumo de energia elétrica. Os resultados podem servir de apoio para elaboração de políticas públicas no setor de planejamento energético, educacionais para conscientização do consumo de eletricidade, ações para gerenciamento da demanda e incentivos públicos para setores da economia. Ainda podem incentivar outros trabalhos acadêmicos e servir como embasamento para investimentos de consumidores de energia elétrica.

#### **1.4 Delimitação do Estudo**

A pesquisa, delimitada ao sistema elétrico denominado “Sistema Manaus”, que se caracteriza pela energia consumida nos municípios de Manaus, Iranduba e Presidente Figueiredo, procura abordar os fatores relevantes para a demanda por eletricidade. O período de análise se limita à disponibilidade dos dados, a partir de 2006 até o ano de 2012.

O trabalho tem como foco contribuir para a compreensão dos fatores que estão ligados à demanda por eletricidade e ampliar a base de conhecimentos científicos sobre a demanda regional por esta fonte energética.

#### **1.5 Estrutura do Trabalho**

Este trabalho está constituído de 5 (cinco) capítulos distribuídos da seguinte forma:

Capítulo 1- Introdução: Descreve do contexto onde está inserido o tema do trabalho ao problema da pesquisa, os objetivos, a justificativa, a delimitação e a estrutura do trabalho;

Capítulo 2 - Revisão de Literatura: expõe a literatura pertinente ao tema do trabalho;

Capítulo 3 - Metodologia: classifica o trabalho quanto aos métodos científicos utilizados e esclarece os procedimentos metodológicos adotados;

Capítulo 4 - Análise dos Dados: apresenta os dados coletados, a análise realizada e interpretação dos resultados.

Capítulo 5 - Considerações Finais: apresenta as contribuições do trabalho com base nos objetivos propostos, além das recomendações para trabalhos futuros.

## **CAPÍTULO 2          ESTADO DA ARTE**

Este capítulo destina-se a discutir os principais conceitos que fazem parte da base teórica deste trabalho. Inicialmente, serão apresentados trabalhos científicos sobre o tema, com enfoque nas variáveis destacadas como relevantes em tais trabalhos.

Em seguida, são descritos os boletins periódicos do agente produtor e distribuidor de eletricidade, a Eletrobrás, sobre mercado de eletricidade na região. Estes boletins destacam fatores relevantes e que contribuem para caracterizar o consumo de eletricidade da região.

Para completar a base teórica sobre as características de mercado na região, ainda foram consultadas publicações do Programa de Conservação de Energia (Procel) da Eletrobrás. Entre Setembro de 2007 e Setembro de 2008, foi publicada a mais recente Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Uso – Classes Residencial, Industrial e Comercial, na classe residencial foram aplicados 9.847 questionários, na industrial 478 e na comercial 953 questionários em 16 estados, incluindo o Amazonas. O tamanho da amostra resulta num erro máximo de aproximadamente 4,4% (para um intervalo de confiança de 95%) nas estimativas populacionais com base nas proporções da amostra (PROCEL, 2008b). A pesquisa de campo teve como objetivo quantificar a posse e obter a declaração da utilização de equipamentos elétricos. Tal projeto foi realizado com recursos doados pelo Global Environment Facility (GEF), repassados pelo Banco Mundial (BIRD) e com o suporte do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

A última parte deste capítulo disserta sobre o estudo das técnicas estatísticas usadas em trabalhos sobre o tema em estudo, e explica passo a passo, a utilização e interpretação da técnica estatística a ser usada na análise dos dados selecionados.

### **2.1      Variáveis Relacionadas à Energia Elétrica em Trabalhos Científicos**

O perfil de consumo de energia elétrica varia com a região, níveis social e econômico e atividades desenvolvidas pela sociedade na região e época do estudo. No referencial teórico estudado, puderam-se verificar padrões de utilização de variáveis regionais com influência na economia e comportamento da sociedade e a utilização de técnicas estatísticas de desenvolvimento recente junto com técnicas tradicionais. Para se estabelecer as variáveis candidatas para análise estatística, foram pesquisados trabalhos científicos desenvolvidos em diferentes localidades.

Dias (2008) pesquisou modelo de previsão para o consumo de energia elétrica usando técnica de regressão dinâmica e testou 35 variáveis com relação à sua significância para a explicação da demanda por eletricidade. As únicas variáveis que apresentaram significância

relevante para o estudo foram a variável que expressa a produção industrial e a outra variável que expressa a demanda por energia elétrica defasada de um período de tempo (mês anterior).

Achão (2003, p.44) pesquisou sobre o consumo residencial no Brasil e afirma “quanto maior o poder aquisitivo e mais equipado o domicílio, maior será a energia útil consumida”. Assim, variáveis que representem o poder aquisitivo e quantidade de eletrodomésticos devem estar relacionadas à evolução do consumo da classe residencial.

Bianco e Nardini (2009, p.1420, tradução nossa) estudaram a relação entre Produto Interno Bruto e preço de eletricidade com consumo de eletricidade na Itália e uma conclusão foi que “não é necessário usar a variável preço da eletricidade em modelos de previsão para o consumo de eletricidade na Itália” Ainda segundo os autores, este resultado “confirma conclusões de trabalhos anteriores”. Assim, o preço da eletricidade deve ter sua relevância avaliada com atenção.

Andrade (2009, p.14) compôs tese sobre modelo de previsão de demanda por eletricidade e entre os trabalhos citado pelo autor está a técnica ARDL, “um dos trabalhos mais completos de descrição de demanda, com dados anuais da economia, do clima e do consumo residencial de energia elétrica nos Estados Unidos, entre 1995 e 2006”. Andrade se refere ao trabalho de Dergiades e Tsoulfidis (2008) no qual as variáveis com maior significância foram o próprio consumo de eletricidade defasado em tempo e um índice de residências ocupadas.

Narayan e Smyth (2005a) estudaram a relação entre renda, emprego e eletricidade na Austrália e encontraram que emprego e renda têm relação de causalidade no longo prazo com a eletricidade.

Erdogdu (2007) estudou a demanda por eletricidade na Turquia e uma das conclusões foi que o preço da eletricidade e a renda dos consumidores têm impacto limitado no consumo de eletricidade.

Peirson (1994, p. 235, tradução nossa), estudou as dinâmicas que envolvem temperatura e consumo de eletricidade e ressalta que “Temperatura, e mais genericamente condições naturais, é a mais importante causa do consumo de eletricidade no curtíssimo prazo”. Assim, a análise de dados de curta periodicidade, como horas, dias e até meses, deve levar em consideração a variável temperatura.

Dergiades Tsoulfidis (2011) estudaram os fatores determinantes para o consumo de eletricidade entre renda, preço da eletricidade e clima na Grécia, e as conclusões principais foram que o preço da eletricidade e a renda não são fatores fundamentais para o consumo e o clima desempenha papel importante na demanda por eletricidade.

Shahbaza, Tang e Shabbir (2011) Pesquisaram a relação entre consumo de eletricidade e crescimento econômico em Portugal e concluíram que consumo de eletricidade e emprego em Portugal têm a mesma evolução no longo prazo.

Gam e Rejeb (2012) estudaram a demanda de eletricidade na Tunísia e a análise destacou entre os fatores relevantes, o consumo de eletricidade dos períodos anteriores.

Zaman (2012) pesquisou sobre os fatores determinantes para a demanda de eletricidade no Paquistão e sintetiza que é consenso entre as pesquisas atuais que o emprego é fator de causalidade para o consumo de eletricidade em longo prazo.

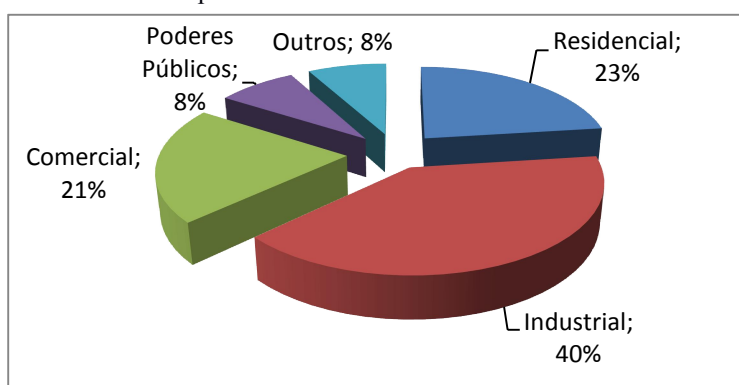
Analisando os trabalhos acima, pode-se perceber que as variáveis normalmente usadas são as que têm relação com atividade econômica da região em estudo, clima da região e com a quantidade de pessoas, representada pelo nível de empregos ou residências ocupadas. Com relação à renda e ao custo da eletricidade não existe um consenso sobre a importância destas variáveis para a demanda por eletricidade.

## 2.2 Caracterização do Mercado de Energia Elétrica nos Sistemas Isolados

Para iniciar o estudo do mercado de energia elétrica, foram buscadas informações sobre características que pudessem agrupar os consumidores. Anualmente, e com disponibilidade desde 2006, a Eletrobrás, publica o documento “Relatório dos Sistemas Isolados”, que entre outras informações, caracteriza o mercado consumidor na região para servirem de subsídios ao planejamento de longo prazo.

O relatório traz uma classificação do mercado segundo as classes de consumo cadastradas na concessionária de energia elétrica. No gráfico 1, é mostrado o consumo por tipo de consumidor para o sistema Manaus obtido no relatório mais recente disponível, referente ao ano de 2010 (ELETROBRÁS, 2010a).

Gráfico 1 – Grupos de Consumidores no consumo de Manaus



Fonte: Eletrobrás 2010a pg 19

No gráfico 1, pode-se perceber que o estudo dos hábitos de consumo de eletricidade dos grupos de consumidores residenciais, comerciais e industriais, deve trazer informações relevantes para a demanda por energia elétrica, uma vez que estes três grupos representam 84% de toda a energia consumida na região em estudo.

### **2.3 Boletins de Análise do Mercado de Eletricidade nos Sistemas Isolados do Norte**

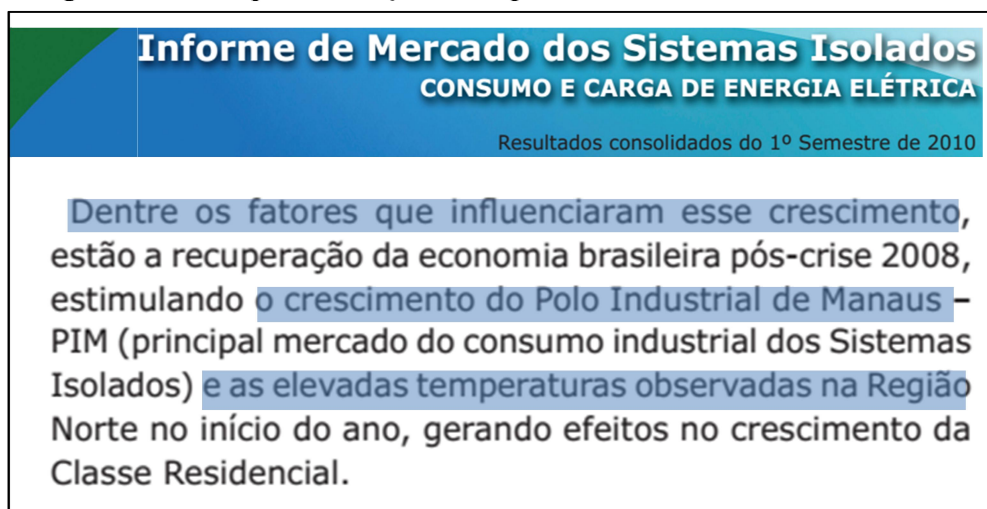
Trimestralmente, e com disponibilidade desde 2004, a Eletrobrás divulga o documento “Informe de Mercado Sistemas Isolados Norte”, no qual são descritas informações relevantes para as variações observadas no consumo de energia elétrica.

Entre as informações trazidas pelos informes de mercado da Eletrobrás com relação à temperatura ambiente na região norte, pode-se destacar as citações à influência da temperatura em Manaus no primeiro trimestre de 2010 como fator relevante para o aumento do consumo de eletricidade (ELETROBRÁS, 2010b). Ainda pode-se observar que no primeiro semestre de 2011, o crescimento do consumo de eletricidade foi considerado pequeno e entre os fatores relevantes citados estão as temperaturas menores em Manaus em relação ao mesmo período do ano anterior (ELETROBRÁS, 2011).

Outro fator recorrente nos informes de mercado, são as referências ao desempenho industrial em Manaus como fator relevante para o consumo de eletricidade. Na análise do consumo em 2004, o aumento em relação à 2003 foi creditado em primeiro lugar ao consumo industrial do Amazonas (ELETROBRÁS, 2004). No segundo trimestre de 2005, o aumento do consumo nos sistemas isolados foi maior do que o crescimento Brasileiro, e este fato é creditado à contribuição do Pólo Industrial de Manaus (ELETROBRÁS, 2005a). No primeiro trimestre de 2009, o crescimento de 1% no consumo de eletricidade foi creditado primeiramente à redução de 11,5% no consumo industrial do “Sistema Manaus” (ELETROBRÁS, 2009a). No primeiro semestre de 2011, o aumento do consumo industrial em Rondônia e Amazonas impulsiona o consumo nos sistemas isolados (ELETROBRÁS, 2011).

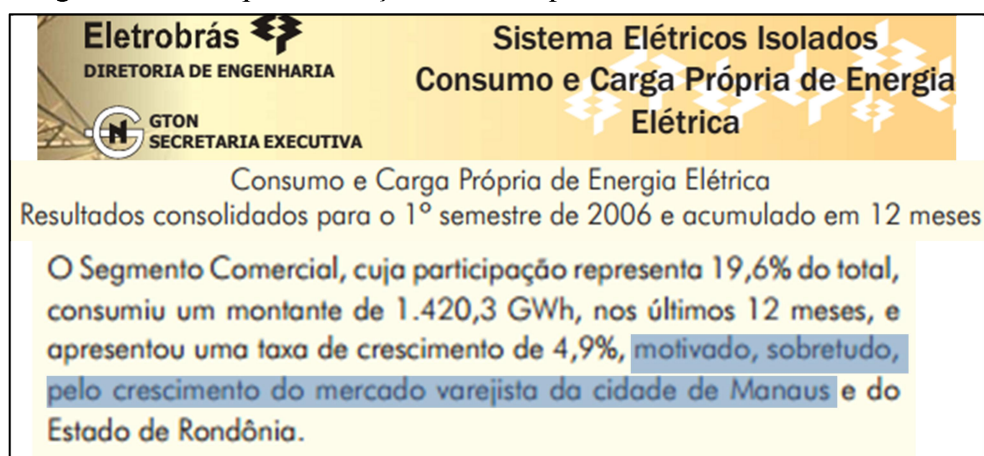
O Setor Comercial também tem destaque nos informes de mercado. Na análise do consumo para o ano de 2004 o incremento nesta classe é destacado para o aumento do consumo nos sistemas isolados (ELETROBRÁS, 2004). Nos resultados consolidados para o quarto trimestre de 2005, o expressivo incremento da classe comercial é creditado ao crescimento do comércio varejista na cidade de Manaus e no estado de Rondônia (ELETROBRÁS, 2005b). As figuras 1 e 2 abaixo ilustram os informes de mercado consultados.

Figura 1 – Exemplo de citação à temperatura em Manaus



Fonte: ELETROBRÁS 2010 pg. 01

Figura 2 – Exemplo de citação ao desempenho do comércio



Fonte: ELETROBRÁS 2006 pg. 02

## 2.4 Pesquisa Procel Consumo Residencial

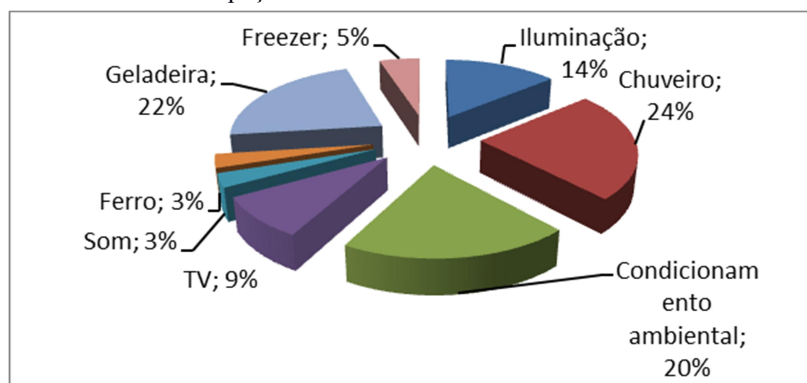
Em Setembro de 2007, a Eletrobrás publicou sua mais recente Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Uso – Classe Residencial, ano Base 2005.

O relatório destaca a importância do consumo residencial; “informações energéticas da classe residencial, vem apresentando um crescimento significativo em sua participação percentual na matriz elétrica nacional, podendo atingir cerca de um terço de toda a energia consumida no país, na próxima década” (PROCEL, 2007 pg. 7).

Nos gráficos 2 e 3, são mostradas as participações dos eletrodomésticos mais importantes no consumo médio domiciliar Brasileiro e da Região Norte.

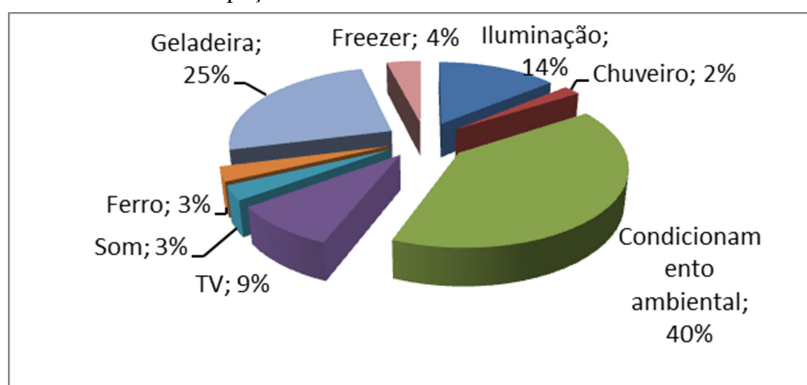


Gráfico 2 – Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial no Brasil



Fonte: Procel 2007 pg 15

Gráfico 3 – Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial na região Norte

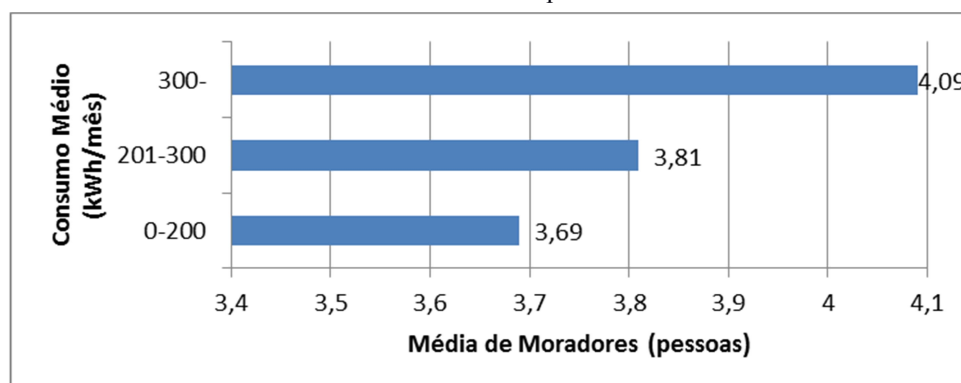


Fonte: Procel 2007 pg 16

Comparando os gráficos 2 e 3, pode-se perceber que na região norte se destaca a utilização de eletrodomésticos para condicionamento ambiental (ar condicionado e ventilador). Este fato contrasta com o hábito de uso nacional, onde o condicionamento ambiental é o terceiro mais usado, depois da geladeira e do chuveiro elétrico. No caso da região Norte, tal fato pode ser explicado pelas condições climáticas da região (temperatura e umidade).

O gráfico 4 mostra a quantidade média de moradores por domicílio na região Norte.

Gráfico 4 – Média de moradores nos domicílios por faixa de consumo



Fonte: Procel 2007 pg 23

No gráfico 4, percebe-se que residências com maior número de moradores tem maior consumo de energia elétrica, mostrando uma evidência de que o número de moradores por domicílio é informação importante para explicar com o consumo de energia elétrica da classe residencial na região Norte.

## 2.5 Pesquisa Procel Consumo Industrial

Em Março de 2008, a Eletrobrás publicou sua mais recente Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Uso - Classe Industrial, ano Base 2005.

A pesquisa teve como objetivo quantificar a posse e obter a declaração da utilização de equipamentos elétricos na classe industrial. Com isso pode-se caracterizar o uso da energia elétrica e analisar fatores relevantes que influenciem nesse uso.

A tabela 1 mostra uma distribuição das indústrias Brasileiras segundo sua faixa de consumo de eletricidade e número de empregados.

Tabela 1 – Percentual de indústrias por Quantidade de empregados e faixa de demanda (kW).

Percentual de empresas		Demanda máxima em kW								
		<500	500 a 1.500	1.500 a 2.500	2.500 a 3.000	3.000 a 5.000	5.000 a 10.000	10.000 a 20.000	20.000 a 50.000	mais de 50.000
Quantidade de empregados	<30	95,50%	2,70%	0,90%	0%	0%	0%	0,90%	0%	0%
	30 a 100	84,30%	14,50%	0%	0%	0,60%	0%	0,60%	0%	0%
	100 a 250	42,90%	41,40%	7,10%	4,30%	2,90%	0%	1,40%	0%	0%
	250 a 500	25%	41,70%	25%	0%	2,80%	5,60%	0%	0%	0%
	>500	18,90%	21,60%	16,20%	0%	13,50%	10,80%	8,10%	8,10%	2,70%
	NS/NR	59,60%	15,80%	7%	1,80%	10,50%	3,50%	0%	1,80%	0%

Fonte: Procel 2008b pg 17

Pode-se perceber que as indústrias com maior número de empregados têm uma demanda maior do que as indústrias com menor número de empregados. (PROCEL, 2008b). Este fato pode ser entendido como evidência no sentido de indicar a quantidade de empregados como fator importante para a quantidade de energia elétrica consumida pelo setor industrial.

## 2.6 Pesquisa Procel Consumo Comercial

Em Setembro de 2008, a Eletrobrás publicou sua mais recente Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Uso – Classe Comercial, ano Base 2005. A tabela 2 mostra uma distribuição dos consumidores comerciais Brasileiros segundo sua faixa de consumo de eletricidade e número de empregados.

Tabela 2 – Percentual de consumidores comerciais por Quantidade de empregados e faixa de demanda (KW).

Percentual de empresas		Demanda máxima em KW							
		<500	500 a 1.000	1.000 a 1.500	1.500 a 2.000	2.000 a 2.500	2.500 a 3.000	3.000 a 5.000	5.000 a 10.000
Quantidade de empregados	<30	98,30%	1,70%	0,00%	0%	0%	0%	0,00%	0,00%
	30 a 100	97,60%	1,90%	0,50%	0%	0,00%	0%	0,00%	0,00%
	100 a 250	79,20%	16,70%	2,10%	0%	0,00%	1,40%	0,70%	0,00%
	250 a 500	58%	24,20%	6,50%	5%	0,00%	3,20%	1,60%	1,60%
	>500	24,10%	37,00%	18,50%	15%	3,70%	0,00%	1,90%	0,00%

Fonte: Procel 2008a pg 8

Na tabela 2, vemos comportamento semelhante ao encontrado no setor industrial. Quanto maior o número de empregados, é maior o consumo de energia elétrica (Procel, 2008a), mostrando evidência que a quantidade de empregados no comércio é fator importante para o consumo de energia elétrica do setor comercial.

Analisando os dados levantados das pesquisas realizadas pela Eletrobrás, percebe-se que a quantidade de empregados é variável destacada nos relatórios como tendo relação com o consumo de energia para os setores industrial e comercial.

Deve-se, também, considerar o setor de serviços que apesar de não ser citado na pesquisa Procel atua em diversos setores da economia com a prestação de serviços e apresenta dinâmica ao longo dos meses e anos que guarda semelhanças com a dinâmica da energia elétrica mostrado quando os gráficos são comparados e evidenciado na análise estatística.

Este trabalho se limita aos dados disponíveis. Por essa razão, são usados dados sobre número de empregos nos setores econômicos e dados sobre temperatura como as variáveis que podem influenciar de forma significativa o consumo de energia elétrica. O período em que todos os dados mensais são disponíveis é de 2006 a 2012.

Além dos dados apresentados, também foram considerados ao longo da pesquisa dados sobre intensidade pluviométrica e umidade, Faturamento e Produção Industrial e dados populacionais. Porém, para estes dados, não foram encontradas evidências que justificassem

sua inclusão no grupo de variáveis relevantes para o consumo de energia elétrica. Exceto para as informações populacionais, que apesar de haverem indícios de sua importância, não foram encontrados dados que representassem essa variável mensalmente no município de Manaus.

## 2.7 Métodos Estatísticos para Avaliar o Relacionamento entre Variáveis

Para estudar o relacionamento entre as variáveis, precisamos estabelecer a função através da qual estas variáveis possam se relacionar e a seguir, utilizar um método para buscar a relação entre as variáveis.

Um modelo clássico de função de produção é a equação de *Cobb-Douglas* (GUJARATI, 2000, pg. 223) mostrada na equação (1).

$$Y_i = \beta_1 \cdot X_{2i}^{\beta_2} \cdot X_{3i}^{\beta_3} \cdot e^{\mu_i} \quad (1)$$

Onde: Y é a saída de produtos;  $X_2$  é a mão de obra;  $X_3$  é a entrada de capital;  $\mu$  é o erro; e=base do logaritmo natural e i é o número da amostra.

Dergiaides (2008) estudou os fatores relevantes para o consumo de eletricidade os EUA usando a técnica ARDL e a função baseada em *Cobb-Douglas* mostrada na equação (2).

$$C_{e,t} = AY_t^{a_1} P_{e,t}^{a_2} CH_t^{a_3} P_{o,t}^{a_4} S_t^{a_5} e^{\varepsilon_t} \quad (2)$$

Onde:  $C_e(t)$  é o consumo de eletricidade;  $Y(t)$  é a renda;  $P_e(t)$  é o preço da eletricidade;  $CH(t)$  representa a temperatura;  $S(t)$  representa o número de consumidores e  $e(t)$  é o erro. Aplicando a função logaritmo natural em ambos os lados da equação, teremos uma função linear nos parâmetros, que pode ser resolvida pelo método dos mínimos quadrados ordinários (GUJARATI, 2000).

Para encontrar os valores dos coeficientes  $a_1$  até  $a_5$  na função acima e solucionar a equação para o consumo de eletricidade usando as variáveis independentes participantes da função, usam-se bancos de dados de valores das variáveis para se encontrar uma relação entre elas. Este tipo de análise é chamado de análise de regressão. O termo regressão foi introduzido pelo pesquisador Francis Galton em estudo sobre a relação entre estatura de crianças e condições sociais e fatores hereditários (ANDERSON, SWEENEY e WILLIAMS, 2011).

Duas características comumente observadas em análises de regressão são a presença de auto-regressão e as defasagens. Como por exemplo a função de consumo da equação (3).

$$\text{Consumo}_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{renda}_t + \beta_2 \cdot \text{consumo}_{t-1} + u_t \dots\dots\dots(3)$$

A equação (3) pode ser chamada de um modelo auto-regressivo com defasagem, pois uma das variáveis independentes é a variável dependente defasada em uma unidade de tempo. Nesse modelo, o termo auto-regressivo é incluído para representar o “hábito” dos consumidores, que não muda constantemente e pode influenciar o consumo nos períodos seguintes. Na econometria, o modelo acima é chamado de modelo AR(1) (Auto-regressivo de ordem 1) (TSAY, 2005).

Os métodos tradicionais para a solução da equação (3) estabelecem diversas restrições para o banco de dados usados. Pesquisadores da área econométrica buscam desenvolver técnicas que minimizam ou alteram essas restrições, de modo que a diversidade de métodos possa abranger uma maior diversidade de banco de dados com características diferentes.

Payne (2010, p.729, tradução nossa) classificou 38 estudos sobre o relacionamento entre consumo de eletricidade e crescimento econômico e entre suas conclusões está uma citação sobre a técnica ARDL “Muitos procedimentos econométricos que se desenvolveram recentemente previnem as tendências dos métodos tradicionais. Estes procedimentos são válidos mesmo que as séries temporais sejam integradas de diferentes ordens”. O fato das séries temporais serem estacionárias ou estacionárias após integração, e a quantidade de amostras disponíveis é importante e em alguns casos limitante para a aplicação de técnicas de análise de relacionamento entre variáveis.

Entre estes procedimentos de desenvolvimento recente, Payne destaca três técnicas; a técnica (ARDL) para avaliação de limites de cointegração estabelecida por Pesaran, Shin e Smith (2001), os testes de causalidade de Toda e Yamamoto (1995) e de Dolado e Lütkepohl (1996).

E o autor continua em sua conclusão “A aproximação ARDL funciona bem em pequenas amostras, o que é geralmente o caso na literatura sobre consumo de eletricidade e crescimento econômico”. A técnica ARDL pode ser aplicada com um mínimo de 30 observações, que abrange o caso do consumo por energia elétrica no sistema Manaus, onde apenas são disponíveis dados mensais a partir de 2006, e que até o ano de 2012 totalizam 72 observações. Assim, tal técnica pode contribuir para a compreensão dos fatores regionais que influenciam tal consumo.

## **2.8 Teste de Causalidade de Toda e Yamamoto**

Este método foi explorado para testar relação entre variáveis sem que seja necessário testar previamente a ordem de integração das variáveis ou a sua cointegração (YAMAMOTO, 1995). Uma importante limitação para sua utilização é no caso do modelo apresentar

defasagem de apenas um período para a variável dependente, nessa situação, o método não se torna eficiente (YAMAMOTO, 1995).

## **2.9 Teste de Causalidade de Dolado e Lütkepohl**

Os autores desenvolveram o método para avaliar a relação entre variáveis indiferentemente se as variáveis são integradas de ordem 0 ou 1, o que é o caso normalmente encontrado para as variáveis econômicas (DOLADO, 1996). Este método também encontra limitação no caso do modelo apresentar defasagem de um período para a variável dependente (DOLADO, 1996). Tanto o método de Toda e Yamamoto quanto o método de Dolado e Lütkepohl podem se valer de artifícios para aumentar o tamanho das defasagens e poderem ser usados sem restrição (COSTANTINI e MARTINI, 2010).

## **2.10 Técnica Estatística ARDL**

A técnica ARDL sugerida por Pesaran, Shin e Smith (2001), tem sido usada na atualidade em estudos científicos que buscam relacionar variáveis econômicas e também aplicada em estudos sobre fatores que influenciam o consumo de energia elétrica. Uma das características que tem levado esta técnica a ser usada em pesquisas atuais, é a flexibilidade de poderem ser usadas variáveis estacionárias juntamente com variáveis não estacionárias, e não haver restrição quanto ao tamanho das defasagens, aumentando a abrangência de casos onde a técnica pode ser usada.

Sari, Ewing e Soytas (2008, p.2310, tradução nossa), estudaram a relação entre consumo de energia, produção industrial e nível de empregos para os Estados Unidos da América usando a técnica ARDL, entre os anos de 2001 e 2005, e justificaram o trabalho da seguinte forma “empregamos um método relativamente novo de aproximação de séries temporais que pode trazer relações mais robustas do que métodos convencionais”. A técnica ARDL utiliza ferramentas estatísticas tradicionais como mínimos quadrados como sua base e testes de hipóteses do modelo clássico de regressão linear para verificar a validade dos resultados. Uma das características fundamentais é a aplicação da chamada “Estatística-F” cujos valores críticos foram recalculados por Pesaran e disponibilizados em tabelas para consulta na utilização da técnica ARDL.

Ozturk (2010, p.347, tradução nossa) em seu trabalho, conclui que: “deve ser compreendido que artigos científicos usando métodos tradicionais, com variáveis consolidadas, apenas mudando o período de análise não têm potencial para fazer contribuições na literatura que relaciona a energia e o crescimento.” Portanto, devemos buscar

métodos estatísticos com desenvolvimento recente, para o desenvolvimento de novos trabalhos. Entre os métodos sugeridos por Ozturk está a técnica ARDL, proposta por Pesaran, Shin e Smith.

No presente trabalho, usaremos dados mensais de produção de eletricidade, emprego e temperatura na cidade de Manaus para estudar uma relação linear entre essas variáveis usando a técnica ARDL. O modelo geral ARDL para uma variável independente e de ordem  $p$ ,  $q$ ,  $r$  e  $s$  é representado na equação (4) e explicado detalhadamente nas seções seguintes.

$$\ln(Y_t) = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i \cdot \ln(Y_{t-i}) + \sum_{i=0}^q \beta_i' \cdot \ln(EC_{t-i}) + \sum_{i=0}^r \beta_i'' \cdot \ln(ES_{t-i}) + \sum_{i=0}^s \beta_i''' \cdot \ln(TP_{t-i}) + u_t \quad (4)$$

Onde:

$Y_t$  = Energia elétrica consumida a cada mês.

$EC$  = Postos de trabalho no setor Comercial a cada mês.

$ES$  = Postos de trabalho no setor de Serviços a cada mês.

$TP$  = Temperatura média para a zona urbana.

$\beta$  = Coeficientes a serem estimados

$u_t$  = Resíduo da estimação, representa a parcela que não pôde ser explicada pelas variáveis.

O *Software* estatístico usado neste trabalho é o *MICROFIT 4.0*, que possibilita realizar testes estatísticos para avaliar características relevantes de dados e implementar funções complexas como estimação com Mínimos Quadrados Ordinários e a técnica ARDL para estudar o relacionamento entre variáveis.

Usando a técnica ARDL pode-se verificar se as variáveis em análise seguem a mesma dinâmica ao longo do tempo, mostrando evidências de que entre elas possa existir relacionamento de longo prazo (RAGIMANA, 2012). Este relacionamento é também chamado de cointegração.

Outra característica destacada é a possibilidade da técnica produzir resultados confiáveis com pequena quantidade de amostras, como citado por Baci (2007, pg 21 tradução nossa) sobre a técnica ARDL: “Esta aproximação traz resultados robustos em pequenas amostras, enquanto o teste de Johansen para testar relação entre variáveis necessita grandes amostras para ter validade.” A técnica ARDL pode ser usada para amostras a partir de 30 observações, o que nos possibilita analisar o consumo de eletricidade no Amazonas, onde

estão disponíveis publicamente, dados mensais a partir o ano de 2006. Para análise dos dados anuais, seriam necessários dados desde 1982 (2012-30).

Outro destaque da técnica é sintetizado por Kang (2008, pg 92, tradução nossa) “parâmetros *”short-run”* e *”long-run”* são estimados simultaneamente”. Assim, podem ser detectadas separadamente, relações de curto e longo prazo entre as variáveis independente e dependente. Esta função pode ser usada para criação de modelos de previsão, que não são o objetivo do presente trabalho.

Nakahodo (2007, p.109), estudou a relação entre contas Públicas e Crescimento Econômico no Brasil usando a técnica ARDL, e menciona característica destacada dessa técnica, “Uma vantagem do modelo ARDL é que ele é robusto à ordem de integração das variáveis explicativas.” Assim, este método pode ser usado mesmo que as variáveis explicativas sejam estacionárias ou não, e sejam de diferentes ordens de integração, ou ainda parcialmente integráveis (ordem de integração entre zero e um), fato que poderia dificultar a utilização de técnicas estatísticas tradicionais.

A primeira etapa a ser executada é estabelecer um modelo linear entre as variáveis que se deseja estudar.

Para analisar a relação entre as variáveis, será usada uma expressão baseada na função de produção de Cobb-Douglas, mostrada na equação (5).

$$Y_t = F(EC_t^{\beta_1}, ES_t^{\beta_2}, TP_t^{\beta_3}) \Rightarrow Y(t) = \beta_0 \cdot EC_t^{\beta_1} \cdot ES_t^{\beta_2} \cdot TP_t^{\beta_3} \quad (5)$$

Onde  $EC_t^{\beta_1}$  representa a quantidade de postos de trabalho no setor comercial de Manaus,  $ES_t^{\beta_2}$  representa o número de postos de trabalho no setor de serviços,  $TP_t^{\beta_3}$  representa a temperatura média para a zona urbana de Manaus, e  $Y_t$  representa a Energia Elétrica consumida a cada mês,  $\beta_0, \beta_1, \beta_2$  e  $\beta_3$  são constantes a serem estimadas.

Para transformar a expressão numa relação linear entre as variáveis, usa-se a propriedade da função logaritmo quando aplicado à multiplicação de variáveis, e para incluir a possível influência de valores passados das variáveis independentes, a expressão pode ser reescrita conforme a equação (4) já apresentada anteriormente.

$$\ln(Y_t) = \ln(\beta_0) + \sum_{i=1}^p \beta_i \cdot \ln(Y_{t-i}) + \sum_{i=0}^q \beta'_i \cdot \ln(EC_{t-i}) + \sum_{i=0}^r \beta''_i \cdot \ln(ES_{t-i}) + \sum_{i=0}^s \beta'''_i \cdot \ln(TP_{t-i}) + u_t \quad (4)$$



Esta equação representa uma relação linear entre os parâmetros  $\beta$ , sendo chamado de modelo linear. Este modelo pode ser resolvido usando técnica tradicional de mínimos quadrados ordinários, ou técnicas mais elaboradas como ARDL. Onde  $\ln$  é o logaritmo natural das variáveis,  $\beta_2$  e  $\beta_3$  representarão as elasticidades entre as variáveis independentes e a variável dependente,  $\ln(\beta_0)$  é um termo constante e  $\mu_t$  um termo que representa os erros de estimação, este termo deve ser normalmente distribuídos e com média zero para atender os requisitos estatísticos para validade da função.

O próximo passo é verificar a ordem de integração das variáveis. Este teste será realizado para assegurar a validade de aplicação da técnica aos dados escolhidos. A técnica ARDL pode ser usada independentemente se as variáveis independentes são estacionárias, integráveis de primeira ordem, ou mutuamente cointegráveis (FERREIRA,2009). Assim, o primeiro passo será verificar a ordem de integração das variáveis para garantir que não sejam de ordem de integração maior do que um. Para avaliar a ordem de integração, é usado o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) (NAKAHODO, 2007).

Na próxima etapa da técnica ARDL, será testado se a equação escolhida mostra evidência de relação estável de longo prazo entre as variáveis. Para isso, a equação acima é estimada usando o método dos mínimos quadrados ordinários (MQO) para todas as defasagens possíveis das variáveis independentes. A seguir é calculada a chamada “Estatística-F” que é a medida de decisão sobre o relacionamento entre as variáveis. Pode-se equacionar esta etapa através da equação (6).

$$F(Y|Y, EC, ES, TP) = X_1 \quad (6)$$

O valor de X na equação (6) representa o valor da “Estatística-F” quando a variável Y é tomada como variável independente e as variáveis EC, ES e TP são tomadas como variáveis dependentes. Pesaran, Shin e Smith (2001) desenvolveram tabelas para os valores críticos da “Estatística-F”, que devem ser comparados com o valor encontrado no cálculo para o modelo em estudo. Estes valores podem ser usados se as variáveis sejam estacionárias (I(0)) integráveis em primeira ordem (I(1)), ou parcialmente integráveis (ordem de integração entre 0 e 1), Existem dois valores críticos, um limite superior e um limite inferior e três situações que podem ser encontradas;

Se o valor calculado da “Estatística-F” está acima do valor crítico superior, significa que existe relação de longo prazo entre as variáveis, ou que existe cointegração entre as variáveis.

Se o valor calculado está abaixo do valor crítico superior, mas acima do valor crítico inferior, o teste é inconclusivo.

Se o valor calculado é abaixo do valor crítico inferior, significa que não existe relação entre as variáveis.

Na sequência, também podem ser calculados os valores da “Estatística-F” conforme as equações (7), (8) e (9) abaixo.

$$F(EC|Y, EC, ES, TP) = X_2 \quad (7)$$

$$F(ES|Y, EC, ES, TP) = X_3 \quad (8)$$

$$F(TP|Y, EC, ES, TP) = X_4 \quad (9)$$

Caso os valores da “Estatística-F”, nas equações (7), (8) e (9) sejam menores do que o limite inferior enquanto a “Estatística-F” para a equação (6) seja maior do que o limite superior, pode ser considerado que além de existir um relacionamento de longo prazo entre as variáveis, as variáveis ES, EC e TP podem ser consideradas como “*long-run forcing variables*” para a explicação da variável  $Y_t$  (PESARAN and PESARAN, 2009). Ou seja, as variáveis dependentes podem ser consideradas como causadoras da variável independente.

Narayan, P.K. revela uma limitação da técnica ARDL (2005b, pg 1981 tradução nossa) “Os valores críticos de Pesaran foram gerados para amostras de 500 e 1000 observações”. Para superar essa limitação, Narayan calculou valores para a “Estatística-F” no caso de amostras entre 30 e 80 observações.

Caso o teste seja conclusivo, pode-se passar para a próxima e última etapa da técnica, na qual os parâmetros são estimados, e, analisadas a validade e a precisão dos parâmetros estimados.

A técnica ARDL estima  $(p+1)^k$  equações possíveis, para testar todas as possibilidades de atrasos entre as variáveis e que possa ser selecionada a equação que melhor estima a variável dependente. P é o número de atrasos a serem considerados das variáveis e k, o número de variáveis independentes (SHAHBAZ, AHMED e ALI, 2008). Como nossos dados são mensais, o número máximo de atrasos é 12, o número de modelos será  $(12+1)^3 = 2197$ , pois temos três variáveis independentes. Assim, poderemos detectar influências relevantes na variável a ser estimada, até para uma dinâmica que tenha ocorrido 12 meses atrás.

Conforme explica Shahbaz, Ahmed e Ali (2008, pg 188 tradução nossa) sobre essa etapa na técnica ARDL “testes de diagnóstico examinam a correlação serial, forma funcional,

distribuição normal e heteroscedasticidade.” Estes testes estatísticos irão verificar se a equação estimada é válida segundo medidas estatísticas tradicionais.

Para verificar a estabilidade do modelo ao longo das amostras, também devem ser plotadas as medidas CUSUM (soma cumulativa dos resíduos) e CUSUMQ (soma quadrática dos resíduos), sugeridas por Pesaran, Shin e Smith (2001). Como etapa adicional, para analisar o desempenho do modelo calculado, podem-se comparar valores reais para o consumo de eletricidade com valores calculados pelo modelo estimado.

## 2.11 Testes de Diagnóstico

A equação básica que queremos resolver para o nosso caso é da forma da equação (10).

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 \cdot X_t + u_t \quad (10)$$

Vemos que os valores de  $Y(t)$  dependem de  $X(t)$  e  $u(t)$ . Para que os valores estimados de  $Y$  se aproximem dos valores reais, precisamos analisar o comportamento das variáveis  $X(t)$  e  $u(t)$ .

Conforme Gujarati (2000, pg 49) “O modelo clássico de regressão linear, que é a pedra fundamental da teoria econométrica, formula 10 hipóteses.” Estas hipóteses devem ser atendidas para que a equação acima tenha validade, e os valores estimados de  $Y$  se aproximem o máximo possível dos valores reais.

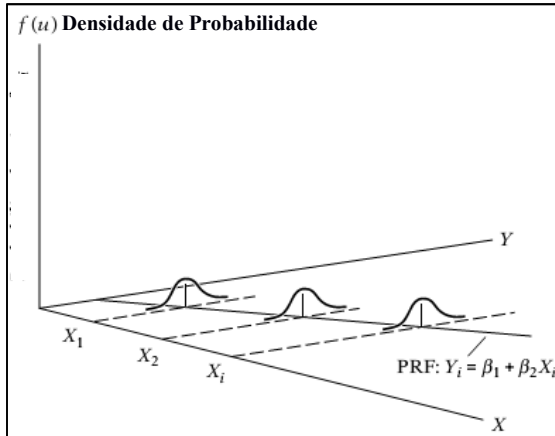
Hipótese 1: Que o modelo seja linear nos parâmetros. Isso significa que a relação entre as variáveis ( $Y$ ,  $X$  e  $u$ ) deve ser linear, ou ter valor constante para todo  $Y$ ,  $X$  e  $u$ . aqui cabe observação de Gujarati (2004, pg 66 tradução nossa) “As variáveis  $Y$  e  $X$  podem ser não lineares”, nesse caso, se estabelece que a relação entre as variáveis seja linear, não a variável em si.

Hipótese 2: Valores de  $X$  são os mesmos toda vez que os coletamos. Isto significa que a variável  $X$  não é uma variável cujos valores para um mesmo endereçamento sejam diferentes.

Hipótese 3: Valor médio de  $u(t)$  é igual a zero. Conforme sintetiza Gujarati (2004, pg 67 tradução nossa) “Os fatores não explicitamente incluídos no modelo, e, portanto assumidos em  $u(t)$ , não afetam sistematicamente o valor médio de  $Y$ ”. Avaliado pelo MICROFIT através do teste de Jarque-Bera para normalidade.

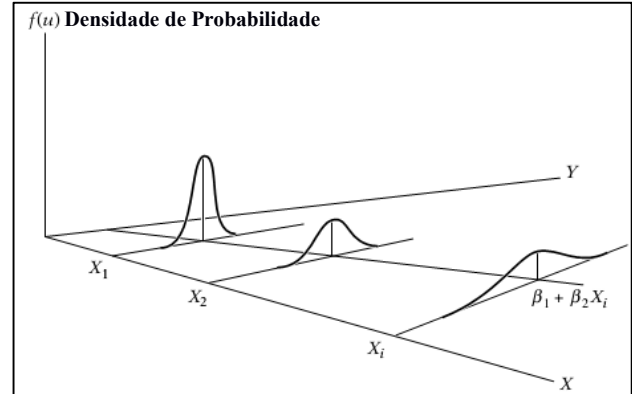
Hipótese 4: Presença de Homocedasticidade ou variância constante de  $u(t)$ . Conforme explica Gujarati (2000, pg 52) “A variação em torno da linha de relação entre  $Y$  e  $X$  é a mesma ao longo dos valores de  $X$ .” Vemos que a variação em torno dos valores estimados de  $Y$  é a mesma para qualquer  $X$ . Nos gráficos 5 e 6 temos uma ilustração desse efeito. No gráfico 4, temos homocedasticidade, e no gráfico 5 não existe homocedasticidade.

Gráfico 5 – Homocedasticidade



Fonte: Gujarati (2000, pg 52)

Gráfico 6 – Heterocedasticidade



Fonte: Gujarati (2000, pg 52)

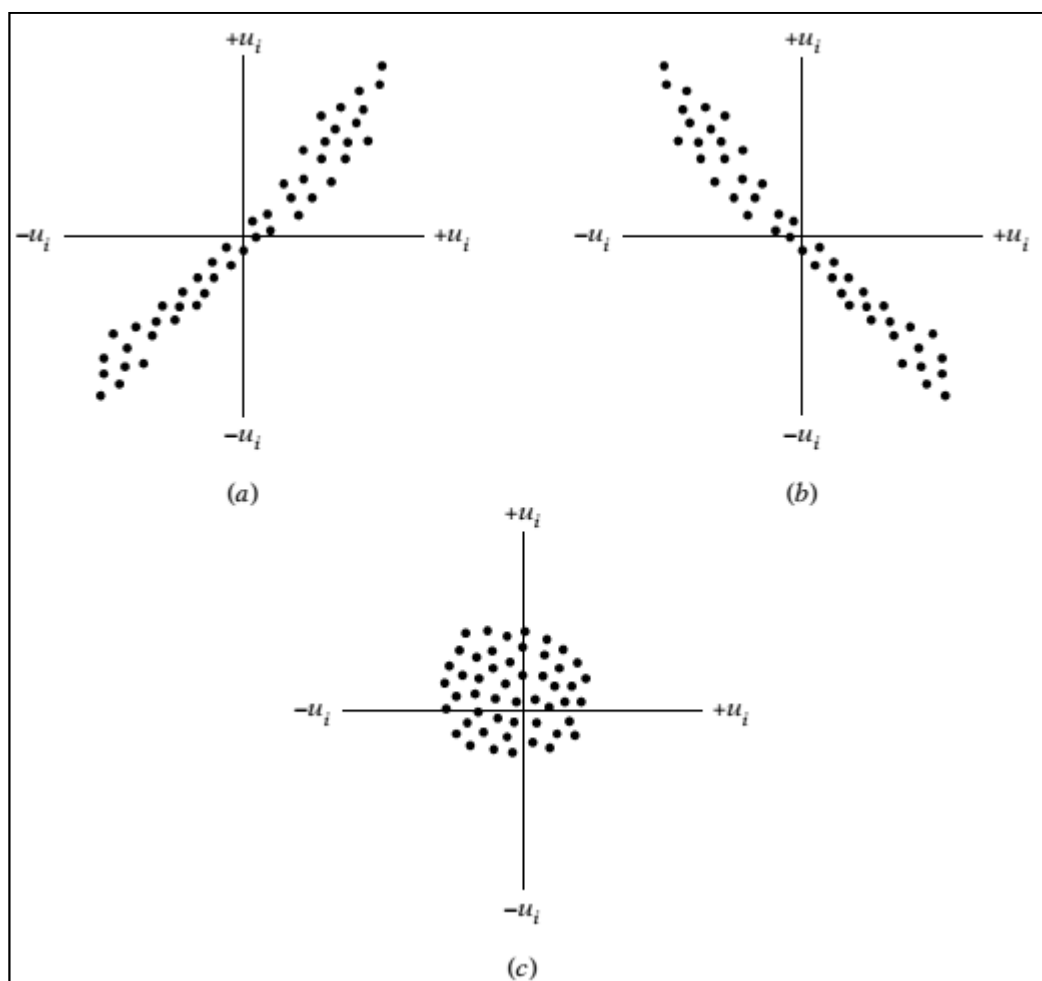
O efeito contrário da homocedasticidade é chamado de heterocedasticidade. Para avaliar este postulado, é verificada a hipótese de homocedasticidade avaliando a probabilidade de que  $\gamma = 0$  na equação (11) (PESARAN and PESARAN, 2009).

$$E(u_i^2) = \sigma_i^2 = \sigma^2 + \gamma \cdot (x_i' \cdot \beta)^2 \quad (11)$$

Hipótese 5: Sem Correlação Serial dos resíduos. Ou seja, que  $u(t)$  não possua correlação com  $u(t-1)$ . Caso houvesse correlação entre os resíduos,  $Y(t)$  não dependeria apenas de  $X(t)$  e  $u(t)$ , mas também de  $u(t-1)$ . A importância é sintetizada por Gujarati (2000, pg 53) “Para um dado  $X(t)$ , as variações de  $Y(t)$  e  $Y(t-1)$  em relação ao seu valor médio não devem exibir um padrão de comportamento” Ou seja, caso os valores de  $u_t$  e  $u_{t-1}$  sejam correlacionados, os valores de  $Y(t)$  e  $Y(t-1)$  também o serão, por influência da correlação serial de  $u(t)$ . Os padrões de correlação que podem acontecer são representados nos gráficos 7a, 7b e 7c. Esta hipótese é avaliada calculando a probabilidade de que não haja correlação serial.

Hipótese 6: Não existe correlação entre  $X$  e  $u$ . Como  $Y$  depende de  $X$  e  $u$ , espera-se que  $X$  e  $u$  contribuam para a explicação de  $Y$ , de forma que a soma de suas contribuições explique o máximo da dinâmica de  $Y$ . Caso  $X$  e  $u$  sejam correlacionados, haverá dificuldade em isolar e estimar a influência de cada variável em  $Y$ . Esta Hipótese é avaliada considerando

Gráfico 7–Padrões de correlação. (a) Correlação positiva, (b) Correlação negativa, (c) Correlação nula.



Fonte: Gujarati (2000 pg 54)

a natureza independente das variáveis e da hipótese da normalidade dos resíduos (GUJARATI, 2000).

Hipótese 7: O número de observações deve ser maior do que o número de variáveis independentes.

Hipótese 8: Para um universo de amostras de X, os valores de cada amostra devem ser diferentes. Para que seja explicada a dinâmica de variação da variável Y, deve haver variação nos valores de X no universo de amostras. Caso haja pequena variação nos valores de X para diferentes observações, haverá dificuldade em se explicar as variações de Y.

Hipótese 9: O modelo de regressão é corretamente especificado. Esta Hipótese alerta que a análise do modelo estimado e os resultados baseados nessa análise dependem do modelo escolhido. As variáveis escolhidas e a relação entre elas devem estar baseadas em teoria desenvolvida a partir de fatos, e as análises dos resultados estatísticos terão, portanto, essa teoria como base. Avaliada no MICROFIT através do teste de Forma Funcional ou teste de Ramsey de *RESET* (GUJARATI, 2000).

Hipótese 10: Não existe colinearidade entre as variáveis independentes. Caso sejam duas variáveis dependentes e uma seja múltipla da outra, estas variáveis não são linearmente dependentes.

As Hipóteses 3,4, 5 e 9, são avaliadas no *MICROFIT* através de testes de hipóteses, O valor-p é o mais baixo nível de significância em que a hipótese nula pode ser rejeitada. Ou seja, se o nível de significância escolhido for inferior ao valor-p calculado, aceitamos a hipótese nula, se o nível de significância for superior ao valor-p, rejeitamos a hipótese nula. O nível de significância é a probabilidade de rejeitarmos a hipótese nula quando, de fato ela é verdadeira e este nível é arbitrado em valores de 1% (0,01), 5% (0,05) e 10%(0,1) (GUJARATI, 2000).

## **CAPÍTULO 3      METODOLOGIA**

### **3.1      Classificação da Pesquisa e Método Científico**

Seguindo os critérios conforme Gil (2002), a pesquisa foi classificada quanto aos seus objetivos e quanto aos procedimentos técnicos utilizados. Quanto aos seus objetivos, a pesquisa é do tipo exploratória, pois busca avaliar fatores descritos como relevantes para o consumo de energia elétrica através de técnicas atuais de estatística. Gil (2002) afirma que as pesquisas exploratórias têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema da pesquisa, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Analisando fatores destacados em documentos oficiais, através de técnica estatística normalmente usada em outros trabalhos científicos sobre o tema, buscaram-se mais evidências para a relevância destes fatores, ou evidências que questionem tal relevância.

Ainda quanto aos objetivos, a pesquisa é descritiva quando busca identificar as variáveis que possuem relacionamento com o consumo de energia elétrica no sistema Manaus. Gil (2002) explica que pesquisas descritivas também visam identificar a existência de relação entre variáveis. Neste trabalho, buscaram-se identificar os relacionamentos com subsídio em documentos oficiais, outros trabalhos científicos e avaliar tais relacionamentos usando técnicas estatísticas.

Gil (2002) também destaca que as pesquisas descritivas juntamente com as exploratórias são normalmente realizadas quando existe preocupação com a atuação prática. Nesse caso, a identificação e avaliação de fatores relevantes para o consumo de energia elétrica pode servir de subsídio para elaboração de políticas públicas com fins de gestão da demanda de eletricidade através da atuação nos fatores relevantes identificados, e planejamento da produção de energia elétrica baseada em previsões para tais fatores.

Quanto aos procedimentos técnicos, pesquisa foi classificada como bibliográfica documental e estudo de caso. O caso em estudo foi sobre os fatores sociais, econômicos e sociais que podem ser usados para explicar o consumo de energia elétrica no sistema elétrico de Manaus.

O método científico que mais representa a abordagem realizada pelo trabalho é o método Hipotético-Dedutivo, cujas etapas, segundo Marconi e Lakatos (2000) iniciam com o estabelecimento do problema, a formulação das hipóteses e testes para confirmação ou refutação das hipóteses.

### 3.2 Procedimento da Pesquisa

Os procedimentos técnicos da pesquisa se iniciaram com o levantamento bibliográfico. Foram pesquisados trabalhos científicos atuais e de destaque sobre variáveis e técnicas estatísticas usadas em estudos sobre o relacionamento entre consumo de energia elétrica e fatores sociais, econômicos e regionais. Nesta pesquisa bibliográfica, foram identificadas variáveis que poderiam ser usadas no caso em estudo, bem como as ferramentas estatísticas que poderiam ser aplicadas. Conforme Cervo, Bervian e Da Silva (2007), a pesquisa bibliográfica busca contribuições científicas do passado sobre o tema em estudo a partir de artigos, livros, dissertações e teses. Assim, as principais fontes bibliográficas utilizadas foram os sítios online de periódicos científicos, e de universidades de diferentes países.

A pesquisa documental, conforme Gil (2002) pode fazer uso tanto de dados de órgãos públicos que não receberam tratamento, como bancos de dados e documentos de segunda mão, como relatórios de pesquisa. Assim, foram consultados junto a órgãos como INMET, Eletrobrás e MTE, tanto bases de dados primários, ou seja, sem tratamento, quanto relatórios de pesquisas e boletins sobre o mercado de energia elétrica.

Conforme explica Gil (2002), o estudo de caso é importante para fornecer respostas relativas a causas de fenômenos, no caso deste trabalho, o fenômeno é a demanda por energia elétrica, cujas causas, ou fatores relevantes para sua explicação, desejam-se conhecer.

Gil (2002) ainda destaca que um princípio do estudo de caso é obter dados mediante procedimentos diversos para garantir a qualidade dos resultados obtidos. Neste trabalho, foram levantadas evidências a partir da pesquisa bibliográfica, documental e análise estatística.

Conforme Miguel (2010, p.130) “Dentre os benefícios principais do estudo de caso estão a possibilidade do desenvolvimento de novas teorias e de aumentar o entendimento sobre eventos reais e contemporâneos.” O que se procura neste trabalho é aumentar o entendimento sobre os fatores que mais influenciam o consumo de energia elétrica no município de Manaus.

### 3.3 Coleta de Dados

Os dados foram coletados na pesquisa documental. Os dados sobre energia gerada foram coletados junto à concessionária que atende a região em estudo, Eletrobrás-Amazonas Energia. No *website* da Eletrobrás (ELETROBRAS, 2013a). São disponibilizados publicamente arquivos para acompanhamento da operação dos sistemas elétricos isolados administrados pela empresa.



Os dados contêm a quantidade energia total produzida para atendimento ao sistema, portanto estando agregados quantidade de energia comercializadas e não comercializada. Entre a quantidade de energia não comercializada pode-se citar o consumo próprio do processo de produção e distribuição da energia, o consumo através de imperfeições no processo e o consumo devido a fraudes de energia. Os dados são disponíveis em base mensal a partir de 2006.

Buscou-se a opinião dos agentes do setor elétrico, encontrando-se relatórios periódicos de análise do mercado de eletricidade junto à Eletrobrás, e pesquisas sobre hábitos dos consumidores junto à Empresa de Pesquisa Energética (EPE), através de seu programa Procel.

Os dados sobre condições climáticas da área urbana de Manaus foram coletados no *site* do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2013). São disponibilizadas diversas variáveis atmosféricas, entre elas a temperatura média mensal para a estação meteorológica considerada representativa da área urbana de Manaus.

Os dados sobre quantidade de postos de trabalho em diferentes setores econômicos foram coletados no *site* do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE, 2013). O MTE preparou um conjunto de tabelas que contém informações desagregadas sobre contratações e dispensas de trabalhadores segundo os setores econômicos do IBGE, e classificadas por estados da Federação, principais regiões metropolitanas e municípios com mais de 10.000 habitantes para o estado de São Paulo e 30.000 habitantes para os demais estados conforme o último censo realizado.

### **3.4 Tratamento dos Dados**

Para a análise de dados, foram feitas análises através da observação, comparação e análise estatística ARDL dos dados. Como explica Gil (2002), o processo de análise e interpretação dos dados no estudo de caso pode envolver diferentes modelos de análise.

Inicialmente, os dados coletados foram plotados de forma a possibilitar uma comparação das variações e possibilitando identificação de padrões, ainda que subjetivamente entre as curvas dos dados considerados. Em seguida, foram plotados gráficos de função de correlação entre as variáveis, e comparadas com padrões de correlação positiva, negativa ou ausência de correlação. Para realizar tais análises, foi utilizado o *software* MS Excel 2010.

Finalmente, foi feita análise quantitativa, utilizando técnica estatística ARDL para avaliar o relacionamento entre as variáveis. Nesta etapa foi utilizado o *software* MICROFIT 4.0.

### **3.5 Validação dos Resultados Obtidos**

A validação dos resultados da análise quantitativa foi feita a partir do equacionamento de uma função para a energia elétrica com os fatores identificados como variáveis independentes e com a comparação desta função com valores reais para a energia elétrica. Para calcular os coeficientes da função, foi usada a técnica dos mínimos quadrados ordinários (MQO) e a comparação foi feita com valores que não participaram do cálculo dos coeficientes. Nesta etapa também foi utilizado o *software* MICROFIT 4.0.

## CAPÍTULO 4 ANÁLISE DOS DADOS

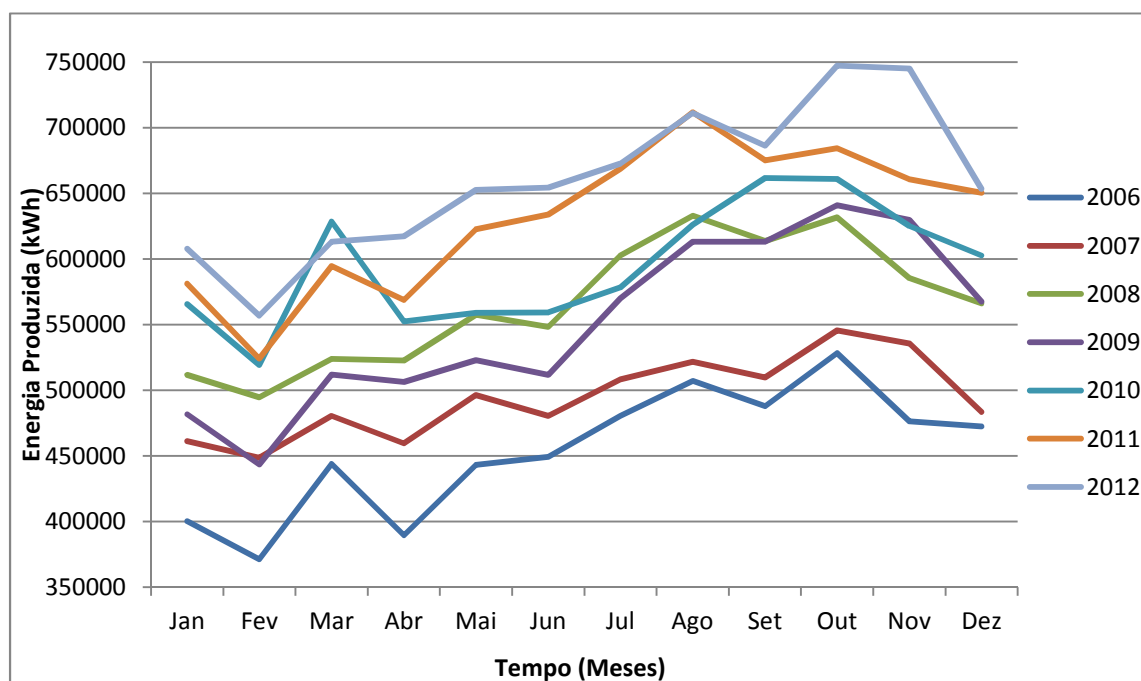
Neste Capítulo são descritas as etapas de análise dos dados, através da comparação entre os gráficos das variáveis e em análise através da aplicação da técnica ARDL.

Inicialmente, as variáveis foram plotadas separadamente num intervalo anual, como a base de dados é mensal, esta forma de apresentação permitiu comparar a evolução a cada novo ciclo (ano) em que a periodicidade se repete (mês).

### 4.1 Dados de Energia Elétrica Gerada

O gráfico 8 mostra a evolução da quantidade de energia elétrica produzida.

Gráfico 8 - Energia Gerada para atendimento do “sistema Manaus”



Fonte: Elaboração Própria.

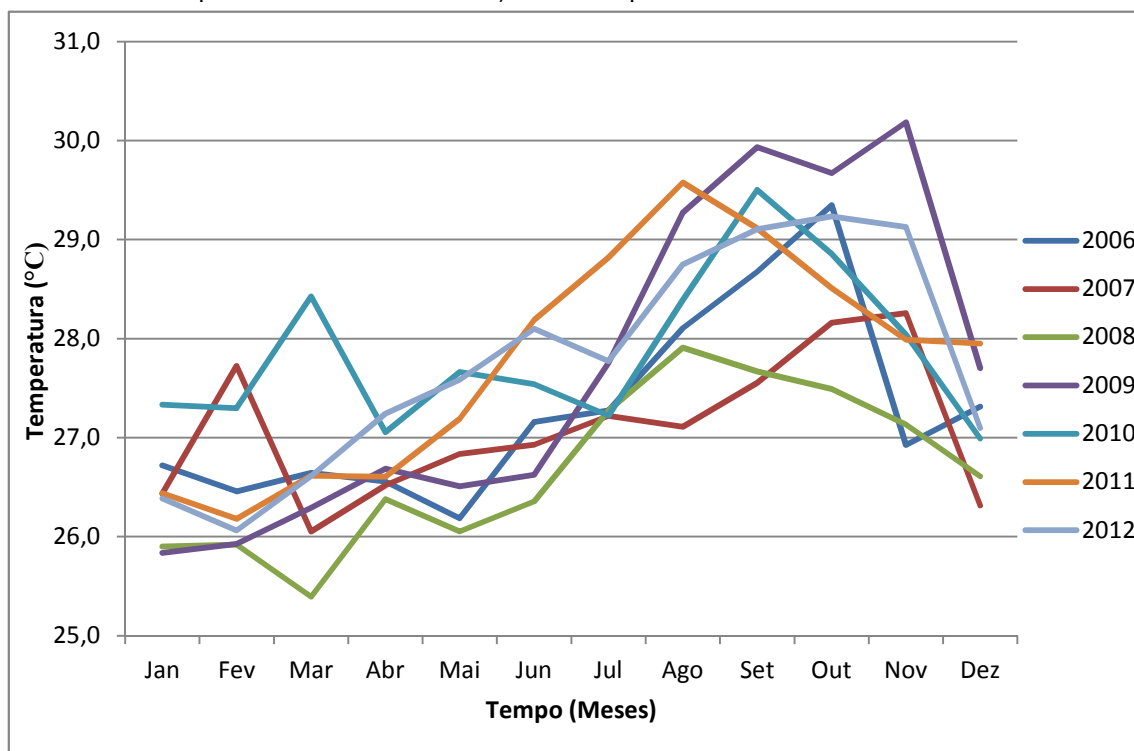
Verifica-se que a cada ano que passa, o consumo de eletricidade se eleva significativamente, com exceção no ano de 2009, quando parte da curva está abaixo do ano de 2008. Este fato é creditado às taxas negativas de crescimento mensal no consumo da classe industrial, desde dezembro de 2008 (-4%) (ELETROBRÁS, 2008), culminando em Julho de 2009 (-15%) e apenas voltando a apresentar valores positivos em dezembro de 2009 (ELETROBRÁS, 2009b). Esta dinâmica é creditada principalmente à crise mundial refletida no desempenho industrial. Em 2010, a taxa de crescimento anual foi de 10,3%, em função dos aumentos do consumo principalmente nas classes residencial e comercial (ELETROBRÁS, 2010c). Ainda podemos destacar no gráfico, que 2008 e 2009 têm valores de energia

parecidos ao longo do ano, e os anos de 2006 e 2007 têm valores de energia parecidos nos últimos seis meses do ano.

## 4.2 Dados de Temperatura

No gráfico 9 tem-se a evolução da temperatura no período considerado.

Gráfico 9 - Temperatura Média Mensal estação INMET para a cidade de Manaus



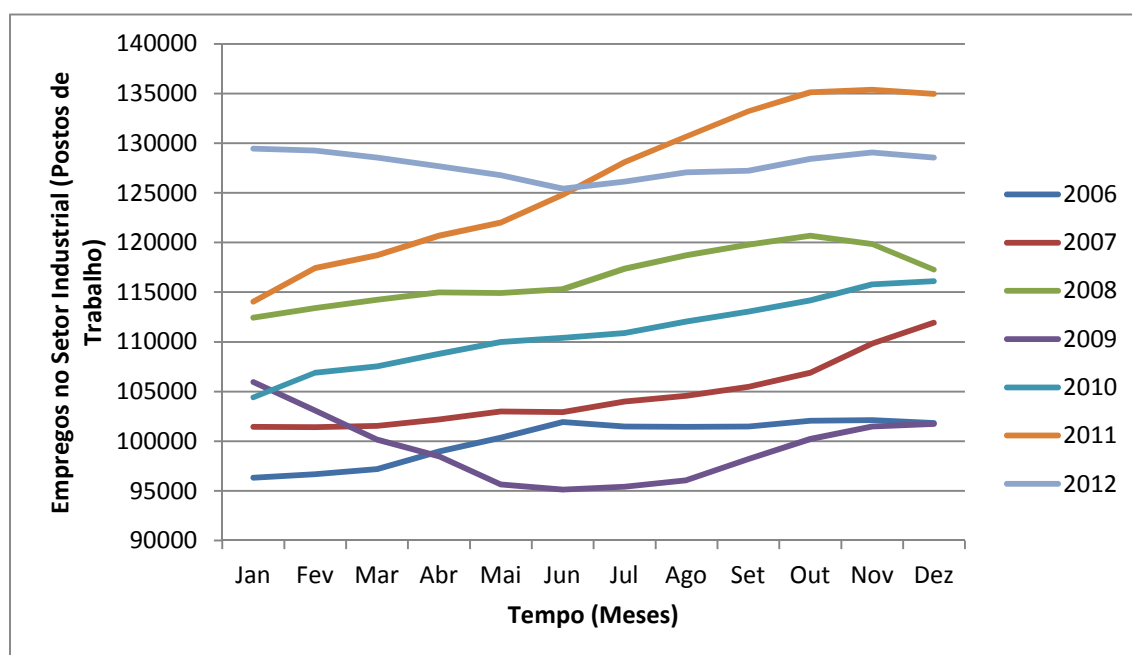
Fonte: Elaboração Própria.

Comparando os gráficos 8 e 9, pode-se perceber ao longo de um mesmo ano, semelhança entre a evolução da temperatura e da energia elétrica produzida para o “sistema Manaus”. Valores menores nos primeiros meses do ano, com uma elevação gradual até Outubro, e redução em Novembro e Dezembro. Diferente da eletricidade, a temperatura não mostra elevação evidente a cada ano que passa.

## 4.3 Dados de Empregos

A seguir temos o gráfico 10 que mostra a evolução do emprego no setor industrial do município de Manaus para o período considerado.

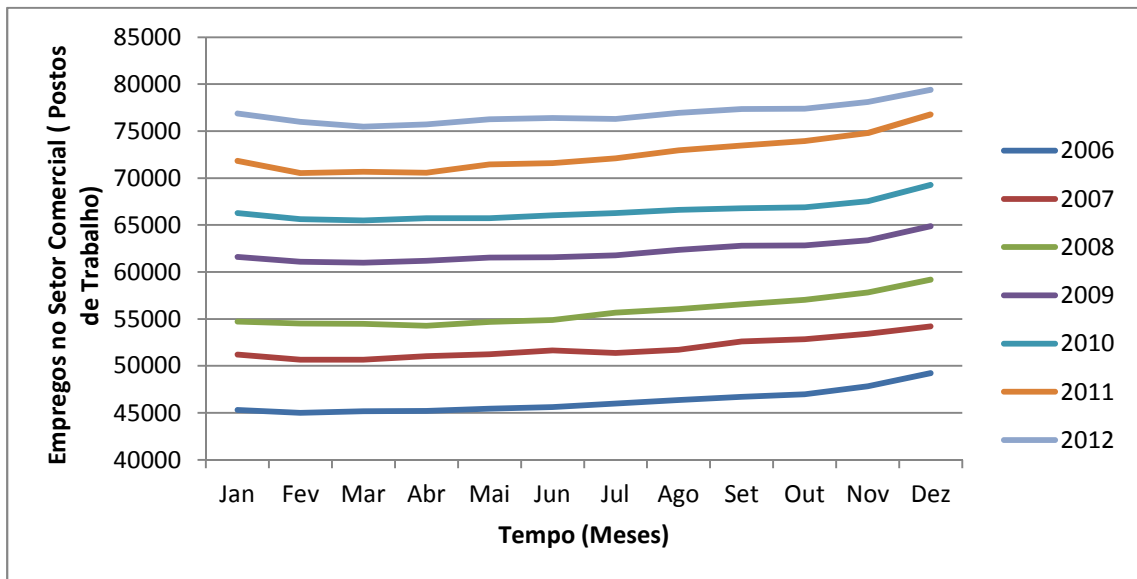
Gráfico 10 - Empregos no setor industrial da cidade de Manaus



Fonte: Elaboração Própria.

No gráfico 10, pode-se perceber que o nível de empregos no setor industrial não segue uma tendência ao longo dos anos ou mesmo dentro de um mesmo ano que guarde alguma semelhança com os dados de energia gerada. Esta evolução pode ser resultado do nível de qualificação da mão de obra industrial. O setor industrial utiliza mão de obra altamente especializada e variações no desempenho industrial podem ter um efeito de retardo tanto na contratação e treinamento desta mão de obra quanto na dispensa em momentos de baixa atividade industrial. Esta mão de obra especializada se caracteriza pela necessidade de um período maior de treinamento e adaptação ao ritmo de trabalho do que atividades comerciais ou de serviços. Tal característica causa um retardo natural entre a contratação e o atingimento de metas de produtividade exigidas no ambiente industrial, que dificilmente ocorrerão no mesmo mês. Esta característica também provoca uma natural resistência na dispensa da mão de obra especializada, pois o custo e o tempo dispendido com uma nova captação e treinamento deste recurso humano especializado pode não compensar a economia com a sua dispensa. Essa resistência apenas é superada com o prolongamento do período de crise. No gráfico 11, a seguir, está traçada a evolução emprego no setor comercial para o período considerado.

Gráfico 11 - Empregos no setor Comercial da cidade de Manaus

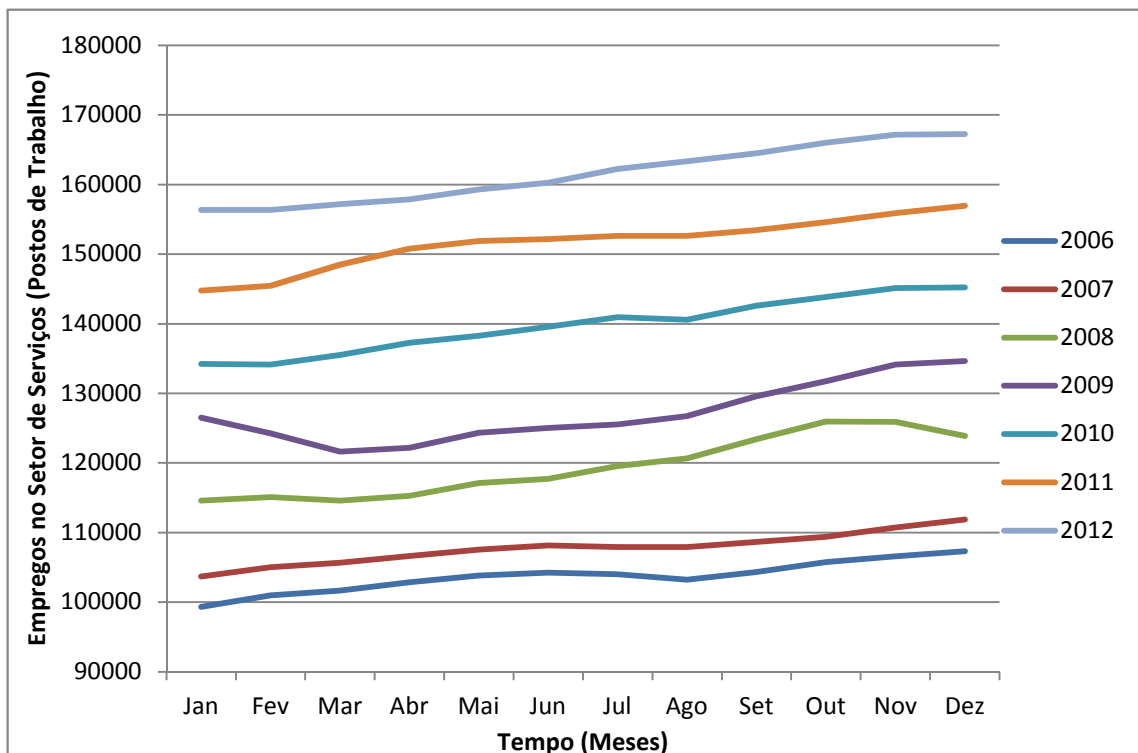


Fonte: Elaboração Própria.

No gráfico 11, vemos que o nível de empregos se eleva a cada ano, e num mesmo ano, apresenta aumento no final de cada ano. Características também são observadas no gráfico para a quantidade de energia gerada para o sistema Manaus.

A seguir está traçado o gráfico 12, que representa a evolução dos empregos no setor de serviços.

Gráfico 12 – Empregos no setor de Serviços da cidade de Manaus



Fonte: Elaboração Própria.

No gráfico 12, o nível de empregos apresenta aumento com o passar dos anos e elevação no final de cada ano. Pode-se perceber também, que os traços para os anos de 2006 e 2007 são mais próximos entre si do que entre os outros anos, o mesmo fato pode ser observado para os anos de 2008 e 2009 entre os meses de março e outubro. Comportamento semelhante ao da Energia Elétrica mostrada no gráfico 7. Este comportamento do setor de serviços pode ser creditado à maior dinâmica deste setor em se relacionar com variações econômicas. O setor de serviços representa a significativa influência econômica da terceirização (DIEESE, 2003), quando uma empresa contrata outra para desempenhar processos antes realizados por trabalhadores contratados diretamente (ARAÚJO, 2001). Esta relação comercial facilita a contratação e a dispensa de mão de obra. Assim, mão de obra do setor de serviços pode ser rapidamente contratada e dispensada em setores econômicos como indústria e comércio. Esta característica do setor de serviços leva o número de postos de trabalho neste setor a acompanhar com mais rapidez as variações econômicas da demanda e oferta de produtos produzidos e conseqüentemente, a atividade das empresas, refletindo na demanda por insumos, entre eles a energia elétrica. Assim, a quantidade de postos de trabalho no setor de serviços pode ser considerada como importante variável para explicar a demanda por energia elétrica no sistema Manaus.

Continuando com a análise de relacionamento entre as variáveis, foi aplicada função de correlação entre as variáveis de emprego, temperatura e energia elétrica gerada, e o resultado foi de correlação positiva entre a eletricidade produzida e as variáveis de temperatura e níveis de emprego. Os gráficos 13 à 16 mostram tal correlação.

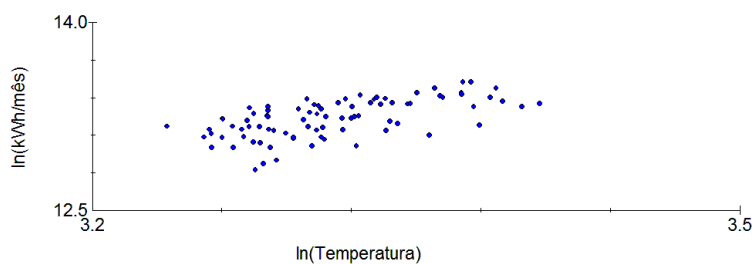


Gráfico 13 - Correlação Eletricidade com Temperatura

Fonte: Elaboração Própria.

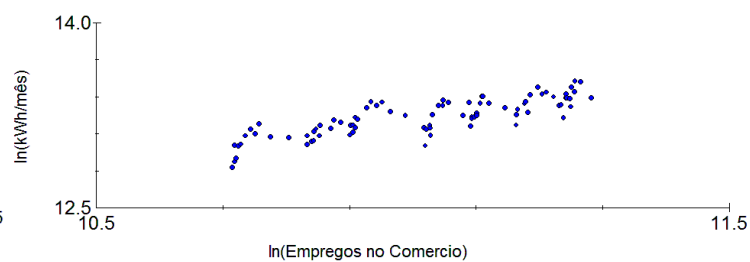


Gráfico 14 - Correlação Eletricidade com empregos no Comércio

Fonte: Elaboração Própria.

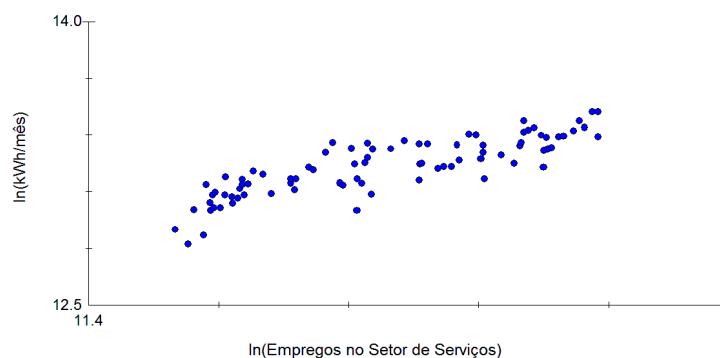


Gráfico 15 - Correlação entre Eletricidade e empregos no setor de Serviços

Fonte: Elaboração Própria.

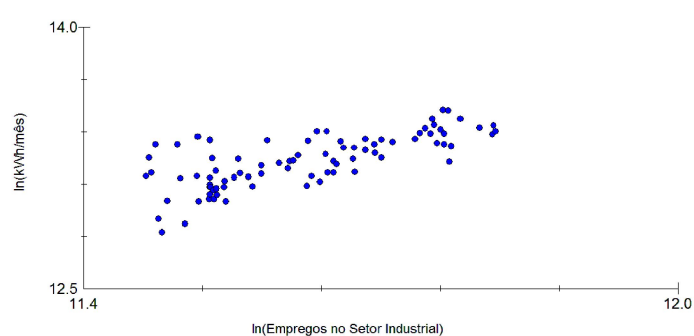


Gráfico 16 - Correlação entre Eletricidade e empregos no setor Industrial

Fonte: Elaboração Própria.

#### 4.4 Análise Estatística ARDL

Nesta seção serão descritas as etapas para aplicação da técnica ARDL. Optou-se por descrever passo a passo a utilização do *software* utilizado. É mostrada toda a sequência de funções necessárias para realizar a análise do relacionamento segundo a técnica ARDL e também para a etapa de validação, seguindo as etapas conforme sugerido em Pesaran e Pesaran (2009). Nesta seção, foram mantidos apenas os resultados necessários à compreensão do processo. Na seção seguinte, são apresentados os resultados consolidados, com todos os detalhes importantes para compreensão dos resultados obtidos.

Em anexo é apresentado o índice do manual do *software* que relaciona todas as funções que podem ser executadas, e que devem ser adequadamente compostas conforme a análise desejada.

##### 4.4.1 O Software *MICROFIT*

Conforme menciona Oxley (1995, pg 379, tradução nossa) “Muitas áreas da economia envolvem a formulação de modelos e avaliação de hipóteses. Estimção e hipóteses podem ser realizadas usando softwares como *MICROFIT 3.0*”, Oxley se refere à versão anterior do *Software* estatístico usado neste trabalho, o *MICROFIT 4.0*. O *MICROFIT* possibilita realizar



testes estatísticos para avaliar características relevantes de conjunto de dados e implementar funções complexas como estimação com Mínimos quadrados ordinários e a técnica ARDL para estudar o relacionamento entre variáveis.

#### 4.4.2 Entrada de Dados

Antes de usar o *MICROFIT*, precisa-se montar um arquivo com os dados a serem usados. Neste trabalho, os dados foram salvos no formato CSV (*Comma Separated Values*), a partir de um software de planilhas eletrônicas (*LibreOffice Calc*). A figura 3 ilustra essa etapa.

Figura 3 – Arquivo criado para entrada de dados no *MICROFIT* 4.0

	A	B	C	D	E
1	Date	Mwh	serv	Temp	com
2	2006M1	400351.450	99335.273	26.719	45297.092
3	2006M2	371232.331	100977.273	26.456	45007.092
4	2006M3	443885.458	101684.273	26.643	45173.092
5	2006M4	389494.755	102869.273	26.558	45199.092
6	2006M5	443114.673	103843.273	26.185	45452.092
7	2006M6	449169.204	104247.273	27.158	45613.092
8	2006M7	480606.366	104032.273	27.276	45973.092
9	2006M8	507168.651	103230.273	28.106	46360.092
10	2006M9	487831.658	104356.273	28.673	46704.092
11	2006M10	528316.827	105751.273	29.347	46981.092
12	2006M11	476245.921	106572.273	26.926	47844.092
13	2006M12	472444.984	107343.273	27.314	49241.092

Planilha 3 / 4 | PageStyle\_dados (2)

Fonte: Elaboração Própria.

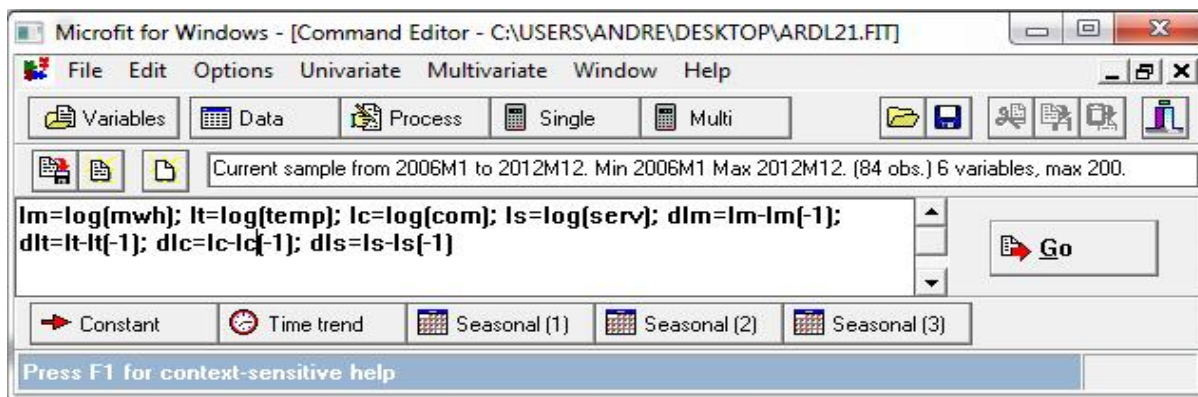
A coluna *Date* se refere às datas, a coluna *Mwh* contém os dados de energia elétrica produzida, a coluna *serv* disponibiliza os dados de empregos no setor de serviços, a coluna *Temp* mostra as temperaturas e a coluna *com* traz os dados de empregos no setor comercial da cidade de Manaus.

No passo seguinte, o arquivo anteriormente salvo é importado para a área de trabalho do *MICROFIT* e são realizadas operações matemáticas para possibilitar a execução da estimação com a técnica ARDL. A figura 02 mostra as operações matemáticas citadas.

A figura 4 mostra a tela inicial do software *MICROFIT* e as variáveis adicionais que precisam ser calculadas para executar a técnica ARDL. *lm*, *lt*, *ls* e *lc* são respectivamente os logaritmos naturais das variáveis *Mwh*, *temp*, *serv* e *com*. As variáveis *d1m*, *d1t*, *d1s* e *d1c*, são as primeiras diferenças de cada variável em análise. Ainda é criada uma sequência de números um correspondente a cada mês clicando no botão “*Constant*”. Com a execução das expressões

acima, grupos de dados para as novas variáveis são criados e incluídos na área de trabalho juntamente com os dados inicialmente importados.

Figura 4 – Tela inicial do *MICROFIT* 4.0, criação de variáveis adicionais



Fonte: Elaboração Própria.

#### 4.4.3 Teste de Estacionariedade

No próximo passo, é testada a estacionariedade das variáveis com o teste ADF. O comando que se executa para cada variável é ADF XX, onde XX é substituído por LM, LT, LS e LC. A figura 5 mostra a saída do teste para a variável LC.

A figura 5 mostra os testes DF e ADF de ordem 1 até ordem 12. Na parte de cima da figura, tem-se o resultado considerando utilizar-se um modelo com termo constante (*intercept*) e não utilizar o tempo (*trend*) como uma variável. No caso da nossa expressão (5), utilizamos um termo constante ( $\beta_0$ ) e não consideramos o tempo como variável. Os critérios AIC, SBC e HQC indicam a ordem do teste ADF a ser considerada, quanto maior o valor do critério, mais indicada é a ordem do teste ADF (PESARAN and PESARAN, 2009). Na parte superior da figura, o critério SBC (220,94) indica ordem 2 para o teste ADF, neste caso, a estatística de teste indica valor (-0,41985), que é menor em valor absoluto do que o valor limite para uma confiança de 95% (-2,9023). Com esse resultado, conclui-se que a variável LC é não estacionária (GUJARATI, 2000). Nesse caso, precisamos verificar se existe estacionariedade para a primeira diferença da variável LC (DLC). A figura 6 mostra essa função.

Na figura 6, vemos que o valor calculado para o teste ADF e selecionado pelo critério SBC (-6,6608), é maior em módulo do que o valor para 95% de confiança (-2,9029). Com esse resultado, concluímos que a variável LC é estacionária em primeira diferença I(1). No anexo A, tem-se as saídas para os testes ADF das variáveis LS, LT e LM.

Figura 5 – Resultado do comando ADF LC no *MICROFIT* 4.0

```

Unit root tests for variable LC
The Dickey-Fuller regressions include an intercept but not a trend
*****
71 observations used in the estimation of all ADF regressions.
Sample period from 2007M2 to 2012M12
*****

```

	Test Statistic	LL	AIC	SBC	HQC
DF	-.25407	226.7537	224.7537	222.4911	223.8540
ADF (1)	-.21990	226.9664	223.9664	220.5723	222.6167
ADF (2)	-.41985	229.4697	225.4697	220.9444	223.6701
ADF (3)	-.55277	230.1775	225.1775	219.5208	222.9280
ADF (4)	-.52696	230.1854	224.1854	217.3973	221.4860
ADF (5)	-.68069	230.8404	223.8404	215.9210	220.6911
ADF (6)	-.91547	232.2657	224.2657	215.2150	220.6666
ADF (7)	-1.0196	232.5469	223.5469	213.3648	219.4978
ADF (8)	-1.1275	232.8232	222.8232	211.5098	218.3242
ADF (9)	-1.6620	236.6968	225.6968	213.2520	220.7479
ADF (10)	-2.1962	239.7075	227.7075	214.1314	222.3087
ADF (11)	-1.8358	240.3092	227.3092	212.6018	221.4605
ADF (12)	-1.2028	248.0625	234.0625	218.2237	227.7639

```

*****
95% critical value for the augmented Dickey-Fuller statistic = -2.9023
LL = Maximized log-likelihood      AIC = Akaike Information Criterion
SBC = Schwarz Bayesian Criterion   HQC = Hannan-Quinn Criterion

```

```

Unit root tests for variable LC
The Dickey-Fuller regressions include an intercept and a linear trend
*****
71 observations used in the estimation of all ADF regressions.
Sample period from 2007M2 to 2012M12
*****

```

	Test Statistic	LL	AIC	SBC	HQC
DF	-2.7465	230.4562	227.4562	224.0622	226.1065
ADF (1)	-3.2584	232.1692	228.1692	223.6439	226.3696
ADF (2)	-2.5450	232.7168	227.7168	222.0601	225.4673
ADF (3)	-2.2622	232.7695	226.7695	219.9815	224.0701
ADF (4)	-2.4502	233.2725	226.2725	218.3531	223.1232
ADF (5)	-2.1771	233.3009	225.3009	216.2501	221.7017
ADF (6)	-1.7306	233.8138	224.8138	214.6317	220.7647
ADF (7)	-1.5775	233.8377	223.8377	212.5243	219.3387
ADF (8)	-1.4196	233.8684	222.8684	210.4237	217.9195
ADF (9)	-.74672	236.9336	224.9336	211.3575	219.5348
ADF (10)	-.29346	239.7186	226.7186	212.0112	220.8700
ADF (11)	-.40779	240.3551	226.3551	210.5163	220.0565
ADF (12)	-.94336	248.5221	233.5221	216.5520	226.7736

```

*****
95% critical value for the augmented Dickey-Fuller statistic = -3.4730
LL = Maximized log-likelihood      AIC = Akaike Information Criterion
SBC = Schwarz Bayesian Criterion   HQC = Hannan-Quinn Criterion

```

Fonte: Elaboração Própria.

Figura 6 – Resultado do comando ADF DLC no *MICROFIT* 4.0

```

Unit root tests for variable DLC
The Dickey-Fuller regressions include an intercept but not a trend
*****
70 observations used in the estimation of all ADF regressions.
Sample period from 2007M3 to 2012M12
*****

```

	Test Statistic	LL	AIC	SBC	HQC
DF	-7.0742	225.4614	223.4614	221.2129	222.5683
ADF (1)	-6.6608	227.1845	224.1845	220.8117	222.8448
ADF (2)	-5.7447	227.5543	223.5543	219.0573	221.7681
ADF (3)	-4.6110	227.6009	222.6009	216.9797	220.3681
ADF (4)	-4.5335	228.0867	222.0867	215.3412	219.4073
ADF (5)	-4.7162	229.1903	222.1903	214.3205	219.0643
ADF (6)	-4.3090	229.2864	221.2864	212.2924	217.7139
ADF (7)	-4.0369	229.3970	220.3970	210.2787	216.3779
ADF (8)	-4.7435	232.2953	222.2953	211.0528	217.8296
ADF (9)	-5.0269	234.0142	223.0142	210.6474	218.1019
ADF (10)	-3.2690	235.7179	223.7179	210.2269	218.3591
ADF (11)	-1.6621	243.7125	230.7125	216.0973	224.9071
ADF (12)	-1.6511	243.7467	229.7467	214.0072	223.4948

```

*****
95% critical value for the augmented Dickey-Fuller statistic = -2.9029
LL = Maximized log-likelihood      AIC = Akaike Information Criterion
SBC = Schwarz Bayesian Criterion    HQC = Hannan-Quinn Criterion

```

```

Unit root tests for variable DLC
The Dickey-Fuller regressions include an intercept and a linear trend
*****
70 observations used in the estimation of all ADF regressions.
Sample period from 2007M3 to 2012M12
*****

```

	Test Statistic	LL	AIC	SBC	HQC
DF	-7.0301	225.5012	222.5012	219.1285	221.1615
ADF (1)	-6.6379	227.2998	223.2998	218.8028	221.5135
ADF (2)	-5.7397	227.7334	222.7334	217.1122	220.5006
ADF (3)	-4.5966	227.7558	221.7558	215.0103	219.0764
ADF (4)	-4.5434	228.3637	221.3637	213.4940	218.2378
ADF (5)	-4.7834	229.7155	221.7155	212.7215	218.1430
ADF (6)	-4.4083	229.9257	220.9257	210.8075	216.9066
ADF (7)	-4.1775	230.1926	220.1926	208.9501	215.7269
ADF (8)	-5.0994	234.0765	223.0765	210.7098	218.1643
ADF (9)	-5.6720	237.1099	225.1099	211.6189	219.7511
ADF (10)	-3.8449	237.8963	224.8963	210.2811	219.0910
ADF (11)	-2.0715	244.6406	230.6406	214.9011	224.3886
ADF (12)	-2.0841	244.7443	229.7443	212.8806	223.0458

```

*****
95% critical value for the augmented Dickey-Fuller statistic = -3.4739
LL = Maximized log-likelihood      AIC = Akaike Information Criterion
SBC = Schwarz Bayesian Criterion    HQC = Hannan-Quinn Criterion

```

Fonte: Elaboração Própria.

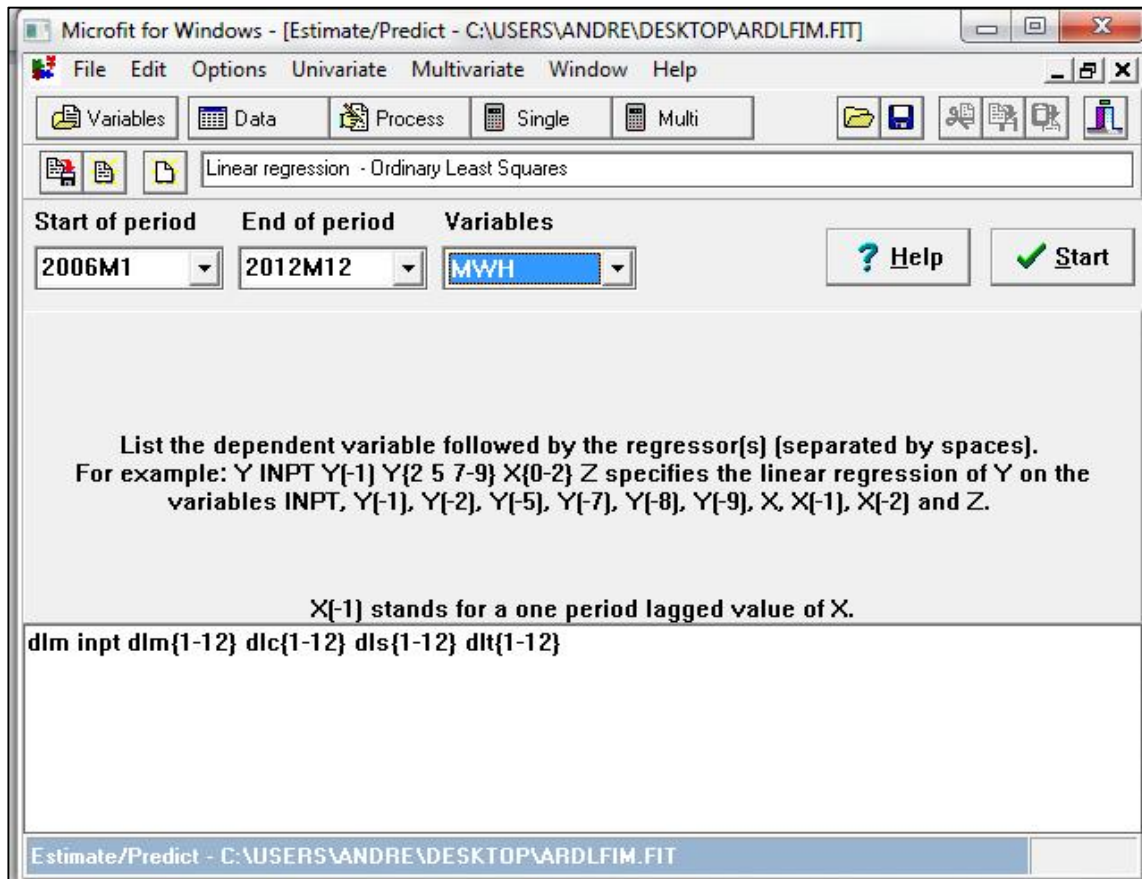
#### 4.4.4 Cálculo da Estatística-F

A hipótese nula a ser testada é “não existência de relacionamento de longo-prazo”, definida pela equação (12).

$$H_0 : \beta_i = \beta_i' = \beta_i'' = \beta_i''' = 0 \quad (12)$$

Com a aplicação desta hipótese na equação estimada (5) através do MQO considerando todos os atrasos possíveis (12 neste caso), é calculada a “Estatística-F”. Para computar essa estatística no *MICROFIT*, selecionamos a opção 1 no menu “Univariate”, em seguida a opção “Ordinary Least Squares”. Na caixa de comandos, escrevemos a equação (4) na forma de diferenças (13). A figura 7 mostra esta etapa.

Figura 7 – Tela para regressão MQO



Fonte: Elaboração Própria.

$$DLM \text{ INPT } DLM\{1-12\} \text{ DLC}\{1-12\} \text{ DLS}\{1-12\} \text{ DLT}\{1-12\} \quad (13)$$

Onde:

$$DLM = \ln(Y_t) - \ln(Y_{t-1});$$

$$INPT = \ln(\beta_0);$$

$$DLC = \ln(EC_t) - \ln(EC_{t-1});$$

$$DLS = \ln(ES_t) - \ln(ES_{t-1});$$

$$DLT = \ln(EC_t) - \ln(EC_{t-1});$$

Escolhe-se o período de amostras 2006M1 a 2012M12 para o cálculo, e clica-se no botão “Start” para obter o resultado da estimação MQO. Este resultado não é de interesse no momento. Clica-se “Close” e no próximo *menu*, clica-se “Ok”, para entrar no menu de teste de hipóteses. Neste *menu*, escolhe-se a opção 6 “Variable addition Test” e na caixa de diálogo que se abre, digita-se a equação (14).

$$\text{LM}(-1) \text{ LC}(-1) \text{ LS}(-1) \text{ LT}(-1) \quad (14)$$

Clicando em “Ok” para executar o comando, a figura 8 mostra a parte superior e a parte inferior da saída para o teste. A parte intermediária foi omitida para conservar espaço. A saída completa encontra-se em anexo.

Figura 8 – Saída para “Estatística-F”

```

Variable Addition Test (OLS case)
*****
Dependent variable is DLM
List of the variables added to the regression:
LM(-1)          LS(-1)          LC(-1)          LT(-1)
71 observations used for estimation from 2007M2 to 2012M12
*****
Joint test of zero restrictions on the coefficients of additional variables:
Lagrange Multiplier Statistic      CHSQ( 4)= 41.4381[.000]
Likelihood Ratio Statistic         CHSQ( 4)= 62.2097[.000]
F Statistic                         F( 4, 18)= 6.3078[.002]
*****

```

Fonte: Elaboração Própria.

A “Estatística-F” está na última linha da caixa de diálogo que mostra o resultado do teste. Agora, basta comparar este valor com o valor tabulado por Pesaran, Shin e Smith (2001).

Pode-se também avaliar o relacionamento entre as variáveis em estudo quando EC, ES e TP, são consideradas como variáveis dependentes. Para isso, basta reescrever a equação (13) e colocar as variáveis DLC, DLT e DLS na posição de primeira variável. Para cada caso, repetir os passos para obter a “Estatística-F”. Neste caso se o teste não indicar cointegração, tendo indicado cointegração quando a variável Y foi considerada como variável dependente, o fato indica existência de causalidade das variáveis EC, ES e TP para a variável Y. Para confirmar tal situação de causalidade, devem ainda ser realizados testes adicionais de causalidade como o teste de causalidade de Granger (DERGIADES, 2011).

#### 4.4.5 Estimação do Modelo ARDL

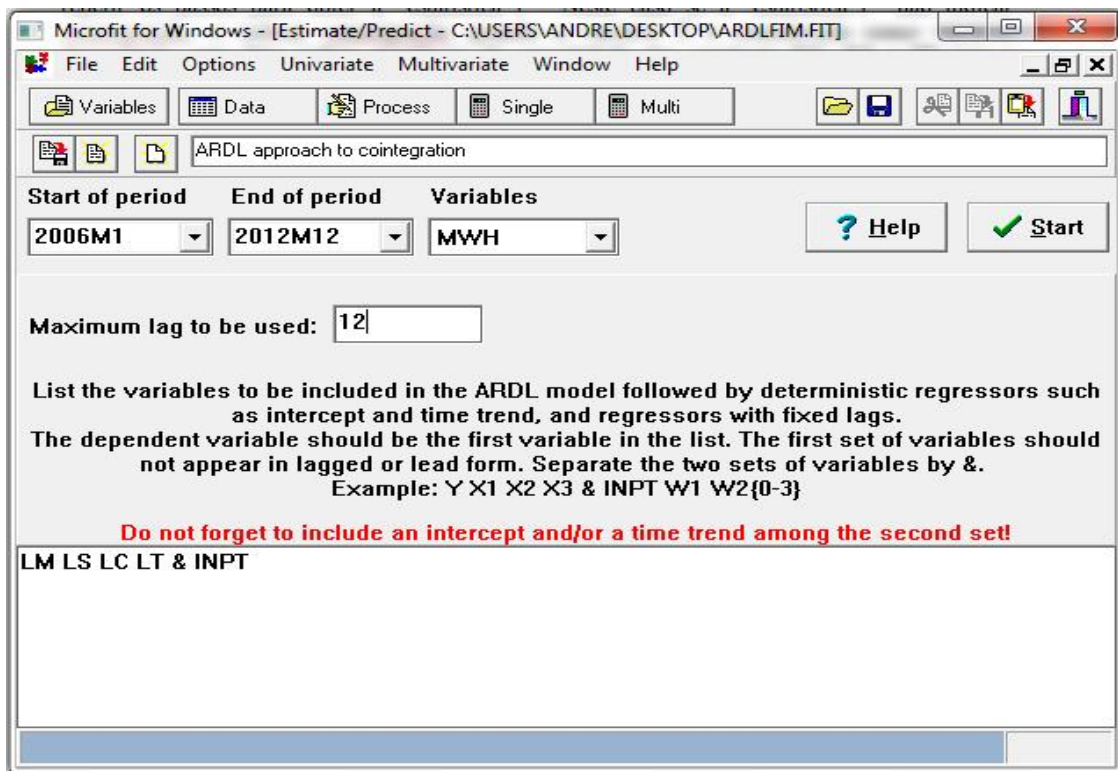
O próximo passo é calcular coeficientes para a equação (4) usando a técnica ARDL. Para isso, escolhe-se a opção 6, no *menu* “Univariate”, para o número máximo de atrasos,

deve-se escolher em função da periodicidade dos dados: 12 para dados mensais, 4 para dados trimestrais e 1 para dados anuais. Com isso, pode-se detectar a influência de uma dinâmica que ocorreu até um ano atrás. Na caixa de comandos deve-se escrever a equação (4) na forma da equação (15).

$$LM \text{ } LS \text{ } LC \text{ } LT \text{ } \& \text{ } INPT \quad (15)$$

O comando acima calcula o melhor modelo baseado no MQO e considerando todas as combinações possíveis de atrasos, com a variável LM como variável dependente e um termo constante (INPT) na equação. Deve-se escolher o período inicial e final dos dados a serem usados (2006M1 e 2012M6 neste caso, pois deixaremos os últimos seis valores para validação do modelo) e clicar “Start”. A figura 9 ilustra esta etapa.

Figura 9 – Tela para função ARDL



Fonte: Elaboração Própria

Na caixa de diálogo para seleção do critério de avaliação da ordem do modelo, o critério “*Schwarz Bayesian Criterion*” é pre-selecionado conforme sugerido por Pesaran, Shin e Smith (2001) para ser usado. A próxima caixa de diálogo “*Post ARDL Model Selection Menu*” apresenta as opções:

1. *Display the estimates of the selected ARDL regression.*
2. *Display long run coefficients and their asymptotic standard errors.*
3. *Display Error Correction Model.*

#### 4. Compute forecasts from the ARDL model.

A opção 1 mostra os coeficientes das variáveis para a equação (5). A opção 2 apresenta os coeficientes considerando um relacionamento de longo prazo. A opção 3 mostra os coeficientes para considerando modelo de correção de erros. Finalmente, a opção 4 calcula previsões usando o modelo estimado.

### 4.5 Análise Consolidada

Nesta seção, serão apresentados os resultados dos procedimentos descritos na seção anterior, bem como a interpretação dos significados relevantes.

#### 4.5.1 Teste de estacionariedade

Para testar a existência de relacionamento de longo prazo entre as variáveis da equação (4), inicialmente, foi verificada a ordem de integração das variáveis, mostrado na tabela 3.

Tabela 3 – Teste de ordem de integração para as variáveis em análise.

Variável	Teste ADF	
	Nível*	Primeira diferença**
Temperatura	-4,4696	
Empregos no Setor Comercial	-0,41985	-6,6608
Empregos Setor de Serviços	-0,9158	-6,1988
Energia Elétrica Produzida	-1,2491	-3,5564

\* Valor crítico de significância para 95% de confiança = -3,4730

\*\* Valor crítico de significância para 95% de confiança = -2,9029

Fonte: Elaboração Própria.

Percebe-se que a variável temperatura é estacionária em nível, a energia elétrica, os empregos na indústria e setor de serviços, são estacionários em primeira diferença. Importante destacar que para a variável que representa o emprego no setor industrial, não foi identificada evidência de relacionamento com a energia elétrica na aplicação da “Estatística-F”, por isso essa variável não foi incluída no modelo a ser estudado.

#### 4.5.2 Estatística-F

O próximo passo é estimar a “Estatística-F” conforme anteriormente explicado, o resultado é mostrado na tabela 4.



Tabela 4 – “Estatística-F” para cointegração entre as variáveis.

Variável Dependente	Energia Consumida	Empregos no setor Serviços	Empregos no setor Comercial	Temperatura
Estatística-F calculada	6,3078	2,4615	0,33595	3,8722
Limite Superior	5,570***			
Limite Inferior	4,098***			

\*\*\* Valor crítico de significância para 99% de confiança

Fonte: Elaboração Própria.

Os dados para os limites superior e inferior foram coletados na tabela para o caso III (*Unrestricted intercept and no trend*), 70 amostras, (NARAYAN, 2005b, pg 1988). O resultado acima mostra que não pode ser rejeitada a hipótese de cointegração entre as variáveis, quando o consumo de eletricidade é tomado como variável dependente, e o emprego no setor comercial, no setor de serviços e a temperatura, são consideradas como variáveis independentes. Quando as variáveis referentes ao emprego e temperatura são consideradas como variável dependente, os valores da “Estatística-F” calculados estão abaixo do limite inferior tabulado. Este resultado também indica que as variáveis de emprego e temperatura, causam a variável para o consumo de eletricidade. Para reafirmar esta causalidade, testes adicionais de causalidade, como o teste de causalidade de Granger (DERGIADES, 2011) devem ser realizados. Em anexo, podem ser encontradas as saídas do *MICROFIT* para a “Estatística-F” calculados quando cada variável é colocada como variável dependente.

#### 4.5.3 Modelo ARDL Estimado

O próximo passo é estimar os coeficientes para um modelo autoregressivo com defasagens distribuídas (ARDL) com o consumo de energia como variável dependente, o número de empregos no setor de serviços as variáveis em estudo. A saída do programa *MICROFIT* com os coeficientes calculados pela técnica ARDL são mostrados na equação (16).

$$\begin{aligned}
 \ln(Y_t) = & 2,4162 + 0,24904 \cdot \ln(Y_{t-1}) + 0,41319 \cdot \ln(Y_{t-2}) \\
 & - 0,039666 \cdot \ln(Y_{t-3}) - 0,024955 \cdot \ln(Y_{t-4}) + 0,16553 \cdot \ln(Y_{t-5}) \\
 & - 0,29175 \cdot \ln(Y_{t-6}) + 0,69146 \cdot \ln(ES_t) + 0,075635 \cdot \ln(EC_t) \quad (16) \\
 & - 2,6705 \cdot \ln(EC_{t-1}) + 2,2042 \cdot \ln(EC_{t-2}) + 1,2604 \cdot \ln(TP_t) \\
 & - 0,36439 \cdot \ln(TP_{t-1}) - 0,66353 \cdot \ln(TP_{t-2})
 \end{aligned}$$

Na equação (15) pode-se verificar que os coeficientes para o nível de emprego no comércio (LC), no setor de serviços (LS) e para a temperatura (LT) para o período corrente

(mesmo mês), são positivos, o que é condizente com a teoria apresentada anteriormente. Os coeficientes negativos nos postos de trabalho em períodos anteriores podem indicar variações nos postos de trabalho em setores não considerados como os empregos diretos na construção civil. Pode-se verificar também que o coeficiente para a variável dependente de um mês atrás  $\ln(Y_{t-1})$  é significativo (0,24904), o que inviabilizaria os métodos de Toda-Yamamoto e Dolado-Lütkepohl. Os coeficientes para as variáveis na equação (15) representam as variações na variável energia elétrica em função das variáveis independentes (GUJARATI, 2000). Por exemplo, uma variação de 1% na quantidade de postos de trabalho no setor de serviços para o mês corrente ( $ES_t$ ) causa uma variação positiva de 0,69% na quantidade consumida de energia elétrica ( $Y_t$ ). Similarmente, uma variação de 1% na temperatura ( $TP_t$ ) causa uma variação positiva de 1,26% no consumo de eletricidade ( $Y_t$ ). O modelo foi submetido a diversos testes para analisar a coerência da estimação. Os resultados são mostrados na tabela 5.

Tabela 5 - Saída do *MICROFIT* com os Testes de diagnóstico para o modelo calculado.

Teste de diagnóstico	Hipótese ( $H_0$ )	Probabilidade de aceitar $H_0$
Correlação serial dos resíduos	Sem correlação serial	0,537
Forma Funcional	Forma Correta	0,713
Normalidade dos resíduos	Existe Normalidade	0,892
Heteroscedasticidade	Sem Heteroscedasticidade	0,120
$\overline{R^2}$		0,9287

Fonte: Elaboração Própria.

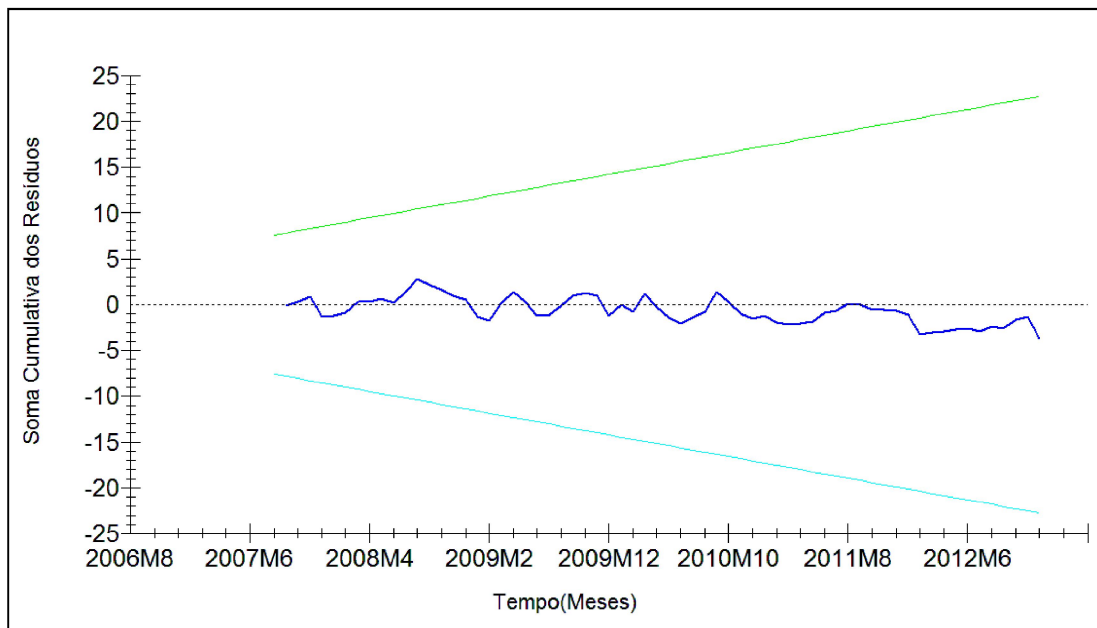
Nos testes de diagnóstico, pode-se perceber que não existem evidências de problemas com; correlação serial (teste A), forma funcional (teste B), Normalidade (teste C), e Heteroscedasticidade (teste D). Todas as hipóteses são aceitas para um nível de significância acima de 90% (Probabilidades acima de 0,1). Ainda pode-se destacar a medida  $\overline{R^2}$  (R-quadrado-médio, ou R-quadrado-ajustado) que indica que 92,87% das variações na energia elétrica são explicadas pelo modelo calculado.

O modelo estimado acima pode ser usado para calcular valores do consumo de energia elétrica a partir dos valores de níveis de emprego e temperatura. Neste trabalho, pode servir para validação da análise de relacionamento, comparando valores reais com valores calculados pelo modelo, análise que será feita na próxima subseção.

Este modelo estimado, ainda pode ser objeto de estudo para refinamento, através de um procedimento “do geral para o específico”, para se encontrar um modelo mais simplificado que possa servir para estimar o consumo de eletricidade. Este não é o objetivo do presente trabalho, que se limita a analisar o relacionamento entre as variáveis.

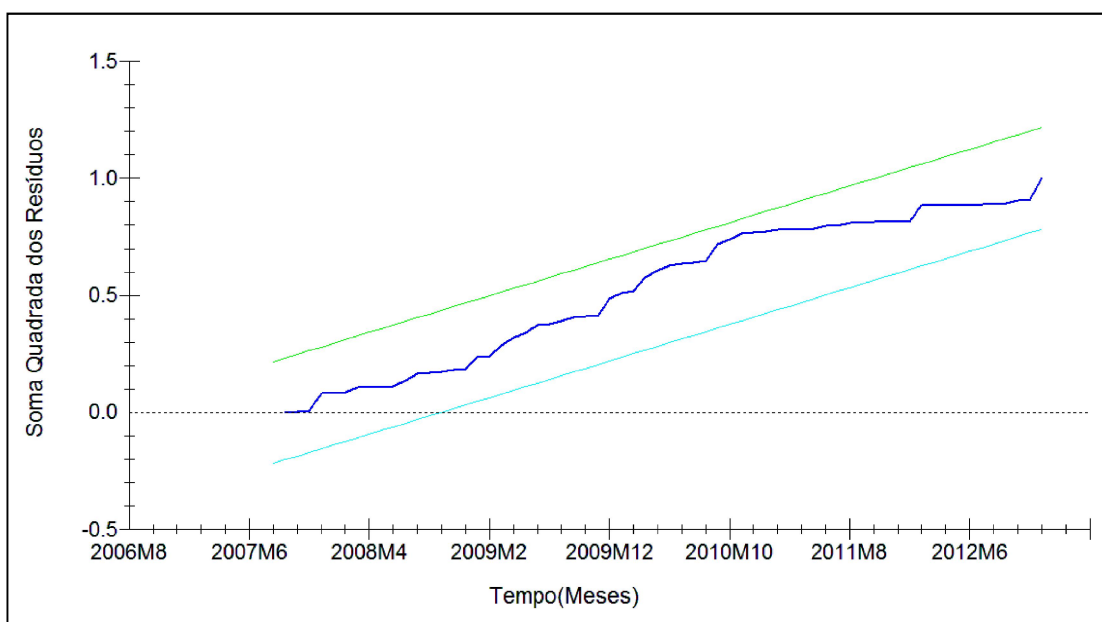
Para verificar a estabilidade do modelo ao longo das amostras, também foram plotadas as medidas CUSUM (soma cumulativa dos resíduos) e CUSUMQ (soma quadrática dos

Gráfico 17 – Soma Acumulada dos resíduos



Fonte: Elaboração Própria.

Gráfico 18 – Soma Quadrática Acumulada dos resíduos



Fonte: Elaboração Própria.

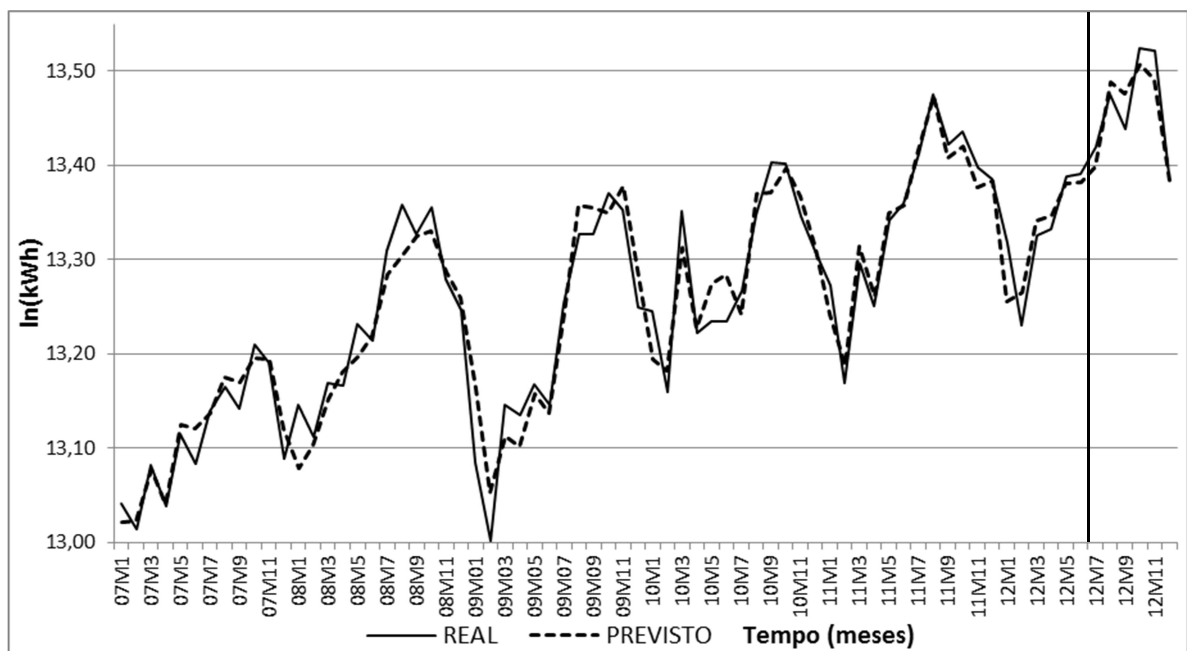
resíduos), conforme sugerido por Pesaran, Shin e Smith (2001), respectivamente gráfico 17 e gráfico 18.

Nos gráficos 17 e 18, os parâmetros do modelo variam dentro de um intervalo de confiança de 95% (representado entre os traços azul e verde) para todos os valores da amostra.

#### 4.6 Validação dos Resultados

Como etapa adicional, para analisar o desempenho do relacionamento calculado entre as variáveis, pode-se comparar valores reais para o consumo de eletricidade com valores calculados pelo modelo estimado. Para isso, usamos os dados de Julho de 2012 à Dezembro de 2012, valores que não foram usados no cálculo da estimativa baseada na técnica ARDL.

Gráfico 19 – Comparação entre os valores reais e calculados para a energia elétrica.



Fonte: Elaboração Própria.

No gráfico 19, foram plotados os valores reais (linha cheia), e os valores calculados com o modelo estimado (linha tracejada).

Verifica-se que o modelo estimado tem um comportamento ao longo do tempo semelhante aos dados reais, ou seja, a composição das variáveis selecionadas segundo a técnica ARDL traça uma curva que se aproxima da curva traçada pelos valores reais para o consumo de energia elétrica no período em análise. A tabela 6 mostra a comparação dos valores.

Nesta tabela 6 temos os valores dos seis últimos meses, que não fizeram parte da elaboração do modelo ARDL e a comparação destes valores reais, com valores calculados através do modelo estimado.

Tabela 6 - Comparação entre os valores reais e calculados para a energia elétrica (ln (kWh)).

Amostra	Real	Previsto	Erro (real-previsto)
2012M7	13,4192	13,3988	0,020399
2012M8	13,4747	13,4888	-0,014049
2012M9	13,4392	13,4762	-0,037036
2012M10	13,5241	13,5072	0,016938
2012M11	13,5213	13,4907	0,030661
2012M12	13,3899	13,3838	0,0060614

#### Análise dos resíduos para os intervalos de amostras

Período	2007M1 à 2012M6	2012M7 à 2012M12
Média absoluta dos resíduos	0,021496	0,020858

Fonte: Elaboração Própria.

O maior erro encontrado entre os valores reais e valores estimados é de 3,7% (2012M9). Pode-se verificar também que a média dos resíduos para o período usado na elaboração do modelo e para o período estimado, tem a mesma ordem de grandeza.

#### 4.7 Discussão dos Resultados

A evolução mensal da energia elétrica produzida, quando plotada ao longo de um ano permitiu comparação com o ciclo anual da temperatura média e dos níveis de emprego nos setores industrial, comercial e de serviços para a zona urbana de Manaus. Nesta comparação, pôde-se perceber que a evolução da energia elétrica produzida, guarda semelhanças com a evolução da temperatura ao longo do ano.

Na comparação gráfica entre energia elétrica e níveis de emprego, puderam-se observar semelhanças entre energia elétrica e o emprego no setor de serviços e no setor comercial. Já na comparação com o setor industrial, não puderam ser observadas tendências semelhantes com a evolução da energia elétrica. Este resultado pode ser efeito da alta

especialização da mão de obra industrial, causando inércia tanto na contratação e treinamento desta mão de obra, quanto na dispensa desta mão de obra apenas em períodos de crise prolongada. Este efeito pode não ser tão relevante no caso do setor comercial e de serviços, onde podem ser observadas dinâmicas semelhantes com a evolução anual da energia elétrica.

No desenho do gráfico de correlação entre as variáveis, todas as variáveis consideradas como independentes apresentaram correlação positiva com a energia elétrica. Esta pode ser considerada a primeira etapa de análise estatística de relacionamento entre as variáveis.

Na aplicação da técnica ARDL, o teste para a “Estatística-F” mostrou haver relacionamento quando a energia elétrica é considerada dependente da temperatura, nível de emprego no setor de serviços e no setor comercial em Manaus. A “Estatística-F”, ainda indicou causalidade das variáveis independentes para a variável dependente, resultado que indica que as variáveis independentes, podem ser consideradas como causa da energia elétrica.

O modelo elaborado a partir da técnica ARDL, satisfaz as hipóteses clássicas para um modelo de regressão. Este modelo pode servir para elaboração de previsões, com um estudo de refinamento, avaliando-se o compromisso entre praticidade do modelo e precisão dos resultados.

Este modelo pôde ser usado para validação do resultado do relacionamento entre as variáveis e na comparação entre os valores calculados pelo modelo e valores reais, foi observado que ambos seguem evolução semelhante ao longo dos anos e um erro máximo de 3,7% quando comparamos valores calculados pelo modelo e valores reais que não participaram de sua elaboração.

## **CAPÍTULO 5      CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho abordou a questão dos fatores econômicos, sociais e ambientais que influenciam o consumo de energia elétrica na cidade de Manaus. Para isso, foram adotadas metodologias que caracterizassem o estudo de caso e possibilitassem análises quantitativas e qualitativas dos fatores.

Foram levantados os principais fatores e técnicas de análise estatística estudadas sobre o tema em trabalhos científicos, quando foram identificados fatores relacionados ao clima e atividade econômica regional, e a técnica estatística ARDL.

Com a pesquisa documental, através de publicações dos agentes oficiais do setor elétrico, foram identificados fatores destacados em boletins de mercado e pesquisas de hábitos de consumo como importantes para o consumo de energia elétrica na região.

A partir das etapas descritas, foram identificadas variáveis que pudessem representar os fatores relevantes identificados e fossem oficial e publicamente disponíveis. Estas variáveis foram submetidas inicialmente a uma análise subjetiva, tanto pela observação da sua evolução, quanto pela comparação entre si. Em seguida, as variáveis foram submetidas à análise ARDL, que proporcionou uma avaliação quantitativa do relacionamento entre as variáveis e a aplicação de uma função entre as variáveis independentes e a energia elétrica, contribuindo para validação dos resultados das análises realizadas.

O objetivo geral do trabalho foi identificar variáveis que podem explicar a demanda por energia elétrica no Sistema Manaus. Como principal resultado, este estudo mostrou haver relacionamento entre a produção de eletricidade para o chamado “Sistema Manaus”, a temperatura urbana e os níveis de emprego no setor de serviços e no setor comercial referente ao município de Manaus entre 2006 e 2012. Assim, estas variáveis podem ser usadas para explicar a demanda por energia elétrica no Sistema Manaus.

Os dados da pesquisa Procel mostram o condicionamento ambiental como principal utilização da energia elétrica no consumo residencial da região norte. A mesma pesquisa mostra que o número de postos de trabalho nos setores comercial e industrial é importante para o consumo de energia elétrica nesses setores. Os Informes de mercado dos sistemas isolados da região norte, destacam a temperatura ambiente em Manaus, o desempenho industrial e comercial do Amazonas como justificativa importante para as variações do consumo por energia elétrica na região. Estes dois fatos contribuíram para cumprir o objetivo específico de levantar os fatores relevantes para a demanda por energia elétrica na região a partir de publicações econômicas e trabalhos científicos na área do conhecimento em estudo.

No desenvolvimento do segundo objetivo específico, levantar métodos atualmente utilizados de análise estatística em estudos científicos sobre o relacionamento entre variáveis, foi localizada a técnica ARDL, que se destaca das demais por não apresentar limitação do tamanho do atraso para a variável dependente, esta técnica pode ser executada através de função computacional no *software* MICROFIT.

O último objetivo específico que foi mensurar a relevância dos fatores identificados através de técnicas estatísticas identificadas (ARDL) aplicadas aos fatores para a região em estudo, foi cumprido com a observação dos gráficos para consumo mensal de das variáveis temperatura e energia elétrica quando podem ser observadas tendências semelhantes ao longo de cada ano. A correlação entre as variáveis estudadas é positiva, e o modelo calculado usando a técnica ARDL apresentou erro máximo de 3,7%, e o teste  $\bar{R}^2$  mostra que 92,87% das variações da energia elétrica produzida podem ser explicadas pelo modelo calculado. A estatística-F mostra evidência de relacionamento de longo prazo entre as variáveis, e os testes de diagnóstico mostram não haver evidências de deficiências junto às medidas estatísticas tradicionais.

Estes resultados contribuem para ampliar o conhecimento sobre o mercado de energia elétrica em Manaus, podendo assim, auxiliar trabalhos na área de planejamento energético e elaboração de políticas públicas no sentido de conscientização do consumo de eletricidade e incentivos públicos para setores econômicos.

Apesar de não ser utilizado indicador mensal do número de pessoas usuárias de eletricidade (moradores por unidade consumidora) no setor residencial, e a estatística-F não mostrar evidência de cointegração quando é incluído o número de postos de trabalho para o setor industrial no modelo ARDL, os resultados permanecem válidos para os objetivos do trabalho.

Neste sentido, recomenda-se, como forma de aprofundamento no tema, que estudos sejam feitos para avaliar os fatores influentes no consumo de energia elétrica especificamente para o setor industrial na Zona Franca de Manaus, além de estudos sobre indicadores populacionais para representar o número de moradores por unidade consumidora.



## REFERÊNCIAS

- ACHÃO, C.C.L. **Análise da Estrutura de Consumo de Energia pelo Setor Residencial Brasileiro**. 2003. 122 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2003. Disponível em <<http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/cclachao.pdf>>. Acesso em 22 de Março de 2012.
- ANDERSON, D. R; SEENEY, D.J; WILLIAMS, T.A. **Statistics for Bussiness and Economics**. 11. ed. Ohio: South-Western Cengage Learning, 2011.
- ANDRADE, F.F. **Um modelo para descrição e previsão da demanda dos consumidores industriais de energia elétrica**. 2009. 252 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em <<http://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/92715?show=full>>. Acesso em 02 de Novembro de 2012.
- ARAÚJO, A.J.S. **Paradoxos da Modernização: Terceirização e Segurança dos Trabalhadores em uma Refinaria de Petróleo**. 2001. 381 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em <<http://portalteses.icict.fiocruz.br/pdf/FIOCRUZ/2001/araujoajsd/capa.pdf>>. Acesso em 17 de Outubro de 2013.
- BACI, D. **Revisiting the Fisher Effect for Developed and Developing Countries: A Bounds Test Approach**. 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - The Graduate School of Social Sciences of Middle East Technical University, Disponível em <<http://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12608302/index.pdf>>. Acesso em 14 de Fevereiro de 2013.
- BIANCO, V.; NARDINI, S. Electricity consumption forecasting in Italy using linear regression models. **Energy**, v.34 p.1413–142, 2009. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544209002539>>. Acesso em 10 de Setembro de 2012.
- CERVO, A.L.; BERVIAN, P.A.; DA SILVA, R. **Metodologia Científica**. 6.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- COSTANTINI, V.; MARTINI, C. The causality between energy consumption and economic growth: A multi-sectoral analysis using non-stationary cointegrated panel data. **Energy Economics**, v.32 p.591–603, 2010. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988309001790>>. Acesso em 09 de Julho de 2013.
- CURSINO, E.A. **Análise do Consumo de Energia e perspectivas do consumo residencial de eletricidade em Rondônia**. 1998. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – UNICAMP, Campinas, 1998. Disponível em <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000132112>>. Acesso em 02 de Maio de 2012.
- DERGIADES, T.; TSOULFIDIS, L. Estimating residential demand for electricity in the United States, 1965–2006. **Energy Economics**, v.30 p.2722–2730, 2008. Disponível em

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988308000807>>. Acesso em 15 de Outubro de 2013.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Revisiting residential demand for electricity in Greece: new evidence from the ARDL approach to cointegration analysis. **Empirical Economics**, v.41, p.511–531, 2011. Disponível em <<http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00181-010-0381-8>>. Acesso em 20 de Agosto de 2013.

DIAS, E.D.M. **Previsão de médio prazo do consumo de energia elétrica no Brasil: Estimacão via metodologia Box & Jenkins e regressão dinâmica**. 2008. 109 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008. Disponível em <[http://www.ufjf.br/poseconomia/files/2009/12/eduardo\\_dessupoio\\_moreira\\_dias\\_-\\_dissertacao.pdf](http://www.ufjf.br/poseconomia/files/2009/12/eduardo_dessupoio_moreira_dias_-_dissertacao.pdf)>. Acesso em 24 de Agosto de 2012.

DIEESE, 2003 – **O Processo de Terceirização e seus Efeitos sobre os Trabalhadores no Brasil** – Relatório Técnico. Disponível em <[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BA5F4B7012BAAF91A9E060F/Prod03\\_2007.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BA5F4B7012BAAF91A9E060F/Prod03_2007.pdf)>. Acesso em 17 de Outubro de 2013.

DOLADO, J.J; LUKEPOHL, H. Making Wald Tests Work for Cointegrated VAR Systems. **Econometric Reviews** v.15, p.369–386, 2007. Disponível em <<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/07474939608800362>>. Acesso em 09 de julho de 1996.

DOURADO, R.A. **Formulação de um modelo de projeção de demanda de energia elétrica aplicado a sistemas isolados em desenvolvimento natural: O caso da CERON**. Florianópolis, 2004 – Dissertação UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 80p. Disponível em <<http://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/87219>>. Acesso em 17 de Maio de 2012.

ELETROBRÁS, 2004 – **Informe de Mercado dos Sistemas Isolados** - Resultados consolidados do 4º Trimestre e total do ano de 2004. Disponível em <<http://www.eletrabras.com/elb/data/Pages/LUMIS13695453PTBRIE.htm>>. Acesso em 05 de Junho de 2012.

ELETROBRÁS, 2005a – **Informe de Mercado dos Sistemas Isolados** - Resultados consolidados do 2º Trimestre de 2005. Disponível em <<http://www.eletrabras.com/elb/data/Pages/LUMIS13695453PTBRIE.htm>>. Acesso em 05 de Junho de 2012.

ELETROBRÁS, 2005b – **Informe de Mercado dos Sistemas Isolados** - Resultados consolidados do 4º Trimestre de 2005. Disponível em <<http://www.eletrabras.com/elb/data/Pages/LUMIS13695453PTBRIE.htm>>. Acesso em 05 de Junho de 2012.

ELETROBRÁS, 2008 – **Informe de Mercado dos Sistemas Isolados** - Resultados consolidados até dezembro de 2008. Disponível em <<http://www.eletrabras.com/elb/data/Pages/LUMIS13695453PTBRIE.htm>>. Acesso em 05 de Junho de 2012.

ELETROBRÁS, 2009a – **Informe de Mercado dos Sistemas Isolados** - Resultados consolidados até Junho de 2009. Disponível em <<http://www.eletronbras.com/elb/data/Pages/LUMIS13695453PTBRIE.htm>>. Acesso em 05 de Junho de 2012.

ELETROBRÁS, 2009b – **Informe de Mercado dos Sistemas Isolados** - Resultados consolidados no ano de 2009. Disponível em <<http://www.eletronbras.com/elb/data/Pages/LUMIS13695453PTBRIE.htm>>. Acesso em 05 de Junho de 2012.

ELETROBRÁS, 2010a – **Relatório de Planejamento dos Sistemas Isolados** – Ciclo de Planejamento 2010 - 2011. Disponível em <<http://www.eletronbras.com/elb/data/Pages/LUMIS13695453PTBRIE.htm>>. Acesso em 05 de Junho de 2012.

ELETROBRÁS, 2010b – **Informe de Mercado dos Sistemas Isolados** - Resultados consolidados do 1º Trimestre de 2010. Disponível em <<http://www.eletronbras.com/elb/data/Pages/LUMIS13695453PTBRIE.htm>>. Acesso em 05 de Junho de 2012.

ELETROBRÁS, 2010c – **Informe de Mercado dos Sistemas Isolados** - Resultados consolidados do 4º Trimestre de 2010. Disponível em <<http://www.eletronbras.com/elb/data/Pages/LUMIS13695453PTBRIE.htm>>. Acesso em 05 de Junho de 2012.

ELETROBRÁS, 2011 – **Informe de Mercado dos Sistemas Isolados** - Resultados consolidados do 1º Semestre de 2011. Disponível em <<http://www.eletronbras.com/elb/data/Pages/LUMIS13695453PTBRIE.htm>>. Acesso em 14 de Junho de 2012.

ELETROBRAS, 2013 – **Relatórios de Acompanhamento da Operação**, disponível em <<http://www.eletronbras.com/elb/data/Pages/LUMISF81A08D1PTBRIE.htm>> Acesso em 10 de Fevereiro de 2013.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2012** – Ano base 2011: Resultados Preliminares Rio de Janeiro: EPE, 2012 55p. Disponível em <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Sintese%20do%20Relatório%20Final\\_2012\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Sintese%20do%20Relatório%20Final_2012_Web.pdf)>. Acesso em 10 de Março de 2012.

ERDOGDU, E. Electricity demand analysis using co-integration and ARIMA modelling: a case study of Turkey. **Energy Policy** v.35, p.1129–1146, 2007. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142150600098X>>. Acesso em 12 de Março de 2013.

FERREIRA, G.F.C. **The expansion and diversification of the export sector and economic Growth: The Costa Rican Experience**. 2009. 93 f. Tese (Doutorado em Economia) – Departamento de Economia da Agricultura, Faculdade do Estado da Louisiana, 2009. Disponível em <<http://etd.lsu.edu/docs/available/etd-08122009-154515/unrestricted/Ferreiradiss.pdf>>. Acesso em 07 de Agosto de 2012.

FROTA, W.M.; ROCHA, B.R.P. Natural gas: The option for a sustainable development and energy in the state of Amazonas. **Energy Policy**, v.38, p.3830–3836, 2010. Disponível em

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421510001667>>. Acesso em 15 de Dezembro de 2011.

FROTA, W.M. **Sistemas isolados de energia elétrica na Amazônia no novo contexto do setor elétrico Brasileiro**. 2004. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, Campinas. 2004. Disponível em <<http://cutter.unicamp.br/document/?code=vtls000343197>>. Acesso em 16 de Dezembro de 2011.

GAM, I.; REJEB, J.B. Electricity demand in Tunisia. **Energy Policy**, v.45, p.714–720, 2012. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512002303>>. Acesso em 05 de Janeiro de 2012.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GÓMEZ, M.F.; SILVEIRA, S. Rural electrification of the Brazilian Amazon – Achievements and lessons. **Energy Policy**, v.38, p.6251–6260, 2010. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421510004763>>. Acesso em 30 de Abril de 2012.

GTON/ELETRORBRAS, 2010. Grupo Técnico Operacional da Região Norte. **Relatório dos Sistemas Elétricos Isolados Ciclo 2010 – Ano 2011**. Disponível em <<http://www.eletrorbras.com/ELB/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID=%7BC274A047-F9EA-47AA-A58B-D5009CF4A2BE%7D&ServiceInstUID=%7BF8C91B2F-98FC-4138-9A94-DEC6A5282471%7D>>. Acesso em 18 de Março de 2012.

GUJARATI, D. N. **Econometria Básica**. 3. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2000.

HIMANSHU, A. A.; HUNT, L. C. Electricity demand for Sri Lanka: A time series analysis. **Energy** v.33 p.724 – 739, 2008. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544207002265>>. Acesso em 17 de Setembro de 2012

INMET, 2013 – **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em 12 de Fevereiro de 2013.

KANG S. **Korea's Export Performance: Three Empirical Essays**. 2008. 101 f. Tese (Doutorado em Economia) - Kansas State University, Manhattan, 2008. Disponível em <<http://krex.k-state.edu/dspace/handle/2097/767>>. Acesso em 09 de Março de 2013.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Metodologia Científica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MIGUEL, P.A.C. (Coord.) **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e gestão de operações**. 1.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MOCARQUER, S. *et al.* 2009. Balance of power. **IEEE Power Energy Magazine** vol. 7, p. 26–35, 2009. Disponível em <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5208420>>. Acesso em 03 de Agosto de 2012.

MTE, 2013 - **Evolução de Emprego do CAGED**, disponível em <http://bi.mte.gov.br/eec/pages/consultas/evolucaoEmprego/consultaEvolucaoEmprego.xhtml#relatorioSetor>, acessado em 15 de Fevereiro de 2013

NARAYAN, P. K. The saving and investment nexus for China: evidence from cointegration tests, **Applied Economics**, v.37, p.1979—1990, 2005. Disponível em <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00036840500278103#preview>>. Acesso em 05 de Janeiro de 2012.

NARAYAN, P.K.; SMITH, R. Electricity consumption, employment and real income in Australia evidence from multivariate granger causality tests. **Energy Policy** v.33, p.1109–1116, 2005a. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421503003495>>. Acesso em 14 de Janeiro de 2013.

NAKAHODO, M. **Composição dos gastos e tributação versus crescimento econômico no Brasil – Uma análise linear e não-linear através de dados em painel e séries temporais**. Porto Alegre, 2007 – Dissertação UFRGS, Faculdade de Ciências Econômicas, 126p. Disponível em <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/12584>>. Acesso em 22 de Abril de 2012.

OZTURK, I. A literature survey on energy–growth nexus. **Energy Policy**, v.38, p.340–349, 2010. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509007071>>. Acesso em 22 de Abril de 2012.

OXLEY, L.T. An expert systems approach to econometric modelling. **Mathematics and Computers in Simulation** v.39 p.379-383, 1995 Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037847549400087X>>. Acesso em 17 de Setembro de 2012.

PAYNE, E.J. A survey of the electricity consumption-growth literature. **Applied Energy**, v.87, p.723–731, 2010. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261909002748>>. Acesso em 23 de Abril de 2012.

PESARAN, M.H.; SHIN, Y.; SMITH, R.J. Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. **Journal of Applied Econometrics**, v.16, p.289–326, 2001. Disponível em <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jae.616/full>>. Acesso em 05 de Junho de 2012.

PESARAN, M.H.; PESARAN, B. **Time Series Econometrics using Microfit 5.0 (Demo Version)**. Oxford, UK. Oxford University Press, 2009. Disponível em <<http://www.oup.co.uk/microfit/demo/>>. Acesso em 24 de Fevereiro de 2013.

PEIRSON, J.; HENLEY, A. Electricity load and temperature Issues in dynamic specification **Energy Economics**, v.16, p.235-243, 1994. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0140988394900213>>. Acesso em 06 de Junho de 2012.

PROCEL, 2007 – **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Ano Base 2005 – Classe Residencial Região Norte – Setembro de 2007**. Disponível em <<http://www.eletronbras.com/pci/main.asp?TeamID={5A821C3B-5204-4335-A5FC-2313F8F692E2}>>. Acesso em 20 de Setembro de 2012.

PROCEL, 2008a – **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Ano Base 2005 – Classe Comercial – Alta Tensão – Setembro de 2008**. Disponível em <<http://www.eletronbras.com/pci/main.asp?TeamID={5A821C3B-5204-4335-A5FC-2313F8F692E2}>>. Acesso em 20 de Setembro de 2012.

PROCEL, 2008b – **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Ano Base 2005 – Classe Industrial – Alta Tensão – Março de 2008**. Disponível em <<http://www.eletronbras.com/pci/main.asp?TeamID={5A821C3B-5204-4335-A5FC-2313F8F692E2}>>. Acesso em 20 de Setembro de 2012.

RAGIMANA, E. V. **Foreign Direct Investment and Economic Growth in Small Island Economies: The Case of Solomen Islands**. 2012. 174 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade de Massey, Palmerston North, Nova Zelândia, 2012. Disponível em <<http://mro.massey.ac.nz/handle/10179/3878>>. Acesso em 15 de Fevereiro de 2013.

SARI, R.; EWING, B.T.; SOYTAS, U. The relationship between disaggregate energy consumption and industrial production in the United States: An ARDL approach. **Energy Economics**, v.30 p.2302 – 2313, 2008. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988307001326>>. Acesso em 17 de Setembro de 2012.

SHAHBAZ, M.; AHMED, N.; ALI, L. Stock Market Development and Economic Growth: Ardl Causality in Pakistan. **International Research Journal of Finance and Economics**.v.14, p.182-195, 2008. Disponível em <<http://memberfiles.freewebs.com/99/21/62292199/documents/irjfe%2014%20shahbaz.pdf>>. Acesso em 16 de Fevereiro de 2013.

SHAHBAZA, M.; TANG, C.F.; SHABBIR, M.S. Electricity consumption and economic growth nexus in Portugal using cointegration and causality approaches. **Energy Policy**. v.39, p.3529–3536, 2011. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421511002412>>. Acesso em 01 de Setembro de 2012.

SOUZA, D.O.; ALVALÁ, R.C.S. Observational evidence of the urban heat island of Manaus City, Brazil. **Meteorological Applications**, Published in Wiley Online Library. 2012. Disponível em <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/met.1340/pdf>>. Acesso em 09 de Abril de 2013.

TSAY, R. S. **Analysis of Financial Time Series**. 2. Ed. New Jersey: Wiley Interscience, 2005.

TORRIONI, J.B.; MELLO, C.H.P. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção**. Itajubá, 2012 – Apostila UNIFEI, 199p. Disponível em <[http://www.carlosmello.unifei.edu.br/Disciplinas/Mestrado/PCM-10/Apostila-Mestrado/Apostila\\_Metodologia\\_Completa\\_2012.pdf](http://www.carlosmello.unifei.edu.br/Disciplinas/Mestrado/PCM-10/Apostila-Mestrado/Apostila_Metodologia_Completa_2012.pdf)>. Acesso em 24 de Maio de 2013.

TODA, H.Y.; YAMAMOTO, T. Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. **Journal of Econometrics**, v.66, p.225–250, 1995. Disponível em <

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304407694016168>>. Acesso em 09 de Julho de 2013.

ZAMAN, K.*et al.* Determinants of electricity consumption function in Pakistan: Old wine in a new bottle **Energy Policy** v.50 p.623–634, 2012. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142151200660X>>. Acesso em 14 de Janeiro de 2013.

**APÊNDICE A - Saídas do *Software MICROFIT* para as funções estatísticas implementadas.**



## Comando ADF LT

```

Unit root tests for variable LT
The Dickey-Fuller regressions include an intercept but not a trend
*****
71 observations used in the estimation of all ADF regressions.
Sample period from 2007M2 to 2012M12
*****
      Test Statistic      LL      AIC      SBC      HQC
DF      -3.2021      156.0544      154.0544      151.7917      153.1546
ADF(1)  -3.6771      157.6782      154.6782      151.2842      153.3285
ADF(2)  -4.4696      160.6990      156.6990      152.1736      154.8994
ADF(3)  -4.0417      160.7476      155.7476      150.0909      153.4981
ADF(4)  -4.3167      161.9493      155.9493      149.1612      153.2499
ADF(5)  -3.7805      161.9493      154.9493      147.0300      151.8000
ADF(6)  -3.4647      161.9711      153.9711      144.9204      150.3719
ADF(7)  -2.8663      162.2535      153.2535      143.0714      149.2044
ADF(8)  -1.9296      165.7533      155.7533      144.4399      151.2543
ADF(9)  -1.5772      166.5769      155.5769      143.1322      150.6281
ADF(10) -1.2343      168.1559      156.1559      142.5798      150.7571
ADF(11) -1.1186      168.3510      155.3510      140.6436      149.5024
ADF(12) -1.2590      168.9328      154.9328      139.0940      148.6342
*****
95% critical value for the augmented Dickey-Fuller statistic = -2.9023
LL = Maximized log-likelihood      AIC = Akaike Information Criterion
SBC = Schwarz Bayesian Criterion    HQC = Hannan-Quinn Criterion

```

```

Unit root tests for variable LT
The Dickey-Fuller regressions include an intercept and a linear trend
*****
71 observations used in the estimation of all ADF regressions.
Sample period from 2007M2 to 2012M12
*****
      Test Statistic      LL      AIC      SBC      HQC
DF      -3.3307      156.5685      153.5685      150.1745      152.2188
ADF(1)  -3.8679      158.4714      154.4714      149.9460      152.6718
ADF(2)  -4.8153      162.2103      157.2103      151.5536      154.9608
ADF(3)  -4.4507      162.3721      156.3721      149.5841      153.6727
ADF(4)  -4.8540      164.1522      157.1522      149.2328      154.0029
ADF(5)  -4.3940      164.2975      156.2975      147.2467      152.6983
ADF(6)  -4.1700      164.5608      155.5608      145.3787      151.5117
ADF(7)  -3.5742      164.5865      154.5865      143.2731      150.0875
ADF(8)  -2.4787      167.1112      156.1112      143.6664      151.1623
ADF(9)  -2.0852      167.6620      155.6620      142.0859      150.2632
ADF(10) -1.6649      168.9118      155.9118      141.2044      150.0632
ADF(11) -1.5300      169.0264      155.0264      139.1876      148.7278
ADF(12) -1.6988      169.7450      154.7450      137.7749      147.9966
*****
95% critical value for the augmented Dickey-Fuller statistic = -3.4730
LL = Maximized log-likelihood      AIC = Akaike Information Criterion
SBC = Schwarz Bayesian Criterion    HQC = Hannan-Quinn Criterion

```

## Comando ADF LS

```

Unit root tests for variable LS
The Dickey-Fuller regressions include an intercept but not a trend
*****
71 observations used in the estimation of all ADF regressions.
Sample period from 2007M2 to 2012M12
*****
      Test Statistic      LL      AIC      SBC      HQC
DF      -.80654      237.9469      235.9469      233.6842      235.0471
ADF(1)  -.91580      238.7305      235.7305      232.3364      234.3808
ADF(2)  -.82041      239.3940      235.3940      230.8686      233.5944
ADF(3)  -.79975      239.4082      234.4082      228.7515      232.1587
ADF(4)  -.79260      239.4082      233.4082      226.6202      230.7088
ADF(5)  -.71501      241.1625      234.1625      226.2431      231.0132
ADF(6)  -.68750      241.2131      233.2131      224.1624      229.6139
ADF(7)  -.60992      241.6885      232.6885      222.5065      228.6394
ADF(8)  -.61113      241.6944      231.6944      220.3810      227.1954
ADF(9)  -.52833      242.3198      231.3198      218.8751      226.3709
ADF(10) -.46722      242.6771      230.6771      217.1010      225.2783
ADF(11) -.48608      242.7191      229.7191      215.0117      223.8704
ADF(12) -.53738      242.9363      228.9363      213.0975      222.6377
*****
95% critical value for the augmented Dickey-Fuller statistic = -2.9023
LL = Maximized log-likelihood      AIC = Akaike Information Criterion
SBC = Schwarz Bayesian Criterion      HQC = Hannan-Quinn Criterion

```

```

Unit root tests for variable LS
The Dickey-Fuller regressions include an intercept and a linear trend
*****
71 observations used in the estimation of all ADF regressions.
Sample period from 2007M2 to 2012M12
*****
      Test Statistic      LL      AIC      SBC      HQC
DF      -2.6134      241.1707      238.1707      234.7767      236.8210
ADF(1)  -3.2256      243.6248      239.6248      235.0995      237.8253
ADF(2)  -2.9557      243.6253      238.6253      232.9686      236.3758
ADF(3)  -3.0736      244.0508      238.0508      231.2628      235.3515
ADF(4)  -3.3098      244.8429      237.8429      229.9235      234.6936
ADF(5)  -2.7585      245.0825      237.0825      228.0318      233.4833
ADF(6)  -2.7975      245.3137      236.3137      226.1317      232.2646
ADF(7)  -2.5964      245.3148      235.3148      224.0014      230.8158
ADF(8)  -2.7582      245.8350      234.8350      222.3902      229.8861
ADF(9)  -2.5137      245.8572      233.8572      220.2811      228.4584
ADF(10) -2.3552      245.8596      232.8596      218.1522      227.0109
ADF(11) -2.5056      246.3631      232.3631      216.5243      226.0645
ADF(12) -2.8232      247.5815      232.5815      215.6114      225.8330
*****
95% critical value for the augmented Dickey-Fuller statistic = -3.4730
LL = Maximized log-likelihood      AIC = Akaike Information Criterion
SBC = Schwarz Bayesian Criterion      HQC = Hannan-Quinn Criterion

```

## Comando ADF DLS

Unit root tests for variable DLS

The Dickey-Fuller regressions include an intercept but not a trend

\*\*\*\*\*

70 observations used in the estimation of all ADF regressions.  
Sample period from 2007M3 to 2012M12

\*\*\*\*\*

	Test Statistic	LL	AIC	SBC	HQC
DF	-6.6698	235.5910	233.5910	231.3425	232.6978
ADF (1)	-6.1988	236.5163	233.5163	230.1435	232.1766
ADF (2)	-5.0459	236.5261	232.5261	228.0291	230.7398
ADF (3)	-4.3809	236.5363	231.5363	225.9151	229.3035
ADF (4)	-4.8599	238.5307	232.5307	225.7853	229.8514
ADF (5)	-4.0912	238.5334	231.5334	223.6637	228.4075
ADF (6)	-4.0511	238.9496	230.9496	221.9556	227.3771
ADF (7)	-3.5415	238.9705	229.9705	219.8522	225.9514
ADF (8)	-3.7188	239.7205	229.7205	218.4780	225.2548
ADF (9)	-3.6991	240.0775	229.0775	216.7108	224.1653
ADF (10)	-3.2066	240.1406	228.1406	214.6496	222.7818
ADF (11)	-2.8349	240.2208	227.2208	212.6056	221.4154
ADF (12)	-2.8232	240.3829	226.3829	210.6434	220.1310

\*\*\*\*\*

95% critical value for the augmented Dickey-Fuller statistic = -2.9029  
 LL = Maximized log-likelihood      AIC = Akaike Information Criterion  
 SBC = Schwarz Bayesian Criterion      HQC = Hannan-Quinn Criterion

Unit root tests for variable DLS

The Dickey-Fuller regressions include an intercept and a linear trend

\*\*\*\*\*

70 observations used in the estimation of all ADF regressions.  
Sample period from 2007M3 to 2012M12

\*\*\*\*\*

	Test Statistic	LL	AIC	SBC	HQC
DF	-6.6347	235.6501	232.6501	229.2773	231.3104
ADF (1)	-6.1557	236.5498	232.5498	228.0528	230.7635
ADF (2)	-5.0045	236.5584	231.5584	225.9372	229.3256
ADF (3)	-4.3368	236.5672	230.5672	223.8217	227.8878
ADF (4)	-4.8091	238.5506	231.5506	223.6808	228.4246
ADF (5)	-4.0504	238.5532	230.5532	221.5592	226.9806
ADF (6)	-4.0060	238.9623	229.9623	219.8440	225.9432
ADF (7)	-3.4953	238.9846	228.9846	217.7422	224.5190
ADF (8)	-3.6674	239.7245	228.7245	216.3578	223.8123
ADF (9)	-3.6454	240.0786	228.0786	214.5876	222.7198
ADF (10)	-3.1489	240.1431	227.1431	212.5279	221.3377
ADF (11)	-2.7635	240.2273	226.2273	210.4878	219.9754
ADF (12)	-2.7484	240.3852	225.3852	208.5215	218.6868

\*\*\*\*\*

95% critical value for the augmented Dickey-Fuller statistic = -3.4739  
 LL = Maximized log-likelihood      AIC = Akaike Information Criterion  
 SBC = Schwarz Bayesian Criterion      HQC = Hannan-Quinn Criterion

## Comando ADF LM

```

Unit root tests for variable LM
The Dickey-Fuller regressions include an intercept but not a trend
*****
71 observations used in the estimation of all ADF regressions.
Sample period from 2007M2 to 2012M12
*****

```

	Test Statistic	LL	AIC	SBC	HQC
DF	-2.6133	93.3675	91.3675	89.1049	90.4677
ADF (1)	-2.1996	93.9656	90.9656	87.5716	89.6159
ADF (2)	-2.6189	95.5943	91.5943	87.0690	89.7948
ADF (3)	-2.6958	95.8529	90.8529	85.1962	88.6034
ADF (4)	-2.1612	96.8365	90.8365	84.0484	88.1371
ADF (5)	-2.2079	96.9812	89.9812	82.0618	86.8319
ADF (6)	-1.5674	101.0794	93.0794	84.0287	89.4803
ADF (7)	-1.3263	102.3802	93.3802	83.1982	89.3311
ADF (8)	-1.2111	102.9789	92.9789	81.6655	88.4799
ADF (9)	-1.2360	112.1397	101.1397	88.6950	96.1909
ADF (10)	-1.2625	112.6995	100.6995	87.1234	95.3007
ADF (11)	-1.5447	115.8371	102.8371	88.1297	96.9884
ADF (12)	-1.2491	119.2774	105.2774	89.4386	98.9788

```

*****
95% critical value for the augmented Dickey-Fuller statistic = -2.9023
LL = Maximized log-likelihood      AIC = Akaike Information Criterion
SBC = Schwarz Bayesian Criterion   HQC = Hannan-Quinn Criterion

```

```

Unit root tests for variable LM
The Dickey-Fuller regressions include an intercept and a linear trend
*****
71 observations used in the estimation of all ADF regressions.
Sample period from 2007M2 to 2012M12
*****

```

	Test Statistic	LL	AIC	SBC	HQC
DF	-4.0242	97.6517	94.6517	91.2577	93.3020
ADF (1)	-3.5421	97.6602	93.6602	89.1348	91.8606
ADF (2)	-4.6209	102.1395	97.1395	91.4828	94.8900
ADF (3)	-5.4500	105.5575	99.5575	92.7694	96.8581
ADF (4)	-4.9468	105.9026	98.9026	90.9832	95.7533
ADF (5)	-6.1782	111.2249	103.2249	94.1742	99.6257
ADF (6)	-4.8635	111.2256	102.2256	92.0435	98.1765
ADF (7)	-4.4571	111.4308	101.4308	90.1174	96.9318
ADF (8)	-4.3539	111.9272	100.9272	88.4824	95.9783
ADF (9)	-2.9124	116.2587	104.2587	90.6827	98.8600
ADF (10)	-2.6990	116.2767	103.2767	88.5693	97.4280
ADF (11)	-2.2905	118.2677	104.2677	88.4289	97.9691
ADF (12)	-2.7350	123.0939	108.0939	91.1238	101.3455

```

*****
95% critical value for the augmented Dickey-Fuller statistic = -3.4730
LL = Maximized log-likelihood      AIC = Akaike Information Criterion
SBC = Schwarz Bayesian Criterion   HQC = Hannan-Quinn Criterion

```

## Comando ADF DLM

```

Unit root tests for variable DLM
The Dickey-Fuller regressions include an intercept but not a trend
*****
70 observations used in the estimation of all ADF regressions.
Sample period from 2007M3 to 2012M12
*****

```

	Test Statistic	LL	AIC	SBC	HQC
DF	-9.9502	89.9124	87.9124	85.6639	87.0193
ADF(1)	-5.4232	90.4916	87.4916	84.1189	86.1519
ADF(2)	-4.6323	90.5236	86.5236	82.0266	84.7373
ADF(3)	-5.1185	92.6196	87.6196	81.9983	85.3867
ADF(4)	-4.3348	92.6225	86.6225	79.8770	83.9431
ADF(5)	-5.5920	97.8745	90.8745	83.0048	87.7486
ADF(6)	-5.6198	99.4717	91.4717	82.4777	87.8992
ADF(7)	-5.2434	100.2064	91.2064	81.0882	87.1874
ADF(8)	-7.2751	109.3317	99.3317	88.0892	94.8661
ADF(9)	-5.8902	109.7608	98.7608	86.3941	93.8486
ADF(10)	-6.2499	112.8549	100.8549	87.3639	95.4961
ADF(11)	-3.5564	116.5860	103.5860	88.9708	97.7807
ADF(12)	-3.2417	116.5860	102.5860	86.8466	96.3341

```

*****
95% critical value for the augmented Dickey-Fuller statistic = -2.9029
LL = Maximized log-likelihood      AIC = Akaike Information Criterion
SBC = Schwarz Bayesian Criterion   HQC = Hannan-Quinn Criterion

```

```

Unit root tests for variable DLM
The Dickey-Fuller regressions include an intercept and a linear trend
*****
70 observations used in the estimation of all ADF regressions.
Sample period from 2007M3 to 2012M12
*****

```

	Test Statistic	LL	AIC	SBC	HQC
DF	-9.8835	89.9979	86.9979	83.6252	85.6582
ADF(1)	-5.3746	90.5926	86.5926	82.0956	84.8063
ADF(2)	-4.5896	90.6241	85.6241	80.0028	83.3912
ADF(3)	-5.0597	92.6800	86.6800	79.9345	84.0006
ADF(4)	-4.2785	92.6822	85.6822	77.8125	82.5563
ADF(5)	-5.5248	97.9266	89.9266	80.9326	86.3541
ADF(6)	-5.5528	99.5164	90.5164	80.3982	86.4973
ADF(7)	-5.1908	100.2602	90.2602	79.0177	85.7945
ADF(8)	-7.2321	109.5112	98.5112	86.1445	93.5990
ADF(9)	-5.8986	110.0286	98.0286	84.5377	92.6699
ADF(10)	-6.3133	113.3934	100.3934	85.7782	94.5880
ADF(11)	-3.5810	116.7993	102.7993	87.0598	96.5474
ADF(12)	-3.2687	116.8050	101.8050	84.9413	95.1065

```

*****
95% critical value for the augmented Dickey-Fuller statistic = -3.4739
LL = Maximized log-likelihood      AIC = Akaike Information Criterion
SBC = Schwarz Bayesian Criterion   HQC = Hannan-Quinn Criterion

```











**ANEXO A - Índice do Manual do Software MICROFIT 4.0.**

Time Series Econometrics using *Microfit 5.0*

Bahram Pesaran and M. Hashem Pesaran

June 2009

# Contents

Contents	i
List of Tables	xvi
List of Figures	xxi
Preface	1
<b>I Introduction to Microfit</b>	<b>4</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>5</b>
1.1 What is <i>Microfit</i> ?	5
1.2 New features of <i>Microfit 5.0</i>	5
1.2.1 New functions and commands	7
1.2.2 Single equation estimation techniques	7
1.2.3 System equation estimation techniques	8
1.3 Tutorial lessons	9
1.4 Other features of <i>Microfit 5.0</i>	10
1.4.1 Data management	10
1.4.2 Data transformations	10
1.4.3 High-resolution graphics	10
1.4.4 Batch operations	10
1.4.5 General statistics	11
1.4.6 Dynamic simulation	11
1.4.7 Other single equation estimation techniques	11
1.4.8 Model respecification	12
1.4.9 Diagnostic tests and model selection criteria	12
1.4.10 Variable addition and variable deletion tests	13
1.4.11 Cointegration tests	13
1.4.12 Testing for unit roots	13
1.4.13 Tests of linear and non-linear restrictions	13
1.4.14 Non-nested tests	13
1.4.15 Static and dynamic univariate forecasts	14

CONTENTS	ii
1.5 Installation and system configuration . . . . .	14
1.6 System requirements for <i>Microfit 5.0</i> . . . . .	14
<b>2 Installation and Getting Started</b>	<b>15</b>
2.1 Installation . . . . .	15
2.1.1 Single user installation . . . . .	15
2.1.2 Network installation . . . . .	15
2.2 Starting and ending a session . . . . .	16
2.2.1 Running <i>Microfit</i> . . . . .	16
2.2.2 Quitting <i>Microfit</i> . . . . .	16
2.3 Using windows, menus and buttons . . . . .	16
2.3.1 The main window . . . . .	16
2.3.2 Main Menu bar . . . . .	10
2.3.3 Buttons . . . . .	18
2.4 The Variables window . . . . .	19
2.5 The Data window . . . . .	20
2.5.1 Program options . . . . .	20
2.5.2 Help . . . . .	22
<b>II Processing and Data Management</b>	<b>23</b>
<b>3 Inputting and Saving Data Files</b>	<b>24</b>
3.1 Change data dimension . . . . .	24
3.2 Inputting data . . . . .	24
3.2.1 Inputting data from the keyboard . . . . .	25
3.2.2 Loading an existing data set . . . . .	27
3.2.3 Inputting data from a raw data (ASCII) file . . . . .	27
3.2.4 Inputting data from a special <i>Microfit</i> file saved previously . . . . .	28
3.2.5 Inputting data from an <i>Excel</i> file . . . . .	28
3.2.6 Inputting data from CSV files . . . . .	29
3.2.7 Inputting data from AREMOS (TSD) files . . . . .	29
3.2.8 Input new data from the clipboard into <i>Microfit</i> . . . . .	29
3.2.9 Adding data from the clipboard into <i>Microfit</i> workspace . . . . .	30
3.2.10 Inputting daily data . . . . .	31
3.3 Adding two data files . . . . .	31
3.3.1 Adding two special <i>Microfit</i> files containing the same variables . . . . .	32
3.3.2 Adding two special <i>Microfit</i> files containing different variables . . . . .	34
3.4 Using the Commands and Data Transformations box . . . . .	35
3.5 Saving data . . . . .	35
3.5.1 Save as a special <i>Microfit</i> file . . . . .	35
3.5.2 Save as an <i>Excel</i> sheet . . . . .	36
3.5.3 Save as a comma separated values (CSV) file . . . . .	36
3.5.4 Save as an AREMOS (TSD) file . . . . .	37

<b>CONTENTS</b>		iii
3.5.5	Save as a raw data (numbers only) file . . . . .	37
3.6	Starting with a new data set . . . . .	37
<b>4</b>	<b>Data Processing and Preliminary Data Analysis</b>	<b>38</b>
4.1	Creating constant terms, time trends and seasonal dummies . . . . .	39
4.1.1	Creating a constant (intercept) term . . . . .	40
4.1.2	Creating a time trend . . . . .	40
4.1.3	Creating (0,1) seasonal dummies . . . . .	40
4.1.4	Creating centred seasonal dummies . . . . .	41
4.1.5	Creating seasonal dummies relative to the last season . . . . .	41
4.2	Typing formulae in <i>Microfit</i> . . . . .	42
4.2.1	Printing, saving, viewing, and copying files . . . . .	44
4.3	Using built-in functions in <i>Microfit</i> . . . . .	44
4.3.1	Function <b>ABS</b> . . . . .	45
4.3.2	Function <b>COS</b> . . . . .	45
4.3.3	Function <b>CPHI</b> . . . . .	45
4.3.4	Function <b>CSUM</b> . . . . .	45
4.3.5	Function <b>EXP</b> . . . . .	45
4.3.6	Function <b>GDL</b> . . . . .	46
4.3.7	Function <b>HPF</b> . . . . .	46
4.3.8	Function <b>INVNORM</b> . . . . .	47
4.3.9	Function <b>LOG</b> . . . . .	47
4.3.10	Function <b>MAX</b> . . . . .	47
4.3.11	Function <b>MAV</b> . . . . .	47
4.3.12	Function <b>MEAN</b> . . . . .	47
4.3.13	Function <b>MIN</b> . . . . .	48
4.3.14	Function <b>NORMAL</b> . . . . .	48
4.3.15	Function <b>ORDER</b> . . . . .	48
4.3.16	Function <b>PHI</b> . . . . .	48
4.3.17	Function <b>PTTEST</b> . . . . .	49
4.3.18	Function <b>RANK</b> . . . . .	49
4.3.19	Function <b>RATE</b> . . . . .	49
4.3.20	Function <b>REC_MAX</b> . . . . .	50
4.3.21	Function <b>REC_MIN</b> . . . . .	50
4.3.22	Function <b>ROLL_MAX</b> . . . . .	50
4.3.23	Function <b>ROLL_MIN</b> . . . . .	51
4.3.24	Function <b>SIGN</b> . . . . .	51
4.3.25	Function <b>SIN</b> . . . . .	51
4.3.26	Function <b>SORT</b> . . . . .	51
4.3.27	Function <b>SQRT</b> . . . . .	52
4.3.28	Function <b>STD</b> . . . . .	52
4.3.29	Function <b>SUM</b> . . . . .	52
4.3.30	Function <b>UNIFORM</b> . . . . .	52

CONTENTS		iv
4.4	Using commands in <i>Microfit</i> . . . . .	53
4.4.1	Command <b>ADD</b> . . . . .	53
4.4.2	Command <b>ADF</b> . . . . .	53
4.4.3	Command <b>ADF_GLS</b> . . . . .	55
4.4.4	Command <b>ADF_MAX</b> . . . . .	56
4.4.5	Command <b>ADF_WS</b> . . . . .	57
4.4.6	Command <b>BATCH</b> . . . . .	57
4.4.7	Command <b>CCA</b> . . . . .	58
4.4.8	Command <b>COR</b> . . . . .	59
4.4.9	Command <b>DELETE</b> . . . . .	59
4.4.10	Command <b>DF_PP</b> . . . . .	59
4.4.11	Command <b>ENTITLE</b> . . . . .	60
4.4.12	Command <b>FILL_FORWARD</b> . . . . .	60
4.4.13	Command <b>FILL_MISSING</b> . . . . .	61
4.4.14	Command <b>HIST</b> . . . . .	61
4.4.15	Command <b>KEEP</b> . . . . .	62
4.4.16	Command <b>KPSS</b> . . . . .	62
4.4.17	Command <b>LIST</b> . . . . .	62
4.4.18	Command <b>NONPARM</b> . . . . .	63
4.4.19	Command <b>PCA</b> . . . . .	64
4.4.20	Command <b>PLOT</b> . . . . .	65
4.4.21	Command <b>REORDER</b> . . . . .	65
4.4.22	Command <b>RESTORE</b> . . . . .	66
4.4.23	Command <b>SAMPLE</b> . . . . .	66
4.4.24	Command <b>SCATTER</b> . . . . .	66
4.4.25	Command <b>SIM</b> . . . . .	66
4.4.26	Command <b>SIMB</b> . . . . .	67
4.4.27	Command <b>SPECTRUM</b> . . . . .	68
4.4.28	Command <b>TITLE</b> . . . . .	68
4.4.29	Command <b>XPLOT</b> . . . . .	68
5	Printing/Saving Results and Graphs . . . . .	69
5.1	Result screens . . . . .	69
5.1.1	On-line printing of results . . . . .	69
5.1.2	Saving results . . . . .	70
5.2	Print/save/retrieve graphs . . . . .	70
5.2.1	Altering the display of graphs . . . . .	71
5.2.2	Printing graphs . . . . .	72
5.2.3	Saving graphs . . . . .	72
5.2.4	Retrieval of graphic files . . . . .	73
5.2.5	Capturing graphs onto the clipboard . . . . .	73
5.3	Exercises using graphs . . . . .	73
5.3.1	Exercise 5.1 . . . . .	73

CONTENTS	v
5.3.2 Exercise 5.2 . . . . .	73
<b>III Estimation Menus</b>	<b>74</b>
<b>6 Single-Equation Options</b>	<b>75</b>
6.1 The classical normal linear regression model . . . . .	75
6.1.1 Testing the assumptions of the classical model . . . . .	76
6.1.2 Estimation of the classical linear regression model . . . . .	77
6.1.3 Testing zero restrictions and reporting probability values . . . . .	79
6.2 The maximum likelihood approach . . . . .	79
6.2.1 Newton-Raphson algorithm . . . . .	80
6.2.2 Properties of maximum likelihood estimators . . . . .	80
6.2.3 Likelihood-based tests . . . . .	81
6.3 Estimation menus in <i>Microfit</i> . . . . .	83
6.4 Single Equation Estimation Menu . . . . .	84
6.5 The Linear Regression Menu . . . . .	85
6.5.1 Specification of a linear regression equation . . . . .	86
6.5.2 Specification of the estimation period . . . . .	87
6.6 Ordinary Least Squares option . . . . .	88
6.6.1 Tests of residual serial correlation . . . . .	89
6.6.2 Ramsey's RESET test for functional form misspecification . . . . .	90
6.6.3 The normality test . . . . .	90
6.6.4 Heteroscedasticity test . . . . .	90
6.6.5 Predictive failure test . . . . .	90
6.6.6 Chow's test of the stability of regression coefficients . . . . .	90
6.6.7 Measures of leverage . . . . .	91
6.7 Generalized instrumental variable method option . . . . .	91
6.8 AR errors (exact ML) option . . . . .	92
6.9 AR errors (Cochrane-Orcutt) option . . . . .	94
6.10 AR errors (Gauss-Newton) option . . . . .	95
6.11 IV with AR errors (Gauss-Newton) option . . . . .	95
6.12 MA errors (exact ML) option . . . . .	97
6.13 IV with MA errors option . . . . .	97
6.13.1 Specification of initial estimates for the parameters of the AR/MA error process . . . . .	98
6.14 Recursive regression options . . . . .	98
6.14.1 Recursive OLS Regression Results Menu . . . . .	99
6.15 Rolling Linear Regression Menu . . . . .	100
6.15.1 Rolling Regression Results Menu . . . . .	100
6.16 Non-Linear Regression Menu . . . . .	101
6.16.1 Specification of a non-linear regression equation . . . . .	102
6.16.2 Specification of initial parameter estimates . . . . .	103
6.16.3 Estimation results for the non-linear regression equation . . . . .	103

## CONTENTS

vi

6.17	Phillips-Hansen Estimation Menu . . . . .	104
6.18	ARDL approach to cointegration . . . . .	105
6.18.1	Specification of an ARDL regression equation . . . . .	106
6.18.2	ARDL Order Selection Menu . . . . .	106
6.18.3	Post ARDL Model Selection Menu . . . . .	107
6.18.4	ARDL Forecast Menu . . . . .	108
6.19	Logit and Probit models . . . . .	108
6.19.1	Specification of the Logit/Probit model . . . . .	108
6.19.2	Logit/Probit Estimation Menu . . . . .	109
6.19.3	Estimation results for Logit and Probit options . . . . .	109
6.19.4	Logit/Probit Post Estimation Menu . . . . .	110
6.20	Post Regression Menu . . . . .	111
6.21	Display/Save Residuals and Fitted Values Menu . . . . .	112
6.22	Standard, White and Newey-West Adjusted Variance Menu . . . . .	113
6.23	Hypothesis Testing Menu . . . . .	114
<b>7</b>	<b>Multiple Equation Options</b> . . . . .	<b>119</b>
7.1	The canonical multivariate model . . . . .	119
7.1.1	The log-likelihood function of the multivariate model . . . . .	121
7.2	General guidelines . . . . .	121
7.3	System Estimation Menu . . . . .	123
7.4	Unrestricted VAR option . . . . .	124
7.4.1	Unrestricted VAR Post Estimation Menu . . . . .	125
7.4.2	Unrestricted VAR Dynamic Response Analysis Menu . . . . .	126
7.4.3	VAR Hypothesis Testing Menu . . . . .	127
7.4.4	Multivariate Forecast Menu . . . . .	129
7.5	Cointegrating VAR options . . . . .	130
7.5.1	Specification of the cointegrating VAR model . . . . .	132
7.5.2	Cointegrating VAR Post Estimation Menu . . . . .	134
7.5.3	Long-Run Structural Modelling Menu . . . . .	135
7.5.4	Impulse Response Analysis and Forecasting Menu . . . . .	136
7.5.5	Beveridge-Nelson Trend/Cycle Decomposition . . . . .	138
7.5.6	Trend/Cycle Decomposition Results Menu . . . . .	138
7.6	Cointegrating VARX option . . . . .	139
7.7	SURE options . . . . .	139
7.7.1	Unrestricted SURE options . . . . .	141
7.7.2	Restricted SURE options . . . . .	142
7.7.3	SURE Post Estimation Menu . . . . .	143
<b>8</b>	<b>Volatility Modelling Options</b> . . . . .	<b>145</b>
8.1	Introduction . . . . .	145
8.2	Historical approaches to volatility measurement . . . . .	146
8.2.1	RiskMetrics <sup>TM</sup> (JP Morgan) method . . . . .	146
8.2.2	Econometric approaches . . . . .	147



CONTENTS	vii
8.3 Univariate GARCH models . . . . .	147
8.4 Multivariate GARCH models . . . . .	148
8.4.1 DCC and t-DCC Multivariate Volatility Models . . . . .	149
8.5 Volatility Modelling Menu . . . . .	150
8.6 Univariate GARCH Estimation Menu . . . . .	151
8.6.1 Specification of the GARCH, AGARCH and EGARCH models . . . . .	151
8.6.2 Specification of the initial parameter values for GARCH, AGARCH and EGARCH models . . . . .	152
8.6.3 Estimation results for the GARCH-M options . . . . .	153
8.7 Multivariate GARCH Menu . . . . .	153
8.7.1 Estimation results for the MGARCH . . . . .	155
8.8 Multivariate GARCH Post Estimation Menu . . . . .	155
8.8.1 Testing the Validity of Multivariate GARCH Menu . . . . .	156
8.8.2 Compute the VaR of a portfolio . . . . .	156
<b>IV Tutorial Lessons</b>	<b>158</b>
<b>9 Lessons in Data Management</b>	<b>159</b>
9.1 Lesson 9.1: Reading in the raw data file UKSTOCK.DAT . . . . .	159
9.2 Lesson 9.2: Saving your current dataset as a special <i>Microfit</i> file . . . . .	160
9.3 Lesson 9.3: Reading in the special <i>Microfit</i> file UKSTOCK.FIT . . . . .	160
9.4 Lesson 9.4: Combining two special <i>Microfit</i> files containing different variables	161
9.5 Lesson 9.5: Combining two special <i>Microfit</i> files containing the same variables	161
9.6 Lesson 9.6: Extending the sample period of a special <i>Microfit</i> file . . . . .	162
9.7 Lesson 9.7: Reading the CSV file UKCON.CSV into <i>Microfit</i> . . . . .	162
9.8 Lesson 9.8: Reading the Excel file DAILYFUTURES.XLS into <i>Microfit</i> . . . . .	163
9.9 Lesson 9.9: Saving the DAILYFUTURES.XLS file excluding missing values . . . . .	163
9.10 Exercises in data management . . . . .	164
9.10.1 Exercise 9.1 . . . . .	164
9.10.2 Exercise 9.2 . . . . .	164
9.10.3 Exercise 9.3 . . . . .	164
9.10.4 Exercise 9.4 . . . . .	165
<b>10 Lessons in Data Processing</b>	<b>166</b>
10.1 Lesson 10.1: Interactive data transformations . . . . .	166
10.2 Lesson 10.2: Doing data transformations using the <b>BATCH</b> command . . . . .	167
10.3 Lesson 10.3: Adding titles (descriptions) to variables . . . . .	169
10.4 Lesson 10.4: Creating dummy variables . . . . .	170
10.5 Lesson 10.5: Plotting variables against time and/or against each other . . . . .	172
10.6 Lesson 10.6: The use of command <b>XPLOT</b> in generating probability density function . . . . .	173
10.7 Lesson 10.7: Histogram of US stock market returns . . . . .	174
10.8 Lesson 10.8: Hodrick-Prescott filter applied to UK GDP . . . . .	176

## CONTENTS

viii

10.9 Lesson 10.9: Summary statistics and correlation coefficients of US and UK output growths . . . . .	178
10.10 Lesson 10.10: Autocorrelation coefficients of US output growth . . . . .	179
10.11 Lesson 10.11: Spectral density function of the US output growth . . . . .	180
10.12 Lesson 10.12: Constructing a geometrically declining distributed lag variable: using the <b>SIM</b> command . . . . .	182
10.13 Lesson 10.13: Computation of OLS estimators using formulae and commands . . . . .	184
10.14 Lesson 10.14: Construction of indices of effective exchange rates and foreign prices . . . . .	186
10.15 Lesson 10.15: Non-parametric density estimation of futures returns . . . . .	190
10.16 Lesson 10.16: Principal components analysis of US macro economic time series . . . . .	193
10.17 Lesson 10.17: Canonical correlation analysis of bond and equity futures . . . . .	195
10.18 Exercises in data processing . . . . .	198
10.18.1 Exercise 10.1 . . . . .	198
10.18.2 Exercise 10.2 . . . . .	198
10.18.3 Exercise 10.3 . . . . .	198
10.18.4 Exercise 10.4 . . . . .	198
<b>11 Lessons in Linear Regression Analysis . . . . .</b>	<b>199</b>
11.1 Lesson 11.1: OLS estimation of simple regression models . . . . .	199
11.2 Lesson 11.2: Two alternative methods of testing linear restrictions . . . . .	204
11.3 Lesson 11.3: Estimation of long-run effects and mean lags . . . . .	209
11.4 Lesson 11.4: The multicollinearity problem . . . . .	211
11.5 Lesson 11.5: Testing common factor restrictions . . . . .	215
11.6 Lesson 11.6: Estimation of regression models with serially correlated errors . . . . .	216
11.7 Lesson 11.7: Estimation of a 'surprise' consumption function: an example of two-step estimation . . . . .	220
11.8 Lesson 11.8: An example of non-nested hypothesis testing . . . . .	223
11.9 Lesson 11.9: Testing linear versus log-linear models . . . . .	224
11.10 Lesson 11.10: Testing for exogeneity: computation of the Wu-Hausman statistic . . . . .	226
11.11 Lesson 11.11: Recursive prediction of US monthly excess returns . . . . .	229
11.12 Lesson 11.12: Rolling regressions and the Lucas critique . . . . .	232
11.13 Exercises in linear regression analysis . . . . .	234
11.13.1 Exercise 11.1 . . . . .	234
11.13.2 Exercise 11.2 . . . . .	235
11.13.3 Exercise 11.3 . . . . .	235
11.13.4 Exercise 11.4 . . . . .	235
11.13.5 Exercise 11.5 . . . . .	236
11.13.6 Exercise 11.6 . . . . .	236
<b>12 Lessons in Univariate Time-Series Analysis . . . . .</b>	<b>237</b>
12.1 Lesson 12.1: Using the <b>ADF</b> command to test for unit roots . . . . .	238
12.2 Lesson 12.2: Spectral analysis of US output growth . . . . .	243
12.3 Lesson 12.3: Using an ARMA model for forecasting US output growth . . . . .	248

## CONTENTS

ix

12.4 Lesson 12.4: Alternative measures of persistence of shocks to US real GNP . . . . .	251
12.5 Lesson 12.5: Non-stationarity and structural breaks in real GDP . . . . .	255
12.6 Lesson 12.6: Unit roots in US nominal wages and the stock market crash . . . . .	257
12.7 Exercises in univariate time-series analysis . . . . .	260
12.7.1 Exercise 12.1 . . . . .	260
12.7.2 Exercise 12.2 . . . . .	260
12.7.3 Exercise 12.3 . . . . .	260
<b>13 Lessons in Non-Linear Estimation . . . . .</b>	<b>261</b>
13.1 Lesson 13.1: Non-linear estimation of Cobb-Douglas production function . . . . .	261
13.2 Lesson 13.2: Estimation of Euler equations by the NLS-IV method . . . . .	263
13.3 Lesson 13.3: Estimation of Almon distributed lag models . . . . .	267
13.4 Lesson 13.4: Estimation of a non-linear Phillips curve . . . . .	269
13.5 Lesson 13.5 Estimating a non-linear Phillips curve with serially correlated errors	274
13.6 Exercises in non-linear estimation . . . . .	274
13.6.1 Exercise 13.1 . . . . .	274
13.6.2 Exercise 13.2 . . . . .	276
13.6.3 Exercise 13.3 . . . . .	276
13.6.4 Exercise 13.4 . . . . .	276
<b>14 Lessons in Probit and Logit Estimation . . . . .</b>	<b>277</b>
14.1 Lesson 14.1: Modelling the choice of fertilizer use by Philippine farmers . . . . .	277
14.1.1 Forecasting with Probit/Logit models . . . . .	281
14.2 Lesson 14.2: Fertilizer use model estimated over a sub-sample of farmers . . . . .	282
14.3 Exercises in Logit/Probit estimation . . . . .	283
14.3.1 Exercise 14.1: . . . . .	283
14.3.2 Exercise 14.2: . . . . .	283
<b>15 Lessons in VAR Modelling . . . . .</b>	<b>284</b>
15.1 Lesson 15.1: Selecting the order of the VAR . . . . .	284
15.2 Lesson 15.2: Testing for the presence of oil shock dummies in output equations	288
15.3 Lesson 15.3: International transmission of output shocks . . . . .	289
15.4 Lesson 15.4: Contemporaneous correlation of output shocks . . . . .	290
15.5 Lesson 15.5: Forecasting output growths using the VAR . . . . .	292
15.6 Lesson 15.6: Impulse responses of the effects of output growth shocks . . . . .	294
15.7 Exercises in VAR modelling . . . . .	296
15.7.1 Exercise 15.1 . . . . .	296
15.7.2 Exercise 15.2 . . . . .	296
15.7.3 Exercise 15.3 . . . . .	296
<b>16 Lessons in Cointegration Analysis . . . . .</b>	<b>298</b>
16.1 Lesson 16.1: Testing for cointegration when the cointegrating coefficients are known . . . . .	299
16.2 Lesson 16.2: A residual-based approach to testing for cointegration . . . . .	302

## CONTENTS

x

16.3 Lesson 16.3: Testing for cointegration: Johansen ML approach . . . . .	304
16.4 Lesson 16.4: Testing for cointegration in models with $I(1)$ exogenous variables	310
16.5 Lesson 16.5: Long-run analysis of consumption, income and inflation: the ARDL approach . . . . .	317
16.6 Lesson 16.6: Great ratios and long-run money demand in the US . . . . .	321
16.7 Lesson 16.7: Application of the cointegrating VAR analysis to the UK term structure of interest rates . . . . .	335
16.8 Lesson 16.8: Canonical correlations and cointegration analysis . . . . .	344
16.9 Exercises in cointegration analysis . . . . .	347
16.9.1 Exercise 16.1 . . . . .	347
16.9.2 Exercise 16.2 . . . . .	347
16.9.3 Exercise 16.3 . . . . .	348
16.9.4 Exercise 16.4 . . . . .	348
16.9.5 Exercise 16.5 . . . . .	348
<b>17 Lessons in VARX Modelling and Trend/Cycle Dec.</b>	<b>349</b>
17.1 Lesson 17.1: Testing the long-run validity of PPP and IRP hypotheses using UK data . . . . .	349
17.2 Lesson 17.2: A macroeconomic model for Indonesia . . . . .	357
17.3 Lesson 17.3: Testing for over-identifying restrictions in the Indonesian model	361
17.4 Lesson 17.4: Forecasting UK inflation . . . . .	368
17.5 Lesson 17.5: Permanent and transitory components of output and consumption in a small model of the US economy . . . . .	373
17.6 Lesson 17.6: The trend-cycle decomposition of interest rates . . . . .	377
17.7 Lesson 17.7: The US equity market and the UK economy . . . . .	383
17.8 Exercises in VARX modelling . . . . .	385
17.8.1 Exercise 17.4 . . . . .	386
<b>18 Lessons in SURE Estimation</b>	<b>388</b>
18.1 Lesson 18.1: A restricted bivariate VAR model of patents and output growth in the US . . . . .	388
18.2 Lesson 18.2: Estimation of Grunfeld-Griliches investment equations . . . . .	390
18.3 Lesson 18.3: Testing cross-equation restrictions after SURE estimation . . . . .	392
18.4 Lesson 18.4: Estimation of a static almost ideal demand system . . . . .	393
18.5 Lesson 18.5: Estimation of a New Keynesian three equation model . . . . .	397
18.6 Lesson 18.6: 2SLS and 3SLS estimation of an exactly identified system . . . . .	398
18.7 Exercises in SURE Estimation . . . . .	400
18.7.1 Exercise 18.1 . . . . .	400
18.7.2 Exercise 18.2 . . . . .	400
18.7.3 Exercise 18.3 . . . . .	400
18.7.4 Exercise 18.4 . . . . .	401
18.7.5 Exercise 18.5 . . . . .	401
18.7.6 Exercise 18.6 . . . . .	401

CONTENTS	xi
<b>19 Lessons in Univariate GARCH Modelling</b>	<b>402</b>
19.1 Lesson 19.1: Testing for ARCH effects in monthly \$/£ exchange rates . . . .	402
19.2 Lesson 19.2: Estimating GARCH models for monthly \$/£ exchange rate . . .	404
19.3 Lesson 19.3: Estimating EGARCH models for monthly \$/£ exchange rate . .	408
19.4 Lesson 19.4: Forecasting volatility . . . . .	410
19.5 Lesson 19.5: Modelling volatility in daily exchange rates . . . . .	412
19.6 Lesson 19.6: Estimation of GARCH-in-mean models of US excess returns . .	414
19.7 Exercises in GARCH modelling . . . . .	418
19.7.1 Exercise 19.1 . . . . .	418
19.7.2 Exercise 19.2 . . . . .	418
<b>20 Lessons in Multivariate GARCH Modelling</b>	<b>419</b>
20.1 Lesson 20.1: Estimating DCC models for a portfolio of currency futures . . .	419
20.2 Lesson 20.2: Plotting the estimated conditional volatilities and correlations .	424
20.3 Lesson 20.3: Testing for linear restrictions . . . . .	425
20.4 Lesson 20.4: Testing the validity of the t-DCC model . . . . .	427
20.5 Lesson 20.5: Forecasting conditional correlations . . . . .	430
20.6 Lesson 20.6: MGARCH applied to a set of OLS residuals . . . . .	431
20.7 Exercises in Multivariate GARCH Estimation . . . . .	434
20.7.1 Exercise 20.1 . . . . .	434
20.7.2 Exercise 20.2 . . . . .	434
20.7.3 Exercise 20.3 . . . . .	434
<b>V Econometric Methods</b>	<b>435</b>
<b>21 Econometrics of Single Equation Models</b>	<b>436</b>
21.1 Summary statistics and autocorrelation coefficients . . . . .	436
21.1.1 Box-Pierce and Ljung-Box tests . . . . .	437
21.2 Non-parametric estimation of the density function . . . . .	438
21.3 Estimation of spectral density . . . . .	439
21.4 Hodrick-Prescott (HP) filter . . . . .	440
21.5 Pesaran-Timmermann non-parametric test of predictive performance . . . .	441
21.6 Ordinary least squares estimates . . . . .	441
21.6.1 Regression results . . . . .	442
21.6.2 Diagnostic test statistics (the OLS case) . . . . .	444
21.7 Statistical model selection criteria . . . . .	447
21.7.1 Akaike information criterion (AIC) . . . . .	447
21.7.2 Schwarz Bayesian criterion (SBC) . . . . .	448
21.7.3 Hannan and Quinn criterion (HQC) . . . . .	448
21.7.4 Consistency properties of the different model selection criteria . . . .	448
21.8 Non-nested tests for linear regression models . . . . .	449
21.9 Non-nested tests for models with different transformations of the dependent variable . . . . .	452

## CONTENTS

xii

21.9.1	The $P_E$ Test Statistic . . . . .	452
21.9.2	The Bera-McAleer test statistic . . . . .	453
21.9.3	The double-length regression test statistic . . . . .	453
21.9.4	The Cox non-nested statistics computed by simulation . . . . .	454
21.9.5	Sargan and Vuong's likelihood criteria . . . . .	456
21.10	The generalized instrumental variable method . . . . .	457
21.10.1	Two-stage least squares . . . . .	457
21.10.2	Generalized $R^2$ for IV regressions . . . . .	458
21.10.3	Sargan's general mis-specification test . . . . .	458
21.10.4	Sargan's test of residual serial correlation for IV regressions . . . . .	459
21.11	Exact ML/AR estimators . . . . .	459
21.11.1	The AR(1) case . . . . .	461
21.11.2	The AR(2) case . . . . .	461
21.11.3	Covariance matrix of the exact ML estimators for the AR(1) and AR(2) options . . . . .	462
21.11.4	Adjusted residuals, $R^2$ , $\bar{R}^2$ , and other statistics . . . . .	463
21.11.5	Log-likelihood ratio statistics for tests of residual serial correlation . . . . .	464
21.12	The Cochrane-Orcutt iterative method . . . . .	465
21.12.1	Covariance matrix of the CO estimators . . . . .	466
21.13	ML/AR estimators by the Gauss-Newton method . . . . .	467
21.13.1	AR(m) error process with zero restrictions . . . . .	467
21.14	The IV/AR estimation method . . . . .	468
21.14.1	Sargan's general mis-specification test in the case of the IV/AR option . . . . .	469
21.14.2	$R^2$ , $\bar{R}^2$ , $GR^2$ , $\overline{GR}^2$ , and other statistics: AR options . . . . .	469
21.15	Exact ML/MA estimators . . . . .	470
21.15.1	Covariance matrix of the unknown parameters in the MA option . . . . .	473
21.16	The IV/MA estimators . . . . .	473
21.16.1	$R^2$ , $\bar{R}^2$ , $GR^2$ , $\overline{GR}^2$ , and other statistics: MA options . . . . .	474
21.17	Recursive regressions . . . . .	475
21.17.1	The CUSUM test . . . . .	475
21.17.2	The CUSUM of squares test . . . . .	476
21.17.3	Recursive coefficients: the OLS option . . . . .	476
21.17.4	Standardized recursive residuals: the OLS option . . . . .	476
21.17.5	Recursive standard errors: the OLS option . . . . .	477
21.17.6	Recursive estimation: the IV option . . . . .	477
21.17.7	Adaptive coefficients in expectations formation models under incomplete learning . . . . .	478
21.17.8	Recursive predictions . . . . .	478
21.18	Phillips-Hansen fully modified OLS estimators . . . . .	479
21.18.1	Choice of lag windows $\omega(s,m)$ . . . . .	480
21.18.2	Estimation of the variance matrix of the FM-OLS estimator . . . . .	480
21.19	Autoregressive distributed lag models . . . . .	481
21.20	Probit and Logit models . . . . .	483

21.20.1	Estimating and testing vector functions of $\beta$	485
21.20.2	Fitted probability and fitted discrete values	486
21.20.3	Measures of goodness of fit and related test statistics	486
21.20.4	Forecasting with Probit/Logit models	487
21.21	Non-linear estimation	487
21.21.1	The non-linear least squares (NLS) method	488
21.21.2	The non-linear instrumental variables (NL/IV) method	489
21.22	Heteroscedasticity-consistent variance estimators	489
21.23	Newey-West variance estimators	490
21.24	Variance of vector function of estimators	492
21.25	Wald statistic for testing linear and non linear restrictions	492
21.26	Univariate forecasts in regression models	492
21.26.1	Univariate static forecasts	493
21.26.2	Univariate dynamic forecasts	494
21.26.3	Standard errors of univariate forecast errors: the OLS and IV options	494
21.26.4	Forecasts based on non-linear models	495
21.26.5	Measures of forecast accuracy	496
<b>22</b>	<b>Econometrics of Multiple Equation Models</b>	<b>497</b>
22.1	Seemingly unrelated regression equations ( <i>SURE</i> )	498
22.1.1	Maximum likelihood estimation	498
22.2	Three-stage least squares	500
22.2.1	Testing linear/non-linear restrictions	502
22.2.2	LR statistic for testing whether $\Sigma$ is diagonal	502
22.3	System estimation subject to linear restrictions	503
22.4	Augmented vector autoregressive models	505
22.4.1	VAR order selection	506
22.4.2	Testing the deletion of deterministic/exogenous variables	507
22.4.3	Testing for block Granger non-causality	507
22.5	Impulse response analysis	508
22.5.1	Orthogonalized impulse responses	509
22.5.2	Generalized impulse responses	510
22.6	Forecast error variance decompositions	512
22.6.1	Orthogonalized forecast error variance decomposition	512
22.6.2	Generalized forecast error variance decomposition	512
22.7	Cointegrating VAR	514
22.7.1	Cointegrating relations	515
22.8	ML estimation and tests of cointegration	518
22.8.1	Maximum eigenvalue statistic	520
22.8.2	Trace statistic	520
22.8.3	Model selection criteria for choosing the number of cointegrating relations	521
22.9	Long-run structural modelling	522
22.9.1	Identification of the cointegrating relations	522

CONTENTS	xiv
22.9.2 Estimation of the cointegrating relations under general linear restrictions	523
22.9.3 Log-likelihood ratio statistics for tests of over-identifying restrictions on the cointegrating relations	526
22.9.4 Impulse response analysis in cointegrating VAR models	527
22.9.5 Impulse response functions of cointegrating relations	528
22.9.6 Persistence profiles for cointegrating relations and speed of convergence to equilibrium	529
22.10 VARX Models	530
22.10.1 The structural VARX model	530
22.10.2 The reduced form VARX model	531
22.10.3 The cointegrated VAR model with $I(1)$ exogenous variables	531
22.10.4 Forecasting and impulse response analysis in VARX models	535
22.11 Trend/cycle decomposition in VARs	536
22.12 Principal components	539
22.12.1 Selecting the number of PCs or factors	540
22.13 Canonical correlations	541
<b>23 Econometrics of Volatility Models</b>	<b>543</b>
23.1 Univariate conditionally heteroscedastic models	543
23.1.1 GARCH-in-mean models	543
23.1.2 ML estimation with Gaussian errors	545
23.1.3 ML estimation with Student's t-distributed errors	545
23.1.4 Exponential GARCH-in-Mean models	546
23.1.5 Absolute GARCH-in-Mean models	547
23.1.6 Computational considerations	547
23.1.7 Testing for ARCH (or GARCH) effects	547
23.1.8 Residuals, DW, $R^2$ and other statistics	548
23.1.9 Forecasting with conditionally heteroscedastic models	548
23.2 Multivariate conditionally heteroscedastic models	550
23.2.1 Initialization, estimation and evaluation samples	552
23.2.2 Maximum likelihood estimation	553
23.2.3 Simple diagnostic tests of the DCC model	555
23.2.4 Forecasting volatilities and conditional correlations	557
<b>VI Appendices</b>	<b>559</b>
<b>A Size Limitations</b>	<b>560</b>
<b>B Statistical Tables</b>	<b>562</b>
B.1 Upper and lower bound F-test and W-test critical values of Pesaran, Shin and Smith single-equation cointegration test	562