



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**GUEIBI PERES SOUZA**

**PREVISÃO DO CONSUMO INDUSTRIAL DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESTADO  
DE SANTA CATARINA: UMA APLICAÇÃO DA COMBINAÇÃO DE PREVISÕES  
ENTRE MODELOS UNIVARIADOS E DE REGRESSÃO DINÂMICA**

**FLORIANÓPOLIS  
FEVEREIRO 2005**

**GUEIBI PERES SOUZA**

**PREVISÃO DO CONSUMO INDUSTRIAL DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESTADO  
DE SANTA CATARINA: UMA APLICAÇÃO DA COMBINAÇÃO DE PREVISÕES  
ENTRE MODELOS UNIVARIADOS E DE REGRESSÃO DINÂMICA**

Esta Dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof. Robert Wayne Samohyl, Ph.D. (Orientador)

FLORIANÓPOLIS  
FEVEREIRO 2005

**GUEIBI PERES SOUZA**

**PREVISÃO DO CONSUMO INDUSTRIAL DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESTADO  
DE SANTA CATARINA: UMA APLICAÇÃO DA COMBINAÇÃO DE PREVISÕES  
ENTRE MODELOS UNIVARIADOS E DE REGRESSÃO DINÂMICA**

Esta Dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na área de concentração de Sistemas de Produção do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 14 de fevereiro de 2005.

---

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.

Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - UFSC

---

Prof. Robert Wayne Samohyl, Ph.D. - UFSC

(Orientador)

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Paulo José Ogliari, Dr. - UFSC

(Presidente)

---

Prof. Antônio C. Bornia, Dr. - UFSC

(Membro)

---

Prof. Wesley da Silva Vieira, Dr. – PUC-PR

(Membro)

Dedico este trabalho  
À memória de meu Pai,  
Força e coragem de minha Mãe,  
Cumplicidade de minhas Irmãs e  
Apoio de minha companheira.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu professor e orientador Robert Wayne Samohyl por ter acreditado em minha capacidade, dando-me uma oportunidade ímpar em um momento decisivo de minha vida acadêmica. Pela paciência demonstrada com minhas limitações, e pelas responsabilidades as quais me submeteu, através das quais pude mostrar-me útil. Além do empenho, dedicação, e atenção que foram de fundamental importância para a concretização e entrega deste trabalho em tempo hábil.

Agradeço também a minha namorada Sueli Aparecida Sophiate pelo equilíbrio a mim proporcionado através de seu apoio e incentivo em todo e qualquer momento. Agradeço finalmente, aos meus colegas de Núcleo: Andréa Konrath, Éder Corvalão, Rodrigo Miranda, Rubson Rocha e principalmente ao meu amigo particular, Manoel Domingos Filho, que comigo desenvolveram o projeto de pesquisa e desenvolvimento junto à CELESC além de tudo o mais que realizaram por mim.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu professor e orientador Robert Wayne Samohyl por ter acreditado em minha capacidade, dando-me uma oportunidade ímpar em um momento decisivo de minha vida acadêmica. Pela paciência demonstrada com minhas limitações, e pelas responsabilidades as quais me submeteu, através das quais pude mostrar-me útil. Além do empenho, dedicação, e atenção que foram de fundamental importância para a concretização e entrega deste trabalho em tempo hábil.

Agradeço também a minha namorada Sueli Aparecida Sophiate pelo equilíbrio a mim proporcionado através de seu apoio e incentivo em todo e qualquer momento. Agradeço finalmente, aos meus colegas de Núcleo: Andréa Konrath, Éder Corvalão, Rodrigo Miranda, Rubson Rocha e principalmente ao meu amigo particular, Manoel Domingos Filho, que comigo desenvolveram o projeto de pesquisa e desenvolvimento junto à CELESC além de tudo o mais que realizaram por mim.

## **ABSTRACT**

The main objective of this thesis is to improve the upon forecasts currently obtained at the Electrical Company of SC (Centrais Eletricas Santa Catarina S/A - CELESC). Inacurate forecasts cause financial losses to CELESC because of the need son buying energy at market prices. The above mentioned situation complicates the efficient allocation of resources available in the company, leading to problems such as lack do or excess of installed capacity along specific lines or at substations, increase of tariffs when it could be avoided, unnecessary subjection to market risks, as well as the company's loss of credibility.

Such problems can be mitigated through the application of prediction methods and techniques presented in this work. Examples of these kinds of techniques are the two methods that combine predictions generated by dynamic regression models and also by application of univariate forecasting models. These models were formulated using quantitative information (methods, techniques and equations) and qualitative information collected with the company (intuitive contribution from experts and employees).

The results obtained were developed and tested both inside and outside the sample so as to provide an understanding of the adherence of forecasting methods to consumption data of the manufacturing sector in the State. A proposal for monitoring discrepancies of forecasts generated through combination was developed to determine the moment when such models will become obsolete. The accuracy of results obtained reflects the concrete possibility of practical utilization of the proposed method in strategic decision making, by any people or company in the sector.

**Key Words:** Forecast Combination, General to Specific Approach, Electric Energy, Discrepancy Monitoring, Combined CUSUM-Shewhart Control Charts.

## LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 – Progresso Social e Econômico e Consumo de Energia.....	28
FIGURA 2 – Processo de Previsão.....	54
FIGURA 3 – Densidade dos Dados.....	59
FIGURA 4 – Correlograma da Função de Autocorrelação Simples.....	60
FIGURA 5 – Consumo Industrial de Energia Elétrica.....	61
FIGURA 6 – Gráfico Comparativo das Previsões por Holt-Winters.....	64
FIGURA 7 – Primeira Diferença do Consumo Industrial de Energia Elétrica	65
FIGURA 8 – Função de Autocorrelação Parcial (PACF) do Consumo Industrial.....	65
FIGURA 9 – Função de Autocorrelação Simples (ACF) do Consumo Industrial Diferenciado.....	66
FIGURA 10 – Diagnóstico do Modelo ARIMA (2.0.0) (0.1.1).....	67
FIGURA 11 – Descrição Estatística dos Resíduos do Modelo ARIMA (2.0.0) (0.1.1).....	68
FIGURA 12 – Densidade dos Resíduos do Modelo ARIMA (2.0.0) (0.1.1)...	68
FIGURA 13 – Correlograma dos Resíduos do Modelo ARIMA (2.0.0) (0.1.1).....	68
FIGURA 14 – Variáveis Originais ao Longo do Tempo.....	72
FIGURA 15 – Variáveis Transformadas do MOD-01 ao Longo do Tempo....	74
FIGURA 16 - Variáveis Transformadas do MOD-02 ao Longo do Tempo....	76
FIGURA 17 - Variáveis Transformadas do MOD-05 ao Longo do Tempo....	78
FIGURA 18 – Variáveis Originais do Modelo Combinado de Regressão ao Longo do Tempo.....	87
FIGURA 19 – Variáveis Transformadas do Modelo Combinado ao Longo do Tempo.....	88



FIGURA 20 – Processo de Monitoramento das Discrepâncias.....	98
FIGURA 21 – Discrepâncias da Combinação por Modelo de Regressão.....	100
FIGURA 22 – Discrepâncias da Combinação por Média Ponderada.....	100
FIGURA 23 - Discrepâncias da Combinação por Modelo de Regressão.....	101
FIGURA 24 – Discrepâncias da Combinação por Média Ponderada.....	101
FIGURA 25 – Monitoramento Mês a Mês das Discrepâncias (kWh).....	104
FIGURA 26 – Monitoramento Mês a Mês das Somas Cumulativas das Discrepâncias (kWh).....	105
FIGURA 27 – Discrepâncias das Previsões Geradas.....	106
FIGURA 28 – Somas Cumulativas das Discrepâncias das Previsões Geradas	107

## LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 – Consumo Industrial de Energia Elétrica em Santa Catarina (kWh).....	56
TABELA 2 – Previsão do Consumo Industrial Construídas na Empresa (kWh).....	57
TABELA 03 – Variáveis Consideradas nos Modelos Dinâmicos.....	80
TABELA 04 – Características e Desempenho dos Modelos.....	85
TABELA 05 – Resultados e Desempenhos.....	92

## LISTA DE QUADROS

	Página
QUADRO I – Invenções e Descobertas que Modificaram o Consumo de Energia.....	29
QUADRO II – Acontecimentos que Marcaram a Evolução do Setor Elétrico no Brasil.....	32

## SUMÁRIO

	Páginas
1. CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....	13
1.1. Apresentação do Problema de Pesquisa.....	13
1.2. Definição do Problema de Pesquisa.....	16
1.3. Hipótese Básica.....	16
1.4. Justificativa e Importância do Trabalho.....	17
1.5. Objetivos.....	18
1.6. Metodologia Adotada.....	19
1.7. Limitações do Trabalho.....	21
1.8. Estrutura do Trabalho.....	22
2. CAPÍTULO II – ENERGIA – Um Histórico de sua Utilização e Desenvolvimento no Brasil.....	24
3. CAPÍTULO III – REVISÃO DA LITERATURA DE MÉTODOS DE PREVISÃO.....	36
3.1. Método Holt-Winters.....	37
3.2. Metodologia Box-Jenkins.....	40
3.2.1. Condições de Regularidade.....	43
3.3. Modelos Dinâmicos.....	44
3.3.1. Abordagem do Geral para o Específico.....	46
3.3.2. Condições de Regularidade.....	48
3.4. Combinação de Previsões de Diferentes Modelos de Previsão.....	50
4. CAPÍTULO IV – ANÁLISE EMPÍRICA.....	55
4.1. Apresentação dos Dados.....	55
4.1.1. Apresentação das Previsões Realizadas na Empresa.....	56

4.1.2. Estatística Descritiva dos Dados.....	58
4.2. Aplicação do Método de Holt-Winters.....	61
4.2.1. Formulação e Avaliação das Previsões do Método de Holt-Winters.....	63
4.3. Aplicação da Metodologia Box-Jenkins.....	64
4.3.1. Testes de Especificação do Modelo.....	67
4.3.2. Formulação e Avaliação das Previsões do Modelo.....	69
4.4. Aplicação da Abordagem Geral para Específico em Regressão Dinâmica.....	69
4.4.1. Apresentação das Variáveis Explicativas Seleccionadas.....	70
4.4.2. Formulação e Estimação de Modelos Dinâmicos.....	73
4.4.3. Testes de Especificação dos Modelos Dinâmicos.....	81
4.4.4. Formulação e Avaliação das Previsões dos Modelos Dinâmicos..	84
4.5. Combinação das Previsões dos Métodos Utilizados.....	86
4.5.1. Avaliação das Previsões Combinadas.....	89
4.5.2. Comparações entre Resultados.....	90
5. CAPÍTULO V – PROPOSTA DE MONITORAMENTO DAS DISCREPÂNCIAS DE PREVISÃO.....	93
5.1. Introdução a Gráficos de Controle.....	94
5.2. Aplicação do Gráfico de Controle Combinado de CUSUM-Shewhart nas Discrepâncias de Previsão.....	99
5.3. Simulação do Monitoramento das Discrepâncias Mês a Mês.....	102
6. CAPÍTULO VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	108
6.1. Conclusões Gerais.....	108
6.2. Sugestões para Trabalhos Futuros.....	111
REFERÊNCIAS.....	113
APÊNDICES.....	117

## 1. INTRODUÇÃO

*“Permitir que alguém acredite numa coisa, que não foi inteiramente verificada, é comprometer a verdade.”*

*Mohandas K.Gandhi.*

### 1.1 Apresentação do Problema de Pesquisa

A crise energética enfrentada pelo Brasil em meados do ano de 2001 desencadeou um processo de racionamento de energia elétrica em diversas regiões do país e a um fenômeno denominado “racionalização de consumo” na região Sul. Este fenômeno foi responsável pela modificação de hábitos e comportamentos tidos, até então, como padrões no que dizia respeito a consumo e demanda de energia elétrica no Estado de Santa Catarina, pois se modificaram tanto os patamares de consumo quanto o horário de ocorrência da máxima demanda, tornando ainda mais úteis e necessários estudos de previsão neste setor.

A descoberta e análise dos mais importantes determinantes do consumo deste bem não tangível no Estado tornaram-se fundamentais neste contexto, pois, ao descobri-los, é possível prever com aceitável precisão a quantidade de energia que será suficiente para atender as necessidades das diversas classes de consumo em determinado mês ou ano, por exemplo. O interesse em se realizar tais previsões vem da oportunidade de otimização na

alocação dos recursos financeiros disponíveis, no caso das estatais, de verbas públicas, tendo em vista que possibilitam a compra de energia por parte da concessionária a um preço mais baixo além de evitar perdas e custos com penalidades decorrentes de uma contratação super ou subestimada.

Segundo o Decreto 5.163 de 30 de julho de 2004, que regulamenta a comercialização de energia elétrica em todo o território nacional, em seu inciso II do art.2º, todas as concessionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica são obrigadas, desde 1º de janeiro de 2005, a suprir em 100% seu mercado consumidor, através de contratos registrados na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) aprovados, homologados ou registrados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Tais obrigações serão permanentemente avaliadas pela ANEEL e em casos de descumprimento, os agentes de distribuição estarão sujeitos a penalidades.

É permitido aos agentes que contratarem menos energia que o necessário, devido à subestimação, adquirir energia elétrica por meio de leilões de compra promovidos pela ANEEL<sup>1</sup> e realizados em um ambiente de contratação regulada, chamados de leilões para ajuste de curto prazo. As contratações feitas desta forma terão prazo máximo de suprimento de dois anos e não poderão exceder a um por cento da carga, insuficiente, já contratada anteriormente, segundo o Decreto.

Tais regras, somadas a de que todos os agentes de distribuição deverão informar ao Ministério de Minas e Energia, até 1º de agosto de cada ano, as previsões de seus mercados ou cargas para os cinco anos subseqüentes, a necessidade de previsões bastante precisas assume um caráter estratégico, tanto para a diretoria financeira e acionistas da empresa quanto para a região atendida pela distribuidora. A precisão das previsões está diretamente ligada a condição de solvência da empresa, pois determina as magnitudes do planejamento dos sistemas, podendo representar inclusive uma restrição ao seu desenvolvimento sócio-

econômico ou ainda uma significativa restrição orçamentária aos consumidores nela instalados, devido ao dimensionamento que poderá ser assumido pelas tarifas.

Este trabalho tem a pretensão de auxiliar no processo de construção das previsões, por acreditar que se empregadas técnicas e métodos já consagrados na literatura e profundamente abordados em disciplinas específicas do programa de pós-graduação, é possível que se atinjam resultados que deixem a empresa em uma posição bastante confortável perante o novo cenário consubstanciado na legislação. Como o consumo de energia elétrica no Estado de Santa Catarina é dividido entre oito classes (industrial, residencial, comercial, rural, serviço público, poder público, iluminação pública e consumo próprio da empresa), é necessário mencionar o fato de que no trabalho será abordada apenas a classe industrial de consumo. Tal opção foi feita devido ao fato de ser a classe que possui a maior participação no consumo agregado do Estado (aproximadamente 46%<sup>2</sup>), e também a que capta mais facilmente as externalidades de toda e qualquer modificação na conjuntura econômica nacional, fazendo com que sua previsão seja considerada a de maior complexidade por parte dos funcionários da empresa.

Tais particularidades levam a acreditar que a construção de modelos de previsão aderentes para esta determinada classe de consumo contribuirá para que o Estado possua de fato um sistema que esteja preparado para atender suas reais necessidades de consumo, evitando com isso, todos os riscos que direta ou indiretamente afetam sua credibilidade e/ou solvência. Portanto, o tema da pesquisa desenvolvida neste trabalho é a aplicação de diferentes métodos de previsão para construção de modelos do consumo industrial de energia elétrica no Estado de Santa Catarina e a combinação de suas previsões. Tendo-se sempre como foco a busca e identificação de oportunidades que gerem previsões mais precisas que as

---

<sup>1</sup> Observando normas gerais de licitações e de concessões e diretrizes do Ministério de Minas e Energia.

<sup>2</sup> Seguida da classe residencial (23%), comercial (14%), rural (10%), iluminação pública (3%), poder público (2%), serviço público (2%) e consumo próprio (menos de 0,1%).

realizadas no âmbito da empresa, visando com isso, contribuir para que uma maior qualidade na prestação do serviço possa ser atingida no Estado.

## **1.2 Definição do Problema de Pesquisa**

É possível, aplicando e combinando diferentes metodologias de construção de modelos de previsão, melhorar os resultados de previsão atualmente atingidos na empresa, diminuindo o percentual de erro absoluto médio (EPAM) e identificando oportunidades para elevação da qualidade na prestação dos serviços oferecidos pela CELESC?

## **1.3 Hipótese Básica**

Na medida em que se acredita ser possível construir modelos de previsão que melhorem os resultados atualmente atingidos na empresa, diminuindo o percentual de erro médio absoluto (EPAM), então se acredita também que é possível, através da combinação das previsões provenientes destes diferentes modelos, se obter índices de discrepâncias ainda menores, entre as previsões e a quantidade de kWh efetivamente consumida no setor industrial no Estado.



#### **1.4 Justificativa e Importância do Trabalho**

Previsões imprecisas podem causar diversos problemas dentro de uma concessionária de distribuição de energia elétrica, como por exemplo, a falta ou excesso de capacidade instalada, o comprometimento do crescimento e desenvolvimento econômico do Estado, a elevação de tarifas em situações em que se poderia evitar a submissão desnecessária aos riscos do mercado atacadista de energia, a degeneração da credibilidade da empresa, etc. Todos estes efeitos levam, inevitavelmente, à elevação de custos, o que significa falta de qualidade na prestação do serviço e, no caso de empresas públicas, desperdício de recursos escassos.

Porém, acredita-se que uma melhor alocação dos recursos disponíveis pode ser atingida se o nível de consumo e de geração de energia elétrica for equiparado através da utilização de métodos de previsões que sejam mais aderentes e precisos. Vantagens competitivas como uma melhor situação financeira, maior capacidade de ocupação do mercado, elevação do nível de credibilidade e maior concentração de esforços em ações que gerem valor, podem ser atingidas através da aplicação prática de metodologias estatísticas e de previsão, como as que foram profundamente abordadas em disciplinas específicas pertencentes ao programa de pós-graduação.

O Estado de Santa Catarina apresenta uma particularidade regional e uma composição de contribuição no consumo industrial de energia elétrica que merecem uma análise mais diferenciada, específica e profunda do assunto, o que possibilita a identificação de quais as situações que mais influenciam no consumo de energia deste setor no Estado. Esta análise indicará, portanto, quais as variáveis indicadoras que devem sofrer monitoramento contínuo por parte da empresa, para que melhorias nos seus resultados de previsão e, conseqüentemente, na qualidade de prestação de seus serviços possam ser atingidas, além de

fornecer também as diretrizes básicas para medidas estratégicas como às de *Demand side*, por exemplo.

## **1.5 Objetivos do Trabalho**

### **1.5.1 Objetivo Geral**

Aplicar diferentes teorias de construção e de combinação de modelos que gerem equações mais aderentes que as atualmente utilizadas na empresa para prever alterações do consumo industrial de energia elétrica no Estado de Santa Catarina. De forma a propiciar um melhor resultado financeiro à empresa por reduzir a necessidade de gastos com compras nos leilões de ajuste de curto prazo, onde são pagos preços de mercado, evitando-se a aplicação de penalidades, proporcionando assim melhor alocação dos recursos disponíveis que levem a uma maior eficiência, menores custos e maior qualidade no processo de prestação do serviço.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

A fim de atingir o objetivo geral mencionado acima, foram traçados quatro objetivos específicos, assim definidos:

1. Identificar as principais variáveis candidatas a influenciarem o consumo industrial de energia elétrica no Estado de Santa Catarina;
2. Construir modelos de previsão a partir de informações quantitativas cientificamente elaboradas (métodos e equações) e qualitativas de “senso comum” (contribuição intuitiva de especialistas/funcionários);
3. Definir os modelos mais adequados ao setor, baseando-se na sua acurácia;
4. Combinar as previsões oriundas dos diferentes modelos selecionados, buscando a redução do percentual absoluto médio das discrepâncias, comparando-as com as previsões atualmente utilizadas pela empresa e com cada modelo construído, individualmente;
5. Monitorar as discrepâncias do modelo combinado visando identificar o momento de revisão de seu processo de construção e dos modelos que dele fizeram parte;

## **1.6 Metodologia Adotada**

Em se tratando de uma pesquisa exploratória aplicada, que visou gerar conhecimentos que facilitassem o processo de concepção de previsões na empresa, o método adotado envolveu revisões bibliográficas, reuniões com funcionários e visitas à empresa, o levantamento e análise de dados, enfim, uma série de procedimentos que levaram a um maior conhecimento e entendimento do problema, para que se pudesse ter a pretensão de explicá-lo e também prevê-lo. Tais procedimentos seguiram uma ordem de acontecimentos, cujo planejamento e execução seguiram as seguintes etapas:

- 1) Identificação das atividades industriais mais significativas no consumo industrial do estado, para que a partir de suas características regionais próprias fossem obtidas as primeiras diretrizes para escolha das variáveis candidatas a serem coletadas;
- 2) Definição da periodicidade dos dados a partir da forma como eram trabalhados na empresa;
- 3) Coleta das variáveis levantadas a partir de um *brainstorming* realizado com a participação de funcionários da empresa;
- 4) Conhecimento, *a priori*, do relacionamento entre o consumo industrial de energia no Estado e as variáveis independentes candidatas a serem suas causadoras;
- 5) Conhecimento das relações entre os parâmetros e as variáveis a serem analisadas, no caso dos modelos multivariados de regressão dinâmica;
- 6) Utilização dos modelos de regressão múltipla considerados adequados e parcimoniosos, selecionados segundo sua precisão e que incorporavam o conhecimento dos funcionários da empresa relacionados à tarefa de previsão do mercado de energia elétrica;
- 7) Utilização de métodos univariados para verificação de suas possibilidades de utilização na elaboração das previsões e, conseqüentemente, no processo de combinação;
- 8) Combinação das previsões advindas dos modelos construídos anteriormente, comparando-os individualmente e combinados com as previsões produzidas e utilizadas pela empresa, visando identificar novos “padrões” que criassem uma nova forma de gerar previsões que

produzisse resultados mais precisos com relação ao consumo industrial no Estado; e finalmente

- 9) Monitoramento das discrepâncias de previsão dos modelos econométricos, objetivando identificar a viabilidade de utilização dos modelos e suas previsões ao longo do tempo, propiciando a identificação de informações a serem incorporadas na análise e processo de construção das previsões.

Enfim, o método utilizado visou buscar atingir o objetivo do trabalho, que é o de construir inferências baseadas nos resultados obtidos que satisfizessem os objetivos firmados anteriormente e ratificasse a importância do estudo, revelando toda sua utilidade e aplicabilidade, tanto prática quanto científica.

### **1.7 Limitações do Trabalho**

Quanto às limitações do trabalho, pode-se afirmar que estas estão relacionadas principalmente à questão de se estar prevendo única e exclusivamente a classe industrial de consumo. Trabalha-se também, basicamente, com apenas três métodos de previsão: o de regressão dinâmica, o de suavização exponencial (Holt-Winters) e o auto-regressivo integrado de média móvel (Box-Jenkins).

O fato de serem realizadas apenas previsões mensais para o Estado e setor como um todo, não subdividindo, portanto, as previsões do setor nem por ramos de atividade nem por regiões geo-elétricas, além de não se realizarem previsões anuais, são aspectos que também podem ser considerados como limitações. Porém, é importante mencionar que os dados foram assim tratados e os resultados foram assim gerados, por buscar-se realizar um

estudo que refletisse fielmente a forma como são trabalhados e fornecidos pela empresa aos órgãos competentes<sup>3</sup>. Isto por buscar a viabilidade de sua implementação prática na empresa, e total “adoção” por parte dos funcionários, acreditando-se que um ponto fundamental era não ir de encontro à cultura organizacional da empresa, de maneira que sua incorporação na prática diária dos funcionários pudesse ser realizada de forma natural.

## **1.8 Estrutura do trabalho**

Todas as etapas seguidas na pesquisa, para que se atingissem os resultados encontrados, são apresentadas em seis capítulos. No primeiro, já apresentado anteriormente, foi colocado o problema investigado, a hipótese testada, os objetivos almejados, a metodologia utilizada, além dos argumentos que se acredita que justifiquem tal esforço e revelam sua relevância. No segundo capítulo, porém, é apresentado um histórico da utilização da energia pelo homem, o desenvolvimento do setor elétrico no Brasil e a importância de se realizar previsões nos dias atuais, visando contextualizar o trabalho assim como transmitir o dimensionamento percebido da importância de planejamento neste setor.

Já no terceiro capítulo tem-se, a revisão da literatura dos métodos utilizados para prever o consumo industrial no Estado, ou seja, os conhecimentos cientificamente elaborados da metodologia de modelos regressão dinâmica e das metodologias de suavização exponencial de Holt-Winters e a de modelos ARIMA de Box-Jenkins, além da técnica de combinação de previsões de séries temporais são apresentados. Com relação ao quarto capítulo, este é totalmente dedicado à apresentação da aplicação prática das teorias

---

<sup>3</sup> Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRÁS), Operador Nacional do Sistema (ONS) e Empresa de Planejamento Energético (EPE).

mencionadas no capítulo anterior, nas séries endógenas e exógenas utilizadas, assim como a um breve comentário com relação às inferências surgidas com a análise empírica.

No quinto capítulo é apresentada uma proposta de estudo de monitoramento das discrepâncias de previsão das combinações. Tal estudo permite que os funcionários da empresa, usuários destes modelos, conheçam o comportamento de seus erros ao longo do tempo e até identifiquem, com maior clareza e precisão, o momento em que elas se tornaram obsoletas exigindo, portanto, uma reavaliação dos modelos se necessário, através da inclusão de novas variáveis nos modelos e/ou de reestimativas de seus parâmetros.

Finalmente, o sexto e último capítulo do trabalho trás as considerações finais. Nele são relatados todos os resultados e conhecimentos adquiridos com o desenvolvimento da pesquisa no tópico conclusão, os quais suscitaram sugestões para trabalhos futuros, tendo em vista que diretrizes diferentes das observadas antes da realização do estudo foram percebidas, isto é, após a maturação do processo descrito na metodologia que foi adotada.

## 2. ENERGIA

*“Energia é uma realidade física controlável por processos técnicos e que segue uma lógica econômica.” Carla Cabral e Flávia Lima.*

### **Um Histórico de sua Utilização e Desenvolvimento no Brasil**

Desde o período em que se tem registro de sua existência, o ser humano sempre necessitou de energia para poder prover sua própria sobrevivência. Nos tempos primitivos, a energia que utilizava para realizar as mais diversas tarefas, inclusive a de procurar a sua própria fonte de energia, o carbono e o hidrogênio contidos nos alimentos, era a energia muscular, ou seja, a própria energia do corpo.

A partir do momento em que o homem passou a ficar ereto, e poder assim utilizar suas mãos não mais para caminhar, pode também não mais utilizar a boca para segurar objetos, com isso desenvolveu a capacidade de falar e, com ela, “toda” sua capacidade de raciocinar. O desenvolvimento do raciocínio deu ao homem a oportunidade de domesticar certos animais e, com isso, ao invés de utilizar a própria energia corporal para realizar suas



tarefas diárias, utilizou também a energia muscular dos animais que conseguia domesticar (bois e cavalos) para principalmente se locomover e transportar lenha.

Neste contexto, torna-se possível afirmar que a primeira e grande fonte de energia utilizada pelo homem foi o sol, pois sem ele e a água, não haveria a possibilidade de existência da vida vegetal e, por conseqüência, também da vida animal. Como bem resume BARBALHO E BARBALHO (1987):

O homem primitivo, como o de hoje, era, portanto, dependente de energia; entretanto, toda a energia que usava era renovável. O sol fazia crescer e frutificar as plantas, o homem se alimentava das frutas, hortaliças, certos tubérculos e grãos (trigo, milho, etc.); os animais herbívoros se alimentavam das plantas e os carnívoros, de outros animais; o homem se alimentava também de carnívoros, herbívoros e aves. O sol era, em verdade, a grande fonte geradora de toda a energia consumida: fonte de vida vegetal e animal. (BARBALHO e BARBALHO, 1987, P.18).

PLAZ (1981) coloca que o homem à medida que foi se desenvolvendo, gradativamente foi utilizando-se de outras fontes de energia que não apenas o sol. Segundo ele, os babilônicos usavam o petróleo para iluminação e o asfalto como material de construção, apesar de o consumo significativo dos combustíveis fósseis somente se dar a partir do século XVIII. O carvão já era utilizado pelos chineses desde a época de antes de Cristo, na Grécia era utilizado na fundição do bronze, e na Europa sua mineração foi registrada já no século XII. O gás natural também era muito conhecido na antiguidade, especialmente na Índia e no Oriente Médio, onde era utilizado em práticas religiosas.

Desde seus primórdios, portanto, o homem utiliza os elementos da natureza como suas fontes de energia. Nos dias de hoje, tal situação pode ser observada através dos tipos mais comuns de usinas em funcionamento, como, por exemplo, as hidroelétricas (rios-água), as termoeletricas (calor-fogo), as de biomassa (matéria orgânica-terra) e as eólicas (vento-ar). Com base nisso, acredita-se ser possível afirmar que para a manutenção da vida no planeta, é necessário à existência de energia. OLINTO (2001) coloca a questão da seguinte forma:

A busca do homem por meios que convertam a energia difusa presente na natureza em energia utilizável, como forma de garantir suas condições de sobrevivência, trabalho e conforto é, em última análise, uma necessidade humana imprescindível. Sua vida transcorre em meio a processos de permanentes intercâmbios energéticos. Assim, em seus atos, de alguma forma, visa suprir essa necessidade básica para a manutenção de sua vida (OLINTO, 2001, p.4).

Como induzido acima, outra energia largamente utilizada pelo homem nos tempos primitivos, provinha da lenha, a qual era utilizada em fogueiras tanto para aquecer ambientes e proteger do frio, quanto para preparar alimentos e, também, mais tarde, para a confecção de artefatos de barro. Este, claramente, se tratava do contexto do homem europeu, que vivia em regiões bastante frias, porém, os índios primitivos do Brasil, dos anos 1500, também se valiam dos elementos da natureza como fonte de energia. Segundo BARBALHO e BARBALHO (1987), os índios primitivos do Brasil utilizavam principalmente a energia proveniente do sol, para secar alimentos e sementes e utilizava-se de lenha também para se aquecer durante a noite, preparar alimentos e construir canoas (pirogas), pois empregavam a técnica de combustão do próprio material para retirar o material do interior das toras, cortadas com machados de pedra.

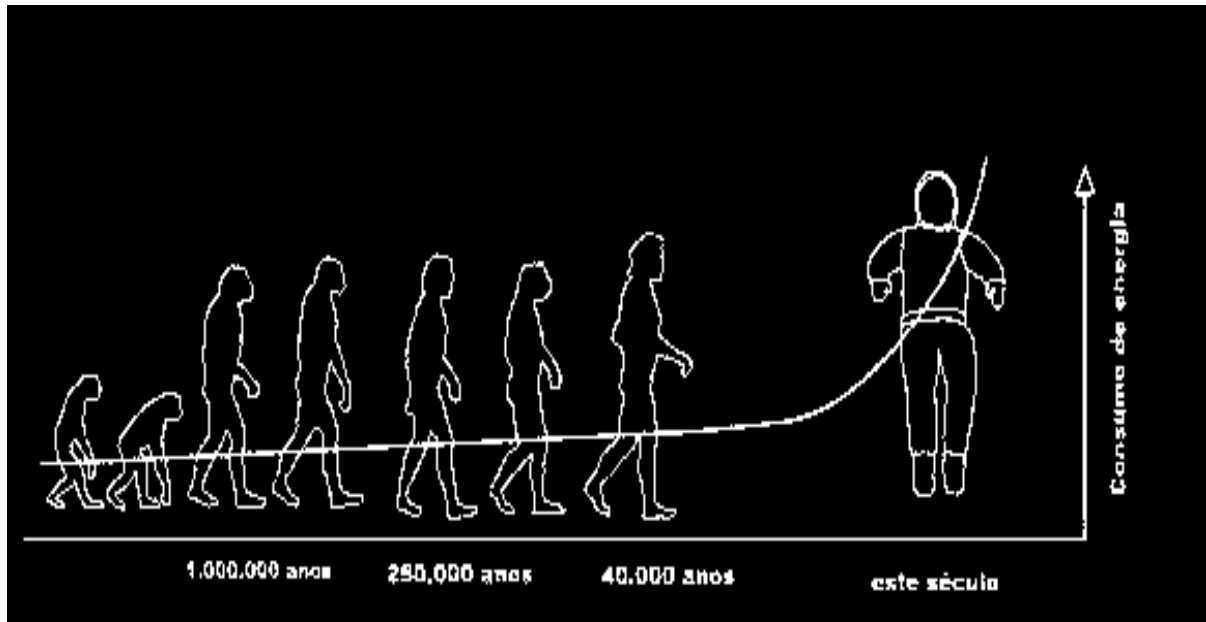
A palavra energia, de origem grega, significa força, porém é conceituada de diferentes formas. Em Física, corresponde a capacidade de realizar trabalho, mas ainda pode ser definida como o modo onde atua determinada força, ou ainda a força que movimenta todos os corpos do universo. Segundo CABRAL e LIMA (2001), “é também uma realidade física controlável por processos técnicos e que segue uma lógica econômica” (CABRAL e LIMA, 2001, p.1).

O consumo de energia do homem primitivo e do contemporâneo continuou o mesmo, apenas no que diz respeito à base energética para sua sobrevivência, pois com relação à satisfação das demais necessidades e, por consequência, à quantidade necessária, se modificou bastante. A causa está na situação do homem atual utilizar energia não mais apenas

para sobreviver, mas também com o objetivo de elevar o seu progresso material e realizar atividades de lazer.

Como o progresso da sociedade está diretamente relacionado ao crescimento e ao desenvolvimento econômico, e este ao aumento da eficiência do trabalho desempenhado pelo ser humano, por possibilitar maior conforto e a elevação tanto do nível quanto da qualidade de vida das pessoas, como coloca OLINTO (2001), “para cada avanço que vise facilitar as atividades humanas, melhorando sua qualidade de vida, uma nova cota de energia deve ser gerada” (OLINTO, 2001, p.4).

Enquanto sabe-se que os esforços deveriam direcionar-se a cada vez mais satisfazer as necessidades infinitas com a menor quantidade de energia possível, devido aos recursos serem escassos, também se tem a noção do quão complexo e lento é tal processo, pois os avanços tecnológicos e medicinais que encurtam distâncias, que universalizam o acesso a informação, que prolongam a expectativa de vida e oferecem cada vez mais comodidade e conforto através de produtos que transformam a relação entre tempo e espaço, os quais exigem hábitos energívoros. A Figura 1 apresentada a seguir, procura evidenciar tal conflito.



Fonte: TechnoElarning, 2000.

Figura 1 – Progresso Social e Econômico e Consumo de Energia.

O homem no seu processo de desenvolvimento, construiu ferramentas para auxiliar na execução de tarefas diárias, que começaram por machados de pedra e lanças de madeira e que foram se desenvolvendo até que se caiassem mecanismos simples como a roldana e a alavanca. A partir desta etapa, começaram-se a se desenvolver máquinas mais complexas, que geravam energia, como a máquina a vapor, a turbina a vapor, o motor OTTO (motor de automóvel), o motor DIESEL, a roda hidráulica, a turbina hidráulica, o motor a jato, a turbina a gás, entre outros. Passando-se também por máquinas operacionais como o torno mecânico, a máquina de furar, a plaina laminadora, a máquina de fresar, aos computadores e robôs.

PALZ (1981) traz todo um histórico da evolução destas descobertas. O Quadro I representa o esforço de se reunir todos estes acontecimentos que modificaram a relação do homem com o consumo de energia.

*Quadro I – Invenções e Descobertas que Modificaram o Consumo de Energia*

Século	Invenção e/ou Descoberta
XVI	Utilização mais geral do carvão para a fabricação do ferro, vidro e tijolos na Inglaterra.
	Primeiro motor mecanicamente acionado, a vapor, inventado em 1706 pelo francês Papin, e que somente se tornou operacional após os melhoramentos feitos pelo inglês Watt em 1768.
XVIII	Substituição maciça da energia solar pelos combustíveis fósseis.
XIX	Em 1807 entrou em serviço o primeiro navio a vapor e em 1825 a primeira ferrovia.
	O dinamarquês Oersted, em 1819, descobre a relação entre uma agulha magnética e um gerador transportando uma corrente. O que geraria o desenvolvimento dos motores elétricos modernos.
	A exploração de carvão em grande escala começou por volta de 1820.
	Em 1831, Faraday acrescentou à descoberta de Oersted o princípio da indução magnética.
	Construção do primeiro gerador elétrico que se seguiu à invenção de Oersted por Pixii em Paris, em 1832, o qual em tentativas posteriores, não se conseguiu utilizar para eletrólise, iluminação elétrica, e em faróis.
	Invenção das primeiras turbinas hidráulicas pelo americano Francis em 1849, baseando-se em princípios descritos por Leonardo da Vinci.
	Invenção, em 1850, da primeira turbina a gás.
	Uso do petróleo em larga escala em 1859.
	Por volta de 1862, Otto construiu seu motor de combustão interna de quatro tempos o que possibilitou o desenvolvimento do automóvel moderno e do avião.
	Em 1867, Siemens e Wheatstone quase simultaneamente descobriram que o dínamo podia ser auto-excitado através do magnetismo residual dos núcleos de ferro-doce dos eletroímãs, o que possibilitou a utilização para eletrólise, iluminação elétrica, e em faróis. Geradores que foram aperfeiçoados pelo belga Gramme.
	Construção da primeira central geradora por Edison, em 1882, em Nova Iorque. Marco que iniciou uma segunda fase na industrialização, na qual a energia elétrica se tornou importante.
	Invenção da turbina a vapor, em 1884, pelo inglês Parsons e pelo sueco Laval.
O homem descobre a energia nuclear. Primeiros estudos sobre materiais radioativos	

	iniciados na França e na Alemanha, no fim do século XIX.
XX	Em 1902, primeiro ano para o qual se dispõe de estatísticas nacionais de eletricidade, a capacidade instalada nos países mais adiantados quanto à eletrificação era a seguinte: EUA 3.000 MW, Alemanha 1.400 MW, Inglaterra 500 MW, França 370 MW, Espanha 200 MW e Suécia 100 MW.
	Invenção das turbinas hidráulicas modernas pelo austríaco Kaplan em 1912, também baseadas em princípios descritos por Leonardo da Vinci.
	Por volta de 1930, Sir Frank Whittle, desenvolve o motor a jato, baseando-se na turbina.
	Em 1938, Hahn, na Alemanha, conseguiu a primeira fissão artificial de átomos de Urânio.
	Em 1942, Fermi constrói o primeiro reator atômico, em Chicago.
	A capacidade elétrica instalada na Comunidade Econômica Européia (CEE), em 1977, era de 284.000 MW.

Fonte: PALZ 1981.

Com base no Quadro I, pode-se se dizer que foi a partir do século XVIII, que as invenções impulsionaram o desenvolvimento tecnológico e geraram um aumento no consumo de energia. O aparecimento de máquinas capazes de realizar operações como embalar sabonetes, pesar e ensacar cimento, lavar roupa, lavar e encher garrafas, fabricar parafusos e porcas, fabricar bandejas de refeitório, levaram o homem nos séculos XIX e XX a criar milhares de possibilidades de aplicação, as quais foram impulsionadas pelo surgimento da eletricidade e da eletrônica. Enfim:

O homem do século XVIII inventou a máquina, o do século XIX a aperfeiçoou; o do século XX não somente aumentou-lhe as possibilidades como a ela aderiu de modo inseparável, de tal sorte que um passou a depender do outro. A máquina concede inúmeros benefícios ao homem, mas só o faz quando ele a alimenta com energia. (BARBALHO e BARBALHO, 1987, pp.22-23).

O consumo de energia elétrica está presente em quase todas as ações do homem moderno, pois sua casa é construída com materiais elaborados à custa de energia, seus alimentos são produzidos por uma agricultura mecanizada, e/ou são elaborados por fábricas,

que os acondicionam e que são abastecidas por unidades de produção pecuária utilizam pastos fertilizados e rações industrializadas. Nas escolas são utilizados materiais industrializados, que se não usam energia elétrica diretamente, a utilizaram no seu processo de elaboração. No seu ambiente de trabalho a utilização de energia está presente em atividades básicas e fundamentais. O seu lazer, quase sempre depende de energia, leitura sob a luz, computador, televisão, rádio. Até a manutenção de seu estado de saúde é realizada com o consumo de energia, pois utiliza equipamentos, instrumentos e aparelhos que consomem energia elétrica, além dos remédios e drogas consumidas também serem produzidos por indústrias.

Porém, quando se consome um determinado produto não se indaga o quanto de energia foi consumido até que o mesmo estivesse disponível para tal. A resposta a esta indagação exigiria uma profunda pesquisa, para que se identificasse toda a cadeia de operações que ocasionou seus aportes de energia, os quais vão desde o cultivo das matérias-primas utilizadas, à sua extração, planejamento, processamentos, condicionamentos, transporte, registros, etc. Tendo em vista tal fato, é que se torna importante prever com uma aceitável precisão a quantidade que determinada região ou estado irá consumir de energia elétrica, até para que o sistema esteja sempre preparado para satisfazer tais necessidades de consumo e nenhum setor fique descoberto.

MELLO (1999) remonta o histórico do setor elétrico no Brasil, o qual se buscará apresentar, através do Quadro II, de uma forma concisa e superficial, apenas para que se possa conhecer as principais características e acontecimentos presentes na evolução do setor no Brasil.

*Quadro II – Acontecimentos que Marcaram a Evolução do Setor Elétrico no Brasil*

Ano	Acontecimento
1889	Instalação da primeira usina, uma hidrelétrica com porte de 375 kW, instalada no município de Marmelos estado de Minas Gerais.
1891	Primeiros ordenamentos jurídicos/legais que passaram a reger o setor elétrico brasileiro.
1905	Concessões de exploração e distribuição de energia elétrica, iluminação pública e tração elétrica no estado de São Paulo e no município do Rio de Janeiro, à <i>Brazilian Traction Light and Power – Light</i> , pertencente a um grupo canadense.
1908	Inaugurou da usina hidrelétrica de Fontes sobre o Ribeirão das Lages, no Rio de Janeiro, com capacidade instalada de 49000 kW, pelo grupo canadense.
1920	As empresas privadas nacionais iniciam um processo de fusão e incorporação, e constituem as duas primeiras empresas brasileiras de grande porte, a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), situada em São Paulo e a Companhia Brasileira de Energia Elétrica (CBEE), situada no Rio de Janeiro.
1924	Inaugurada no Rio de Janeiro a usina hidrelétrica da Ilha dos Pombos (44.000 kW), construída sobre o Rio Paraíba do Sul, a qual foi ampliada em 1929 para 73.040 kW.
1925	Posta em serviço, em São Paulo, a usina hidrelétrica do Rasgão (14.400 kW).
1927	Aproveitando o alto desnível da Serra do Mar – cerca de 700m – na região de Cubatão em São Paulo, iniciou-se a construção do primeiro complexo hidrelétrico de grande porte, a usina Henry Borden (48.000 kw). A <i>American Foreign &amp; Power Co. (Amforp)</i> , do grupo <i>American Bond &amp; Share</i> , se interessou pelo Brasil, e habilitou-se a dividir, com a Light, a formação do setor elétrico brasileiro. A Amforp concentrou sua influência no interior do estado de São Paulo e nas capitais dos estados do Rio Grande do Sul, Bahia, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Espírito Santo, além do interior do Rio de Janeiro, para isso comprando a CBEE. Mais tarde, estendeu-se às capitais dos estados do Paraná e Minas Gerais.
1930	Potência instalada de 779 MW, sendo 630 MW de hidroelétricas e 149 MW de termelétricas.
1939	É criado em 24/10 o Conselho Nacional de águas e Energia (CNAEE), com a missão básica de regulamentar o Código das Águas editado em 1934.
1943	O governo do Rio Grande do Sul criou a Companhia Estadual de Energia Elétrica



	(CEEE), que por conseguir elaborar e executar seu Plano de Eletrificação superou a crise gerada pela falta de combustíveis e a estiagem de 1944, que causou prejuízo para os principais centros industriais do estado. Essa iniciativa gerou o primeiro confronto com a Amforp, que prestava serviços de baixa qualidade na capital gaúcha.
1945	Potência instalada de 1.342 MW, sendo 1.080 MW de hidroelétricas. Criação da Companhia Hidrelétrica de São Francisco (CHESF), empresa de caráter regional (Nordeste) sob controle federal. Iniciava-se o aproveitamento do Rio São Francisco, na altura da Cachoeira de Paulo Afonso.
1946	O estado de Minas Gerais toma a iniciativa de inaugurar sua própria hidrelétrica, a usina de Gafanhoto (13 MW).
1952	Dada à precariedade do atendimento propiciado pela Amforp no estado de Minas Gerais, o governo estadual constitui a CEMIG.
1955	Com a assinatura do governador Irineu Bornhausen, no decreto nº 22, é fundada em dezembro a Centrais Elétricas Santa Catarina S.A. (CELESC).
1957	O governo federal cria a Central Elétrica de Furnas e iniciando assim a construção de seu primeiro empreendimento hidrelétrico no Rio Grande do Sul (1200 MW).
1959	O Estado do Rio Grande do Sul incorpora a Amforp local, após uma longa disputa, iniciada em 1943 com a criação da CEEE. É organizada a Centrais Elétricas do Maranhão (CEMAT).
1960	Em 22/07, o Presidente Juscelino Kubitschek cria o ministério de Minas e Energia, que, no tocante à energia elétrica, veio a incorporar o CNAEE, submetendo ainda, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) à sua subordinação. É criada a Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA) e a Companhia de Eletricidade de Alagoas (CEAL).
1961	Em São Paulo criaram-se a Centrais Elétricas de Urubupungá S.A. (CELUSA) e a Bandeirantes de Eletricidade S.A. (BELSA). Foi organizada a Companhia de Serviços Elétricos do Rio Grande do Norte (CORSENER) e a Empresa Distribuidora do Sergipe (ENERGIPE).
1962	Em 11/06 o governo João Goulart – após uma campanha que se iniciara em 1954 no segundo governo de Getúlio Vargas – conseguiu-se construir a Centrais Elétricas do Brasil S.A. (ELEROBRÁS). Instalou-se a Centrais Elétricas do Piauí (CEPISA).
1963	Instalou-se a Centrais Elétricas Fluminenses (CELF). Os governos estaduais das regiões Sul e Sudeste já detinham 28% da capacidade instalada no país. As empresas

	canadenses de consultoria <i>Montreal Engineering Consultant Limited e Crippen Engineering</i> associadas à norte-americana <i>Gibbs &amp; Hill</i> , organizaram a <i>Canambra Engineering Consultant Limited</i> que, apoiada pela Organização das Nações Unidas (ONU) e pelo Banco Interamericano para a Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), iniciou um complexo estudo energético da Região Centro-Sul do Brasil, objetivando inventariar seus aproveitamentos hidrelétricos.
1964	No governo Castelo Branco, logo após a vitória da Revolução, foi negociado e adquirido (elo valor de US\$ 135 milhões) o ativo, ainda não depreciado, do citado grupo estrangeiro. As suas empresas estaduais – atuando em São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Pará e Pernambuco – foram absorvidas pelos governos estaduais, mediante acordos realizados com o governo Federal, que, de certa forma, praticou verdadeiras doações.
1968	O governo Federal, em 23 de dezembro, constituiu a Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A. (ELETROSUL), na posição de subsidiária da ELETRBRÁS, sendo por consequência, encarregada da construção e operação de usinas geradoras termo e hidrelétricas bem como seu sistema de transmissão em toda a região Sul do Brasil.
1969	O governo Federal incumbiu FURNAS de construir a primeira Usina Nuclear do Brasil, Angra I (657 MW).
1973	Em 20/06 é construída a última grande concessionária federal, a Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), com a responsabilidade da região Norte do Brasil, inclusive parte do Maranhão e parte da Região Centro-Oeste.
1974	Teve início no Estado do Paraná, a construção da maior hidrelétrica do Mundo pelo Brasil e Paraguai, a usina de Itaipu (12.600 MW, 6.300 MW para cada um dos países).
1975	É assinado um acordo de cooperação nuclear com a Alemanha, cabendo ao grupo liderado pela <i>KWU/Siemens</i> , além do fornecimento de equipamentos e da transferência da tecnologia, desenvolver os projetos, de construção de dez usinas de 1300 MW. Adquirindo-se apenas as duas primeiras, Angra II e Angra III, exigindo a inclusão de componentes de fabricação nacional.
1978	Completo-se em fins de 1978, com a compra do Grupo Light, na transição do governo Giesel para o governo Figueiredo.
1980	A ELETROSUL passa a atender o Estado do Mato Grosso do Sul, na época sob o encargo de FURNAS. As estaduais COPEL (Companhia Paranaense de Energia

	Elétrica), CELESC, CEEE e CEMAT, já construíam e operavam geradoras e seus sistemas de transmissão associados.
1985	Entra em operação comercial a primeira usina termonuclear do Brasil, Angra I.
1991	Em maio é acionada a 18ª turbina da hidrelétrica de Itaipu, passando a mesma a funcionar a plena capacidade.
1995	A capacidade instalada era de 55.512 MW, sendo 50.687 MW em mais de 200 hidrelétricas, 89 delas com potência acima de 10 MW.
2000	Entra em operação comercial a segunda usina termonuclear do Brasil, Angra II.
2002	É liberado pelo governo federal brasileiro US\$ 200 milhões para a retomada das obras de construção de Angra III.
2005	Previsão para conclusão das obras e entrada em operação comercial da terceira usina termonuclear do Brasil, Angra III.

Fonte: MELLO 1999 e COELHO 1992.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA DE MÉTODOS DE PREVISÃO

*“As três regras de ouro da econometria são: testar, testar e testar.” Hendry.*

*“É um pecado não saber por que você está pecando. Pecados inúteis devem ser evitados.” Leamer.*

*“Você deve se apaixonar por seus dados, mas nem sempre por seus modelos.” Jenkins.*

São vários os métodos de previsão que são passíveis de serem utilizados para se prever o consumo de energia elétrica no Estado de Santa Catarina, porém neste trabalho serão aplicados apenas três, além de duas diferentes técnicas de combinação de previsões a partir de diferentes métodos. Será aplicado o Método de suavização exponencial de Holt-Winters, a Metodologia desenvolvida por Box e Jenkins e a regressão por mínimos quadrados ordinários considerando diferentes defasagens de seus regressores, chamada de regressão dinâmica.

Neste capítulo serão apresentadas as revisões de literatura especializada com relação a estes métodos e técnicas, assim como suas particularidades e roteiro de preparação dos dados para sua aplicação, focando-se, portanto, no roteiro de procedimentos necessários para sua utilização, assim como nas recomendações para que se atinjam modelos mais parcimoniosos e por consequência, resultados mais precisos.

Em outras palavras, o que se busca com este capítulo é apresentar, de uma forma concisa, uma introdução a cada uma das técnicas que serão utilizadas na aplicação prática do trabalho, assim como um roteiro de procedimentos que torne confiáveis os resultados atingidos com a aplicação das técnicas e métodos já mencionados. A apresentação inicia-se pelas metodologias univariadas e segue-se pela de regressão dinâmica, apresentando-se por fim a técnica de combinação empregada às previsões geradas a partir das três metodologias e uma síntese do roteiro de procedimentos que será empregado.

### **3.1 Método Holt-Winters**

Segundo MAKRIDAKIS, WEELWRIGHT e HYNDMAN (1988) e HANKE, REITSCH e WICHERN (2001), no ano de 1957 Holt expandiu o modelo de suavização exponencial simples (EWMA) para poder lidar com dados que apresentavam tendência linear e, assim poder realizar previsões que fossem mais precisas que as realizadas com EWMA, por ajustá-las a esta condição. Logo depois, em 1960, Winters estendeu o modelo de Holt, incluindo uma nova equação que possibilitasse ser acrescentada nas previsões o comportamento da componente sazonal dos dados que se estivessem trabalhando, gerando assim o Método de Holt-Winters.

O método possui, portanto, três equações básicas, uma para ajuste do nível (3.5), outra para ajuste da tendência (3.6) e uma outra para o ajuste da sazonalidade (3.7), as quais podem ser tanto multiplicativas como aditivas. As aditivas são empregadas em situações em que os dados oscilem de forma constante em torno de sua tendência, e as multiplicativas, em caso contrário, como colocam MAKRIDAKIS, WEELWRIGHT e HYNDMAN (1988), em

situações em que as flutuações sazonais aumentem e diminuam proporcionalmente ao aumento ou decréscimo do nível da série.

No caso de sazonalidade multiplicativa, presente em séries que sofrem a influência das condições econômico-conjunturais, as expressões de cada uma das componentes, assim como a utilizada para se realizar as previsões (3.8), são descritas da seguinte forma:

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (3.5)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1} \quad (3.6)$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1-\gamma)S_{t-s} \quad (3.7)$$

$$F_{t+m} = (L_t + T_t m) S_{t-s+m} \quad (3.8)$$

Nelas, “*s*” representa o intervalo sazonal<sup>4</sup> e “*m*” o número de passos à frente em que se quer prever. Como pode ser observado nas expressões anteriores, é necessário que se estime o valor de três constantes de suavização ( $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ ) que variam entre 0 e 1 e os valores iniciais de  $L_t$ ,  $T_t$  e  $S_t$ . MAKRIDAKIS, WEELWRIGHT e HYNDMAN (1988) e HANKE, REITSCH e WICHERN (2001), sugerem que se utilizem valores de  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , que minimizem a medida de erro adotado no estudo, no caso do trabalho, do EPAM.

Outra questão que merece destaque é o fato de também não existir uma metodologia pré-definida por Winters, para que se estimem os valores iniciais de  $L_t$ ,  $T_t$  e  $S_t$ . Pacotes estatísticos realizam este cálculo, assim como os valores de  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , de forma

automática sem, porém, revelar o algoritmo utilizado em seus manuais. Antevendo esta dificuldade, MAKRIDAKIS, WEELWRIGHT e HYNDMAN (1988) apresentam uma alternativa para que se encontrem tais valores de  $L_s$ ,  $T_s$  e  $S_s$ , através da aplicação de equações como as 3.9; 3.10 e 3.11, porém os índices sazonais calculados a partir da decomposição clássica também podem ser utilizados.

$$L_s = \frac{1}{s}(Y_1 + Y_2 + \dots + Y_s) \quad (3.9)$$

$$T_s = \frac{1}{s} \left[ \frac{Y_{s+1} - Y_1}{s} + \frac{Y_{s+2} - Y_2}{s} + \dots + \frac{Y_{s+s} - Y_s}{s} \right] \quad (3.10)$$

$$S_1 = \frac{Y_1}{L_s}, \quad S_2 = \frac{Y_2}{L_s}, \quad \dots, \quad S_s = \frac{Y_s}{L_s} \quad (3.11)$$

A aplicação do método de Holt-Winters não exige que os dados originais respeitem uma distribuição normal e/ou estejam estacionados, tratando-se, portanto, de um método determinístico. Esta questão o torna bastante popular no âmbito empresarial tanto público quanto privado, por este fato ser considerado uma vantagem, mas, no entanto, isto também contribui para que, em algumas situações, torne limitada sua aplicabilidade. A impossibilidade de aplicação surge em situações em que é impossível aumentar o tamanho da amostra considerada, pois se o modelo apresentar discrepâncias consideradas inaceitáveis, não é possível estudar seus resíduos e com isso melhorar suas previsões de forma que o torne mais aderente aos dados, o que acaba por desqualificá-lo a servir de suporte à tomada de decisões.

---

<sup>4</sup> Utilizando-se 1 se os dados forem anuais, 12 se forem mensais, 365 se forem diários, etc.

### 3.2 Metodologia Box-Jenkins

O método ARIMA (Auto-Regressivo Integrado de Média Móvel) ou Metodologia Box-Jenkins tem sua ênfase em analisar as propriedades probabilísticas (ou estocásticas) das séries estudadas, ou seja, em deixar que as defasagens dos dados por si só expliquem seu comportamento futuro. Como se trata de um modelo univariado de séries temporais, “relaciona os valores correntes de uma variável somente com seus próprios valores passados e com erros correntes e passados” (HILL, GRIFFITHS e JUDGE, 1999, p.370).

É um método em que as previsões dependem do cálculo de cada um de seus processos, o processo auto-regressivo ( $p$ ), que representa a ordem de relacionamento com seus valores passados; o processo de integração ou diferenciação ( $d$ ), que representa a ordem do processo integrado não-estacionário, ou seja, o número de “ $d$ ” vezes que o processo integrado deve ser submetido a diferenças para que se torne estacionário. E, por fim, o processo de média móvel ( $q$ ), isto é, da ordem de defasagem dos erros, que representa o número de defasagens dos ruídos não autocorrelacionados que terá ( $Y_t$ ) como função linear.

A questão da estacionaridade está relacionada ao fato de que, segundo SOUZA e CAMARGO (1996):

Quando se trabalha com uma série estacionária, se está em presença de uma função amostral do processo que tem a mesma forma em todos os instantes do tempo “ $t \in \mathbb{N}$ ”, o que acarreta possibilidades de obtenção de estimativa das características do processo de forma bastante simples, o que, em caso contrário, não seria tarefa fácil (SOUZA e CAMARGO, 1996, p.19).

Como a tendência é uma componente bastante comum em dados influenciados pela conjuntura econômica, a aplicação de transformações nestas séries que eliminem tal problema, são práticas muito utilizadas.



O processo auto-regressivo ( $p$ ) que determinará a ordem AR do modelo a ser utilizado, tem sua estimativa, *a priori*, a partir do cálculo da função de autocorrelação parcial (PACF), que, como coloca HILL, GRIFFITHS e JUDGE (1999), representa “a seqüência de correlações entre  $(Y_t \text{ e } Y_{t-1})$ ,  $(Y_t \text{ e } Y_{t-2})$ ,  $(Y_t \text{ e } Y_{t-3})$  e assim por diante, desde que os efeitos de defasagens anteriores sobre  $Y_t$ , permaneçam constantes” (HILL, GRIFFITHS e JUDGE, 1999, p.372). Segundo SARTORIS (2003), os resultados com o cálculo de PACF, sugerem o modelo auto-regressivo de ordem “ $p$ ” ou AR( $p$ ) mais adequado, onde a série, em sua forma original, apresentar a mais alta defasagem com autocorrelação parcial significativa antes de truncar; ou seja, antes dela declinar abruptamente e seus valores passarem a apresentar-se dentro dos limites de significância estatística fornecidos pelo correlograma parcial.

Já o processo de integração representa o número de diferenças aplicadas à série até que ela estacione, onde uma diferença significa subtrair  $Y_t$  por  $Y_{t-1}$ . O processo de integração ( $d$ ) que determinará o número de vezes que a série deverá ser diferenciada, que conseqüentemente será a primeira ordem do modelo a ser utilizado, tem sua estimativa preliminar, a partir do cálculo da função de autocorrelação (ACF) que evidencia a não estacionaridade da série.

A não estacionaridade da série, também pode ser evidenciada com a aplicação do teste de raiz unitária. Nele, se testa se a raiz de um polinômio que determinará a influencia do valor defasado para explicar o valor atual de  $Y$ , será igual a 1 ou estará entre -1 e 1. Este teste também será realizado pelo aplicativo, *PcGive 10*, baseando-se na estatística desenvolvida por Dickey-Fuller, onde seu valor crítico de 10% é -2,57 segundo HENDRY e DOORNIK (2001).

Finalmente, o processo de média móvel, tem a estimativa da ordem “ $q$ ” ou MA( $q$ ) de seu modelo, a qual é inicialmente determinada a partir dos resultados do cálculo de ACF para a série já estacionada. A ordem MA, a princípio, mais adequada, será determinada onde o cálculo de ACF apresentar a mais alta defasagem com autocorrelação significativa antes de

truncar; ou seja, antes de declinar abruptamente e seus valores passarem a apresentar-se dentro dos limites de significância estatística fornecidos pelo correlograma.

Um modelo ARIMA (pdq) pode ser escrito como na equação 3.4, onde  $\delta$  é um parâmetro intercepto relacionado com a média de  $Y_t$ , os  $\theta$  são os parâmetros auto-regressivos desconhecidos, os  $\alpha$  são constantes desconhecidas que descrevem a relação existente entre os ruídos e  $Y_t$ , e  $e_t$ , são os resíduos aleatórios, não correlacionados, com média zero e variância constante.

$$Y_t = \delta + \theta_1 Y_{t-1} + \dots + \theta_p Y_{t-p} + e_t + \alpha_1 e_{t-1} + \dots + \alpha_q e_{t-q} \quad (3.4)$$

É importante mencionar que as sugestões obtidas a partir dos cálculos de ACF e PACF dos dados não devem ser assumidas como definitivas, ao contrário, devem ser testadas para que se tenha certeza de que o modelo ARIMA encontrado e, a ser utilizado, é mesmo o mais adequado aos dados.

Baseando-se na significância estatística dos coeficientes calculados através da estatística de Box-Pierce (Ljung-Box) para autocovariâncias nulas, além da descrição estatística das discrepâncias do modelo, é possível identificar-se o modelo mais adequado aos dados, ou seja, aquele que os resíduos se comportam como ruídos brancos, o que será mais bem detalhado na seção das suas condições de regularidade.

Segundo HILL, GRIFFITHS e JUDGE (1999), para se utilizar a metodologia de Box-Jenkins para construção de modelos de previsão, é necessário que, de modo geral, sejam seguidas quatro etapas:

1. Identificação dos valores sugeridos para “ $p$ ”, “ $d$ ” e “ $q$ ”, a partir dos cálculos das funções de autocorrelação simples e parcial e da construção dos respectivos correlogramas;
2. Estimação dos parâmetros do modelo;
3. Verificação do Diagnóstico, para se certificar de que o modelo estimado é adequado aos dados, se seus resíduos não apresentam correlação, se possuem variância constante e média zero. Em caso negativo, é indicado que se escolham outros valores para  $p$ ,  $d$  e  $q$ , até que se encontre um modelo que possa ser considerado satisfatório; e
4. Previsão, que se resume a utilização do modelo encontrado. Lembrando-se que a metodologia de Box-Jenkins é sugerida para dados com os quais se pretenda realizar previsões de um horizonte de curto prazo.

Tais passos, como os mencionados na abordagem dos modelos dinâmicos, também representam a aplicação do método que será empregada aos dados coletados junto à empresa, portanto, também deverão produzir resultados que satisfaçam as condições de regularidade deste tipo de modelo.

### **3.2.1 Condições de Regularidade**

Como os modelos ARIMA tratam-se de modelos de regressão, as pré-condições estabelecidas para modelos de regressão, como os de regressão linear simples, múltipla e dinâmica, também são válidas para os modelos autoregressivos univariados. Admitindo-se

que certas condições permaneceram implícitas quando da apresentação da leitura de GUJARATI (2000) das condições de regularidade colocadas por Hendry e Richard (1983), com relação à aplicação da abordagem em modelos dinâmicos, são apresentadas a seguir três condições que se acredita explicitar as condições que possivelmente não o tenham sido explicitadas acima.

1. O valor esperado do resíduo do modelo deve ser igual à zero, isto é,  $E(e_i) = 0$ ;
2. A variância do resíduo deve ser constante, isto é,  $E(e^2) = \text{constante} = \sigma_e^2$ .  
Se isso não for verdadeiro então o teste de hipótese nos coeficientes e os intervalos de confiança assumem uma variabilidade inapropriada e, portanto, a significância dos estimadores não pode ser verificada, devido à ocorrência de heterocedasticidade residual; e por fim
3. Os resíduos do modelo devem seguir uma distribuição normal, isto é,  $e_t \sim N(0, \sigma_e)$ .

### 3.3 Modelos Dinâmicos

Com relação aos modelos dinâmicos, pode-se dizer que, de forma geral, são, em essência, um modelo econométrico de regressão múltipla. Portanto, na sua análise, como coloca BARBETTA (2004) com relação aos modelos múltiplos, também:

(...) procura-se construir um modelo estatístico-matemático para se estudar objetivamente a relação entre as variáveis independentes e a variável dependente e, a partir do modelo, conhecer a influência de cada variável independente, como também, predizer a variável

dependente em função do conhecimento das variáveis independentes. (BARBETTA, 2004, p.304).

Os modelos ditos dinâmicos, porém, não consideram as variáveis apenas em seus valores correntes, como nas análises “puras” de regressão múltipla, mas também seus valores defasados. Esta característica, em função de permitir que sejam descritas as relações entre as variáveis consideradas ao longo do tempo, é que lhes dão o adjetivo de dinâmicos, pois “retrata o caminho temporal da variável dependente em relação ao(s) seu(s) valor(es) passado(s)” (GUJARATI, 2000, p.590).

Outra particularidade dos modelos dinâmicos que merece destaque, como colocada por GUJARATI (2000), diz respeito ao fato de poderem apresentar-se tanto na forma de defasagem distribuída, que utilizam como variáveis explicativas os valores defasados dos X's, como na forma auto-regressiva, que utiliza como variáveis explicativas os valores defasados de Y. Tais formas podem melhor ser compreendidas e suas diferenças mais facilmente interiorizadas, observando-se as equações 3.1 e 3.2.

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + e_t \quad (3.1)$$

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + \gamma Y_{t-1} + e_t \quad (3.2)$$

Nelas, o  $\beta$  representa o peso da defasagem (finita) distribuída de X e o  $\gamma$  a influência auto-regressiva de Y no modelo de sua previsão. Estas formas tratam-se de modelos genéricos, e a maneira de sua abordagem para seleção do melhor modelo, adotada neste trabalho, será a desenvolvida por David Hendry.

A abordagem de Hendry defende que o processo de especimetria deve partir de um modelo generalizado e, a partir de cortes nas variáveis que forem mostrando-se

estatisticamente insignificantes para a combinação, se chegue ao modelo considerado específico. Neste trabalho, utilizar-se-á apenas a abordagem de Hendry, por acreditar-se que tal metodologia permite ao pesquisador que ao passo em que determina o modelo de previsão mais adequado aos dados, identifique simultaneamente quais as variáveis estatisticamente mais significativas para prever o consumo industrial de energia no Estado.

Com base nisto, apresentar-se-á a seguir esta abordagem em maiores detalhes, juntamente com as de Box-Jenkins, Holt-Winters e de combinação, ocuparão foco central da análise empírica do estudo e, portanto, estarão presentes no decorrer do trabalho.

### **3.3.1 Abordagem do Geral para o Específico**

A abordagem desenvolvida na *London School of Economics* na década de 60, ou metodologia de Hendry, academicamente conhecida, como já mencionada, como abordagem do geral para o específico, sugere que se inicie por um modelo mais geral, com diversos regressores, e em seguida vá se reduzindo gradualmente este mesmo modelo.

Tal redução, feita através da eliminação dos regressores que mostrarem-se estatisticamente insignificantes ao modelo, é embasada nos resultados do teste t - Gosset (que mensura a significância da variável de forma individualizada no modelo) e do teste F - Snadecor (que mensura a significância da variável em conjunto com as demais), simultaneamente, até o momento em que se acredite ter encontrado o modelo específico.

Esta metodologia, segundo GUJARATI (2000), busca encontrar uma equação que represente o equilíbrio de longo prazo entre as variáveis (modelo específico), que por sua vez pode ser representada, por exemplo, por um modelo auto-regressivo de defasagem distribuída

(ADD). Para isto, constrói-se um modelo que represente o equilíbrio de curto prazo que possuirá suas relações postuladas segundo a equação 3.3 e deverá ter sua quantidade de defasagens especificada.

$$Y_t = \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \dots + \beta_m X_{t-m} + \delta_1 Y_{t-1} + \delta_2 Y_{t-2} + \dots + \delta_m Y_{t-m} + e_t \quad (3.3)$$

Onde Y representa a variável dependente, no caso desse trabalho, o consumo industrial de energia no Estado, o indexador “t” o tempo atual e o operador “m” o número de defasagens consideradas.

Segundo CORVALÃO (2002), HENDRY e RICHARD (1982) descrevem o processo de transição do modelo geral para o específico em cinco passos, Marginalização, Condicionamento, Reparametrização, Estimação e Diagnóstico.

1. Marginalização: consiste na seleção, dentre todas as variáveis consideradas como explicativas aquelas que não são úteis sob o ponto de vista da teoria econômica e específica do problema de estudo;
2. Condicionamento: se resume a separar entre as variáveis restantes, aquelas que serão consideradas endógenas (condicionadas) e as que serão consideradas exógenas;
3. Reparametrização: é um procedimento de ajuste do modelo de curto prazo (geral) ao específico (de longo prazo), realizando a redução necessária até que se chegue ao modelo mais parcimonioso, testando a má-especificação do modelo e verificando a consistência de seus parâmetros;
4. Estimação: compreende a questão de ajustar o modelo encontrado a modelos rivais, isto é, tornar redundante outros modelos que utilizem as

mesmas variáveis, sendo possível explicar os erros destes modelos e garantindo que os mesmos não possuam informações que deveriam ser incluídas no modelo final escolhido;

5. Diagnóstico: é a realização dos testes de especificações no modelo final encontrado, para que se tornem válidas as inferências realizadas a partir dos resultados produzidos pelo modelo escolhido.

Estes cinco passos mencionados por CORVALÃO (2002), representam a aplicação do método que será empregado aos dados coletados. Porém, tal aplicação deverá produzir resultados que satisfaçam algumas condições de regularidade específicas do método, apresentadas a seguir.

### **3.3.2 Condições de Regularidade**

Segundo GUJARATI (2000), a maneira para se especificar o número das defasagens que irão compor o modelo específico de acordo com Hendry e Richard (1983), é determinada pelo modelo final que atenda a seis condições de regularidade:

1. Ser admissível quanto aos dados, o que significa dizer que as previsões geradas a partir do modelo devem assumir valores aceitáveis tendo-se em vista a amostra utilizada;
2. Ser compatível com a teoria, ou seja, o modelo final deve respeitar os preceitos da teoria econômica e específica do setor de energia elétrica, não



podendo gerar, por exemplo, coeficientes com sinais contrários ao que se esperam segundo a teoria;

3. Ter regressores fracamente exógenos, que significa, em outras palavras, que os regressores não tenham correlação com o termo de erro;
4. Exibir constância nos parâmetros, isto é, os valores dos parâmetros devem apresentar estabilidade, tornando possível sua utilização para a realização de previsões;
5. Exibir coerência nos dados, que consiste basicamente em os resíduos do modelo ser de ruído branco, ou seja, aleatórios, com variância constante (homocedásticos) e respeitarem uma distribuição normal; e finalmente
6. Ser abrangente, ou seja, o modelo escolhido deve abranger os modelos rivais, o que significa que outros modelos, que utilizem as mesmas variáveis não podem ser melhores do que o modelo escolhido.

Devido à circunstância de o *software* a ser utilizado para aplicação da metodologia, ser o *PcGive 10<sup>5</sup>*, torna-se necessário identificar os testes de saída do aplicativo empregado, para que o modelo selecionado possa ser avaliado e interpretado segundo cada uma das condições de regularidade mencionadas acima. Para testar se os erros do modelo possuem variância constante, ou seja, se eles são homocedásticos, o teste a ser observado é o *ARCH*, que segundo HENDRY e DOORNIK (2001), testa a heterocedasticidade do modelo auto-regressivo condicionado, ou seja, se a constante que multiplica o erro em diversos períodos defasados é igual à zero, sendo esta sua hipótese nula.

Já o teste *AR* testa a autocorrelação residual do modelo, ou seja, se existe correlação entre o resíduo atual e suas defasagens no tempo. O *Normality test* testa a condição de normalidade na distribuição dos erros e o *hetro test*, que envolve todos os regressores e

seus quadrados, testa se a variância encontrada está ligada aos regressores na sua forma original ou quadrada. Finalmente, o *RESET test* (teste RESET de Ramsey), avalia a forma funcional do modelo, ou seja, se o modelo não apresenta problemas na sua forma funcional.

Lembrando-se apenas que para cada um destes testes, se aceita  $H_0$ , quando o p-nível do teste de hipótese for maior que o nível de significância estipulado para o teste. Sendo que  $H_0$  representa em cada um deles a adequação do modelo à condição específica de regularidade, ou seja, para o teste *AR*, por exemplo,  $H_0$  representa a não existência de autocorrelação residual no modelo.

### **3.4 Combinação de Previsões de Diferentes Modelos de Previsão**

HANKE, REITSCH e WICHERN (2001), citando ARMSTRONG (1989), MAHOUD (1989) e CLEMEN (1989) colocam que ganhos consistentes, porém modestos podem ser atingidos ao combinarem-se previsões produzidas por dois ou mais métodos de predição. Concluem que, porém, não são definidas as melhores condições para se realizar combinações nem, qual o método mais eficiente em determinada situação, apenas citam que são necessárias previsões individuais acuradas para que se atinjam resultados significativos com a combinação.

ZOU e YANG (2004) colocam que, nas últimas três décadas em que a combinação de previsões vem sendo estudada, vários métodos foram propostos e, apesar de não se ter chegado a um consenso com relação a qual a melhor forma de se combinar previsões, pode-se concluir que “combinar tende a reduzir o erro de predição” (ZOU e YANG, 2004, p.70). Ao se combinar previsões de diferentes métodos, é possível reduzir a

---

<sup>5</sup> Desenvolvido pelo Instituto de Economia e Estatística de Oxford.

variabilidade das previsões em relação ao valor verificado, o que podem torná-las mais exatas e precisas, sob o critério de avaliação empregado. Como um dos objetivos específicos do trabalho é tentar identificar quais as variáveis mais significativas na tarefa de prever o consumo industrial de energia no Estado, acredita-se que a utilização de métodos de combinação pode auxiliar neste processo, na medida em que indicam qual o modelo mais “significante” e, por conseguinte, as variáveis mais relevantes quando combinadas em um modelo.

NEWBOLD e GRANGER (1974) são críticos dos modelos de combinação e afirmam que combinar previsões não é uma preposição válida se um dentre os modelos de previsão utilizados, não diferir significativamente do mais preciso, porém, como ZOU e YANG (2004), também acreditam que resultados consistentes podem ser adquiridos ao se combinarem modelos similares. Outro aspecto que corrobora para esta “crença” é o fato de que modelos que partiram da mesma carga informacional inicial, dependendo do tratamento a que foram submetidas as variáveis (forma como foram transformadas), podem produzir resultados distantes e, no entanto, passíveis de serem utilizados, tanto para previsões quanto para combinações.

ARMSTRONG (2004) coloca que a combinação pode ser feita através do cálculo da média das previsões, a qual pode ser baseada em pesos diferenciados para cada um dos modelos, ou seja, pode ser feita através do cálculo de uma média ponderada. Este autor apresenta também, como evidência da utilidade da combinação de previsões de séries temporais, um quadro com os resultados de diversos estudos que se obtiveram reduções nos erros de previsão ao utilizar-se a combinação, mencionando valores entre 24,2 e 3,4 pontos percentuais, com aplicação em modelos econométricos e de extrapolação.

Já EVANS (2003) coloca a possibilidade de se usar um modelo de regressão para realizar a combinação. Menciona o trabalho de DIEBOLD (1989) que trabalhou inicialmente

com uma equação de regressão como a especificada pela fórmula 3.12, onde  $y^a$  e  $y^b$  representam as previsões geradas por dois modelos a e b quaisquer.

$$y_{t+k} = \beta_0 + \beta_1 y_{t+k}^a + \beta_2 y_{t+k}^b + \varepsilon_t \quad (3.12)$$

No entanto, segundo EVANS (2003), tal equação, quando composta por previsões construídas a partir de séries temporais influenciáveis pela conjuntura econômica, costuma apresentar autocorrelação residual e, por isso, DIEBOLD (1998), propôs um “ajustamento para séries correlacionadas” visando resolver tal problema. A proposta de DIEBOLD (1998) consiste basicamente em incluir no modelo de combinação, os resíduos de alguns dos modelos que geraram as previsões que compuseram a equação estrutural 3.12. O processo de escolha de tais erros pode ser feito, por exemplo, da mesma forma que se especifica o modelo adequado pela abordagem de Hendry, ou seja, baseando em resultados estatísticos do valor do teste t e do teste F, já mencionados.

Objetivando sintetizar o roteiro empregado no trabalho e apresentado no capítulo seguinte, de maneira a evidenciar o processo desenvolvido na previsão do consumo industrial de energia elétrica em Santa Catarina, incluindo o monitoramento das discrepâncias dos modelos de combinação, é apresentado um fluxograma adaptado de HANKE, REITSCH e WICHERN (2001). A Figura 2 busca, portanto, demonstrar, de uma forma geral, a metodologia empregada no processo de previsão do consumo industrial, a qual se resume em 5 módulos:

- M1. Preparação dos dados;
- M2. Estimação;

- M3. Processo em cada modelo;
- M4. Combinação dos modelos; e
- M5. Monitoramento.

Tal metodologia pode, inclusive, servir de suporte a estudos de previsão para as demais classes de consumo no estado ou ainda para outros estudos de previsão que pretendam combinar modelos e/ou métodos.

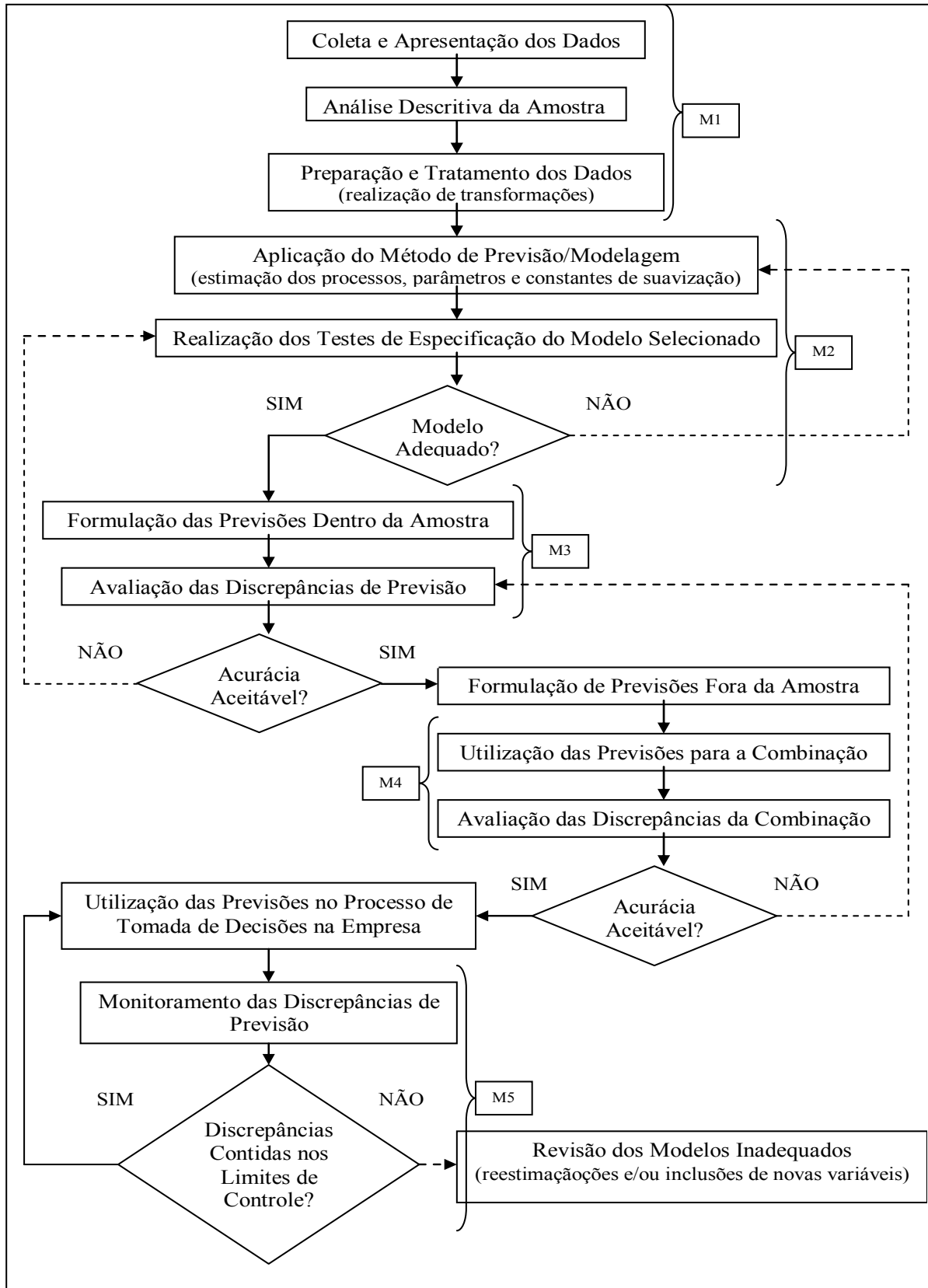


Figura 2: Processo de Previsão.

## 4. ANÁLISE EMPÍRICA

*“Eu vejo o futuro repetir o passado, eu vejo um museu de grandes novidades, o tempo não para.” Cazuza.*

### 4.1 Apresentação dos Dados

Os dados de consumo industrial de energia elétrica no Estado (CI) foram disponibilizados pela Divisão de Mercado e Tarifa (DVMT) do Departamento de Comercialização e Comércio (DPCM) da empresa, e acessados através do Núcleo de Normalização e Qualimetria (NNQ) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Tais dados foram fornecidos em valores mensais de kWh, conforme apresentados na Tabela 1, portanto, as previsões foram realizadas também mensalmente.

No estudo, foram considerados como amostra os dados de agosto de 1993 a dezembro de 2003. Os dados referentes aos meses de 2004 foram deixados de fora do processo de construção dos modelos e aplicação das técnicas univariadas para que se possa ter uma idéia da aderência dos métodos aos dados também fora da amostra.

Para a realização das combinações serão utilizadas as previsões dos métodos já mencionados, os quais terão seus desempenhos individualmente e combinados, comparados ao desempenho das previsões realizadas na empresa. A avaliação das previsões de cada modelo e deles combinados será, como já dito, baseada no resultado do cálculo do EPAM (Erro Percentual Absoluto Médio) e do U de Theil (ou coeficiente de desigualdade), onde o EPAM representa a percentagem do erro médio da previsão, e o U de Theil mede a desigualdade percentual entre os valores previstos e os verificados.

***TABELA 1 – Consumo Industrial de Energia Elétrica em Santa Catarina (kWh)***

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	324.863.183	312.493.303	307.100.278	326.330.173	287.035.842
1994	273.997.408	300.079.637	334.195.722	309.335.500	310.699.830	322.047.081	346.610.228	328.582.675	327.286.304	366.994.912	328.287.538	360.763.865
1995	293.087.916	347.073.218	392.205.459	338.227.857	360.910.912	355.417.162	343.683.267	322.469.852	336.925.670	363.514.758	348.158.099	325.466.996
1996	285.033.982	370.394.763	329.690.614	355.462.979	382.118.001	333.268.859	370.388.405	385.696.346	351.575.109	349.904.861	394.697.496	353.418.464
1997	311.381.490	394.382.230	377.732.410	406.142.807	405.045.316	384.092.449	400.501.557	404.554.667	399.699.008	426.489.487	374.150.759	386.723.563
1998	318.035.001	404.248.110	395.500.022	407.071.146	391.183.384	400.197.096	417.640.512	404.825.683	407.415.209	407.005.417	392.520.402	404.571.108
1999	325.261.381	407.425.350	420.874.355	415.757.816	426.010.206	411.274.803	428.832.258	423.969.207	438.465.938	426.415.496	413.744.579	437.058.584
2000	368.203.138	434.920.458	472.194.998	450.024.132	453.737.698	454.918.389	456.626.676	459.447.999	455.057.783	473.521.906	481.631.147	444.192.351
2001	376.152.608	433.804.799	507.927.507	496.499.865	478.489.544	488.543.828	492.562.405	466.454.870	475.535.951	466.693.647	509.274.454	460.145.430
2002	411.375.681	504.052.261	495.460.267	543.670.915	483.082.190	514.962.411	519.112.948	522.793.961	488.764.364	519.240.579	498.456.967	486.825.724
2003	434.373.634	535.796.297	547.345.150	516.452.860	499.399.884	519.539.147	511.898.012	511.898.012	525.239.848	545.671.340	501.988.246	514.564.150
2004	437.559.494	543.126.198	586.145.135	532.704.794	564.626.835	539.480.131	555.083.655	553.343.595	517.279.815	517.002.481	537.794.543	516.524.966

Fonte: Centrais Elétricas Santa Catarina S/A.

#### **4.1.1 Apresentação das Previsões Realizadas na Empresa**

Foram fornecidos também pela empresa, os dados referentes às previsões realizadas por seus funcionários durante este período. Como o objetivo do trabalho, em outras



palavras, é o de construir modelos que atinjam um EPAM inferior ao atingido atualmente na empresa, e através da combinação destas previsões, reduzi-lo ainda mais, torna-se necessário além de apresentá-los, também calcular seu desempenho e especificidade.

É importante mencionar que as previsões apresentadas na Tabela 2 não foram construídas a partir de um único modelo e nem de uma única base de dados, isto é, cada ano previsto baseou-se em uma metodologia de construção diferente. Portanto, não se estará aqui julgando nem comparando o método como foram construídas e sim, apenas os resultados atingidos em termos de EPAM e U de Theil.

As previsões foram fornecidos em valores mensais de MWh, por isso, para que apresentassem uma unidade medida comum aos dados verificados, foram multiplicadas por mil. A Tabela 2 apresenta os dados já em kWh.

***TABELA 2 – Previsões do Consumo Industrial Construídas na Empresa (kWh)***

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	316.906.000	298.156.000	314.044.000	294.150.000	252.582.000
1994	260.304.000	290.805.000	317.777.000	307.481.000	322.952.000	317.178.000	317.271.000	314.978.000	301.343.000	300.402.000	294.002.000	260.044.000
1995	276.952.000	294.589.000	316.731.000	310.726.000	320.859.000	317.856.000	343.375.000	335.494.000	319.357.000	329.115.000	315.229.000	272.448.000
1996	312.985.000	342.720.000	378.218.000	351.331.000	375.843.000	385.817.000	370.223.000	385.214.000	381.225.000	388.821.000	357.483.000	333.883.000
1997	305.028.000	352.786.000	373.853.000	360.239.000	384.514.000	366.239.000	375.139.000	388.126.000	365.034.000	367.222.000	383.845.000	328.228.000
1998	324.049.000	402.266.000	405.380.000	411.303.000	418.170.000	396.535.000	414.816.000	415.384.000	410.565.000	416.718.000	410.787.000	373.704.000
1999	325.700.000	401.155.000	420.610.000	416.275.000	427.523.000	409.407.000	427.582.000	421.578.000	418.982.000	433.098.000	414.151.000	398.033.000
2000	340.201.000	434.937.000	438.700.000	429.334.000	442.285.000	428.509.000	445.415.000	443.292.000	435.531.000	440.893.000	415.000.000	431.303.000
2001	398.165.000	462.842.000	470.738.000	475.834.000	486.826.000	472.676.000	505.529.000	500.237.000	484.092.000	493.474.000	478.359.000	446.433.000
2002	421.970.000	465.395.000	498.325.000	480.832.000	495.962.000	494.477.000	512.053.000	500.527.000	493.325.000	517.694.000	498.219.000	460.127.000
2003	444.962.000	490.753.000	534.860.000	507.032.000	522.985.000	506.787.000	534.758.000	527.799.000	520.205.000	545.900.000	525.366.000	495.642.000
2004	434.295.000	506.995.000	571.523.000	551.775.000	543.716.000	550.156.000	553.468.000	540.257.000	542.818.000	548.791.000	577.922.000	527.555.000

Fonte: Centrais Elétricas Santa Catarina S/A.

O cálculo do EPAM e do U de Theil das previsões realizadas na empresa, apresentou resultados, respectivamente, de 5,31% e 0,79 para os dados dentro da amostra, e

3,29% e 0,45 para as previsões fora dela. O resultado do cálculo do U de Theil dá a idéia de adequação da metodologia utilizada, pois segundo MAKRIDAKIS, WHEELWRIGHT e HYNDMAN (1988), se o valor calculado da estatística U de Theil for maior que 1, a metodologia de previsão é menos eficaz que a previsão ingênua de que o valor do próximo período será igual ao valor do período anterior.

Tais resultados mostram que as diferentes metodologias adotadas, ao longo deste período, para se construir as previsões no âmbito da empresa são, portanto, comprovadamente adequadas. Pode-se até dizer que se produziram resultados satisfatórios. Porém, continuando-se a acreditar que resultados mais precisos podem ser encontrados através da utilização de técnicas de combinações das previsões de diferentes métodos.

As discrepâncias calculadas das previsões realizadas pela empresa, utilizando-se o *software* aplicativo Excel, que geraram o cálculo do EPAM e do U de Theil, podem ser encontradas no APÊNDICE A do trabalho, juntamente com suas respectivas fórmulas.

#### **4.1.2 Estatística Descritiva dos Dados**

Para que se possa ter uma visão geral do comportamento estatístico dos dados de consumo industrial de energia elétrica no estado e identificar a necessidade de possíveis transformações para tornar confiável a aplicação dos métodos já mencionados, é apresentada uma descrição da série na sua forma original. Esta descrição busca identificar características nos dados que auxiliem no momento da tomada de decisões relacionadas a certos aspectos específicos da aplicação de cada uma das técnicas de previsão que serão empregadas.

Conhecendo-se o comportamento da série que se pretende prever, é possível visualizar inferências úteis ao pesquisador. Pode-se saber, por exemplo, quantas defasagens devem ser incluídas inicialmente na equação geral da análise dinâmica, ou então qual dos métodos, entre aditivo e multiplicativo, é mais adequado a ser utilizado no momento de se realizar a suavização exponencial.

A descrição estatística dos dados fornece informações implícitas da série e, até mesmo, muitas vezes desconhecidas por quem trabalha com elas. Tais questões tornam-se ainda mais pertinentes em um setor como o de energia elétrica, onde historicamente suas relações são determinadas pelo contexto social, político, econômico, cultural e ambiental, os quais têm seus reflexos no consumo de energia, e um no outro, em constante mudança. Esta característica, inclusive, torna o setor suscetível às freqüentes crises, como a ocorrida no cenário nacional em meados de 2001, ou as ocorridas no cenário internacional, em 1973 e 1979.

Na Figura 3 é possível visualizar, por exemplo, que os dados não seguem uma distribuição normal e que apresentam uma assimetria positiva. Esta característica significa que os dados terão de sofrer alguma transformação, como a diferenciação, por exemplo, para que se possa ter confiança nos parâmetros estimados através do emprego de métodos como os de regressão dinâmica e ARIMA.

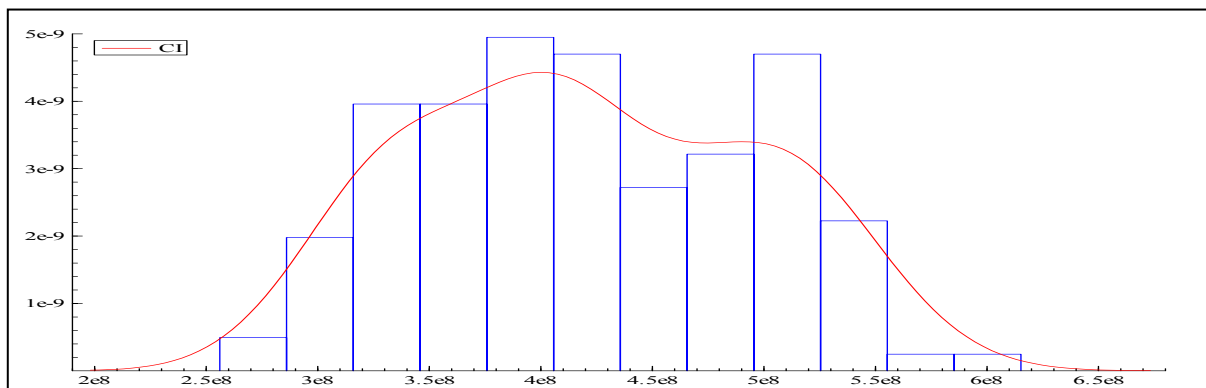


Figura 3: Densidade dos dados.

Através do correlograma, visualizável na Figura 4, é possível observar também, que o consumo industrial de energia elétrica em Santa Catarina observado até aproximadamente 36 meses atrás, tem influência no consumo corrente. Os dados com 140 defasagens, por respeitarem uma curva senoidal ou exponencialmente decrescente, caracteriza a série como auto-regressiva, ou seja, de dados correlacionados ao longo do tempo. Isto exige alguma transformação na série, para garantir que os resíduos de modelos gerados a partir dela não sejam também autocorrelacionados.

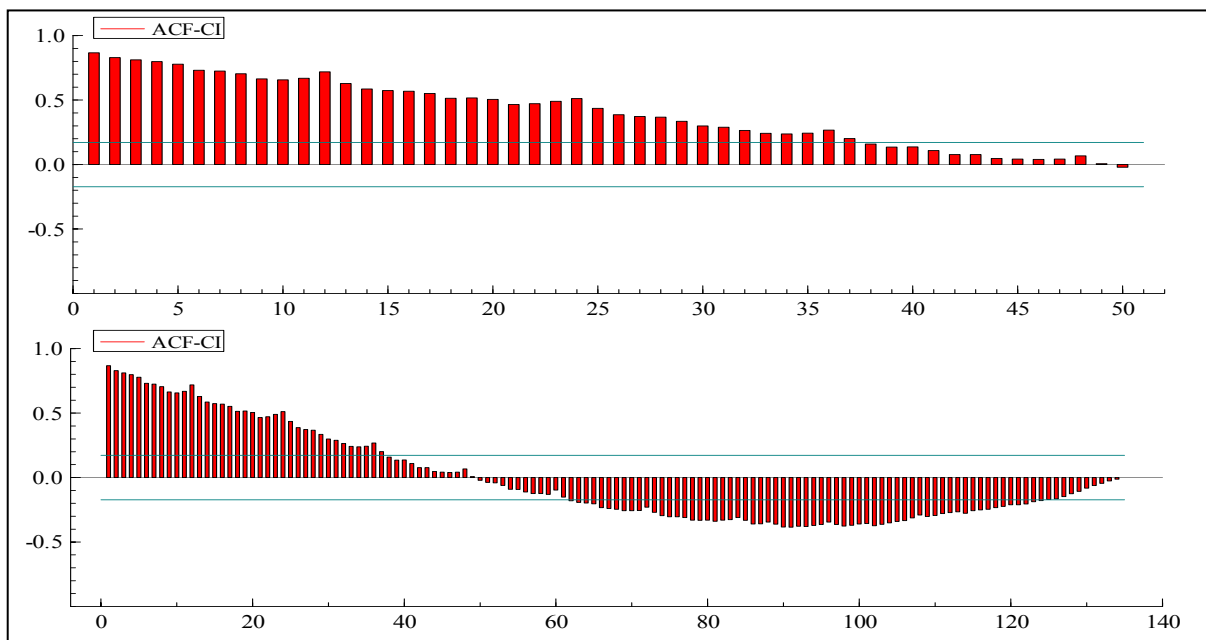


Figura 4: Correlograma da Função de Autocorrelação Simples.

Já a Figura 5, mostra o gráfico do consumo industrial no período da amostra, revela ainda a forte tendência presente nos dados, e que também, os mesmos não variam constantemente em torno dela. Isto significa que seus componentes são multiplicativos sendo, portanto, o modelo de suavização mais adequado a se utilizar para prevê-los é mesmo o multiplicativo.

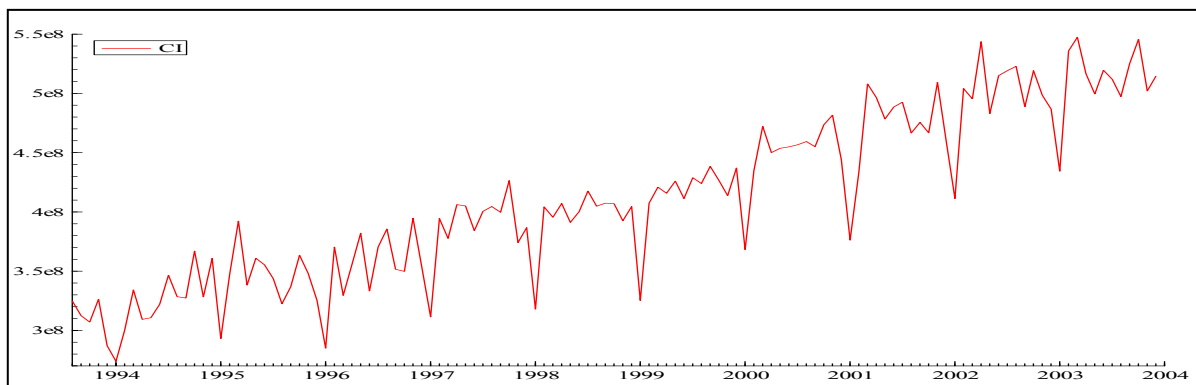


Figura 5: Consumo Industrial de Energia Elétrica.

## 4.2 Aplicação do Método de Holt-Winters

Como já dito, o Método de Holt-Winters é uma técnica determinística de previsão, não exige qualquer manipulação dos dados originais para que, por exemplo, respeitem uma distribuição normal e/ou estejam estacionados. Portanto, sua aplicação resume-se apenas à utilização das fórmulas mencionadas e apresentadas no capítulo anterior, para que as previsões sejam geradas.

É importante mencionar que, na aplicação do método, ao invés de se utilizar a fórmula 3.11 para construção dos 12 primeiros índices sazonais, utilizaram-se os índices calculados a partir da decomposição clássica, por apresentarem maior aderência aos dados do que a fórmula sugerida por MAKRIDAKIS, WHEELWRIGHT e HYNDMAN (1988). O cálculo dos índices sazonais segundo o método da razão da média móvel, apresentada em HANKE, REITSCH e WICHERN (2001), que se resume em dividir o valor do consumo do mês em questão pela média móvel centrada de 12 meses do mesmo mês, produziu melhores resultados.

O cálculo dos índices sazonais segundo esta metodologia, é executado em quatro passos. Por exemplo, para se calcular o índice sazonal de julho de determinado ano:

1. Calcula-se o total móvel do consumo dos 12 primeiros meses (janeiro a Dezembro) e dos 12 meses seguintes a partir do segundo mês (fevereiro a janeiro), somando-se os valores referentes ao consumo destes meses ( $\Sigma \{Y_1+\dots+Y_{12}\}$  e  $\Sigma \{Y_2+Y_{13}\}$ );
2. Estas somas (valores que estarão entre junho e julho, e o julho e agosto), representarão o total móvel de 12 meses. Os dois totais móveis de 12 meses serão somados para que seja encontrado o total móvel de dois anos (24 meses) do mês de julho;
3. Dividindo-se este total móvel de julho dos dois anos por 24, se encontrará a média móvel centrada de julho para 12 meses;
4. Por fim, dividindo-se o valor do consumo de julho do ano corrente pelo valor encontrado da média móvel centrada de julho para 12 meses, se encontra o índice sazonal do mês de julho.

Os valores dos índices sazonais para os 12 primeiros meses da análise, podem ser encontrados no APÊNDICE B do trabalho, juntamente com os demais valores calculados para se realizar o ajuste sazonal, segundo a fórmula 3.7 sugerida por MAKRIDAKIS, WHEELWRIGHT e HYNDMAN (1988).

#### 4.2.1 Formulação e Avaliação das Previsões do Método de Holt-Winters

A aplicação deste método nos dados de consumo industrial de energia em Santa Catarina foi realizada no aplicativo Excel e seus valores de  $\alpha$  (0,234),  $\beta$  (0,024) e  $\gamma$  (0), foram escolhidos segundo o critério de minimização do valor do EPAM dentro da amostra com o Solver, um programa não linear de otimização contido no Excel. Esta aplicação, resultou em um EPAM de 3,28% e um U de Theil de 0,20 para as previsões realizadas dentro da amostra, e um EPAM de 2,19% e um U de Theil de 0,11, para as previsões realizadas fora dela.

Os resultados encontrados sugerem que a precisão do método fora da amostra é maior do que dentro dela, tanto quando analisado pelo EPAM quanto quando analisado pelo U de Theil. O resultado mais próximo de zero, do cálculo do U de Theil, indica que para o cálculo dos dados fora da amostra os valores mais antigos do consumo industrial foram mais significativos para a previsão do que os valores mais recentes, o que é coerente à situação já identificada no correlograma da Figura 4, o que talvez explique sua maior precisão.

Para que se possa ter uma maior noção ilustrativa da aderência do método aos dados de consumo industrial de energia elétrica em Santa Catarina, na Figura 6, é apresentado um gráfico com os valores previstos e os verificados neste período no estado. Todos os valores previstos pelo Método de Holt-Winters, assim como os valores calculados para o nível, a tendência e a sazonalidade, podem ser encontrados no APÊNDICE B do trabalho.

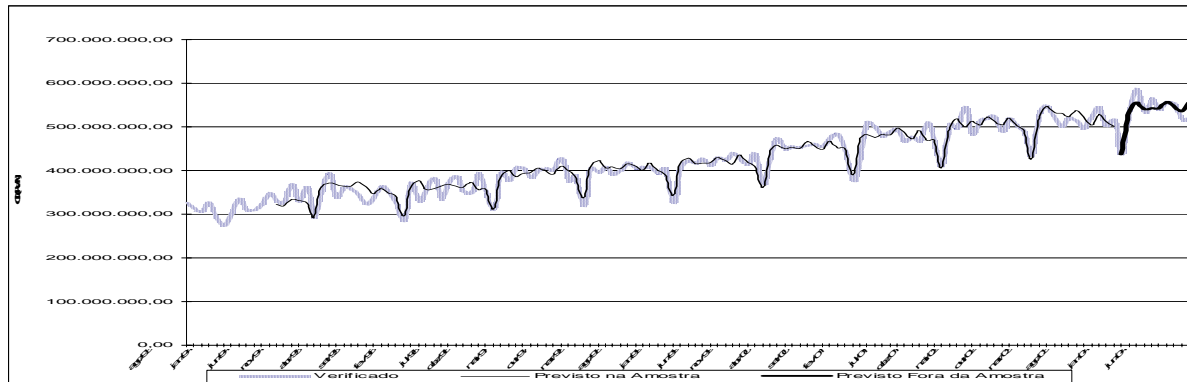


Figura 6: Gráfico Comparativo das Previsões por Holt-Winters.

### 4.3 Aplicação da Metodologia Box-Jenkins

Por tratar-se de um método em que para sua utilização exige-se a estacionariedade da série temporal, foi aplicada uma diferença nos dados originais de consumo industrial de energia (DCI), pois os correlogramas da Figura 4 já mostravam que a série começava a declinar em 1, e que, portanto, uma diferença, muito provavelmente já a estacionaria. A Figura 7 mostra o comportamento do consumo industrial com uma diferença ao longo do tempo, o que comprova sua estacionariedade, a qual pode ser ratificada pelos resultados do teste de Dickey-Fuller (-16,66) realizados no *software* aplicativo *PcGive 10*, onde seus valores críticos assumiram os valores de -2.89 para um nível de significância de 5% e -3.49 para 1%.



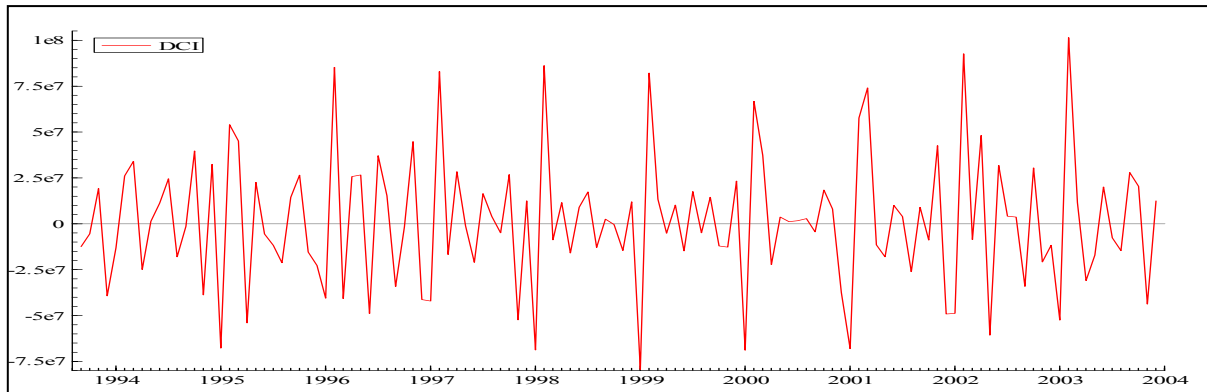


Figura 7: Primeira Diferença do Consumo Industrial de Energia Elétrica.

Isto, porém, indica apenas que a ordem “ $d$ ” do modelo ARIMA é um, mas a ordem “ $p$ ” (AR) e “ $q$ ” (MA) ainda devem ser determinadas, respectivamente, pelo cálculo da função de autocorrelação parcial dos dados na sua forma original e da função de autocorrelação simples para os dados diferenciados. Os correlogramas destas funções são apresentados nas Figuras 8 e 9.

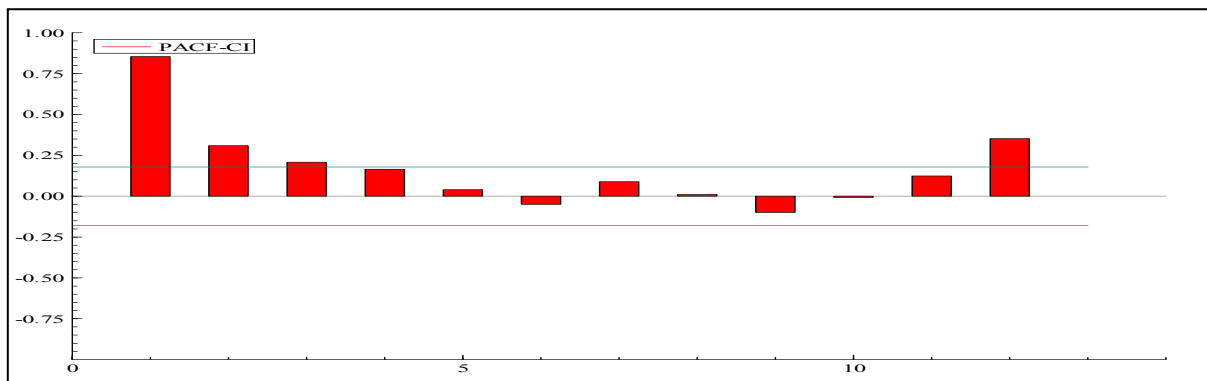


Figura 8: Função de Autocorrelação Parcial (PACF) do Consumo Industrial.

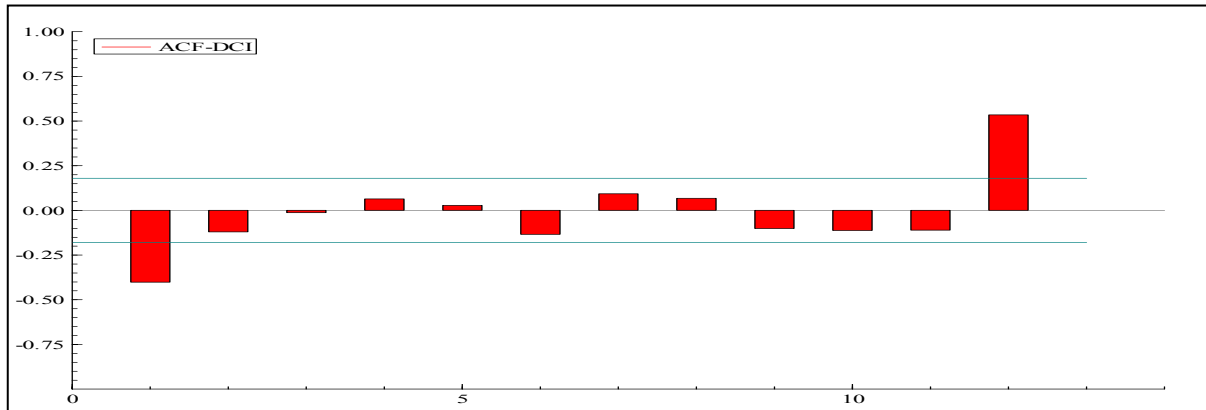


Figura 9: Função de Autocorrelação Simples (ACF) de Consumo Industrial Diferenciado.

Como visto, a função de autocorrelação simples dos dados originais mostrou-se declinante e truncada em um (figura 4), a função de autocorrelação parcial para os dados originais, truncada em dois (figura 8), e a função de autocorrelação simples dos dados transformados truncada novamente em um (figura 9). Tais evidências, segundo SOUZA e CAMARGO (1996), sugerem que o modelo, a princípio, considerado adequado para os dados, seja um ARIMA 2.1.1.

Esta sugestão, porém, como já dito, precisa ser testada para que se possam obter comprovações estatísticas de que o modelo a ser utilizado realmente satisfaz as condições de regularidade de um modelo gerado pela aplicação do método. Tal comprovação conduz também a confiabilidade e fidedignidade dos resultados gerados e das inferências por consequência extraídas.

### 4.3.1 Testes de Especificação do Modelo

Baseando-se na significância estatística dos coeficientes e na estatística de Box-Pierce (Ljung-Box) para autocovariâncias nulas (Figura 10), além da descrição estatística, da densidade e do correlograma dos resíduos do modelo (figuras 11, 12 e 13), identificou-se como sendo mais adequado aos dados o modelo ARIMA (2.0.0) (0.1.1). Neste modelo, considerou-se o componente auto-regressivo como sendo não sazonal pois, desta forma, os resíduos do modelo comportam-se como ruídos brancos, o que significa estarem respeitando as condições de regularidade, mencionadas no capítulo 3, na sua totalidade. A equação final do modelo pode ser observada na fórmula 4.1.

$$Y_t = 86,4 - 0,8471Y_{t-1} - 0,4628Y_{t-2} + e_t + 0,8548e_{t-12} \quad (4.1)$$

Estimativa Final dos Parametros					
Tipo		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	-0.8471	0.0850	-9.97	0.000
AR	2	-0.4628	0.0853	-5.43	0.000
SMA	12	0.8548	0.0819	10.44	0.000
Constant		86.4	332.8	0.26	0.796
Modificação Box-Pierce (Ljung-Box) Estatística Qui-Quadrado					
Defasagem		12	24	36	48
Qui-Quadrado		9.9	24.6	39.1	47.7
DF		8	20	32	44
P-Valor		0.269	0.217	0.182	0.324

Figura 10: Diagnóstico do Modelo ARIMA (2.0.0) (0.1.1).

Média	-81.171
Desvio Padrão	18256.
Assimetria	0.039289
Excesso de Curtose	-0.023951
Mínimo	-41508.
Máximo	46602.
Teste Assintótico:	$\text{Qui}^2(2) = 0.031492$ [0.9844]
Teste de Normalidade:	$\text{Qui}^2(2) = 0.23301$ [0.8900]

Figura 11: Descrição Estatística dos Resíduos do Modelo ARIMA (2.0.0) (0.1.1).

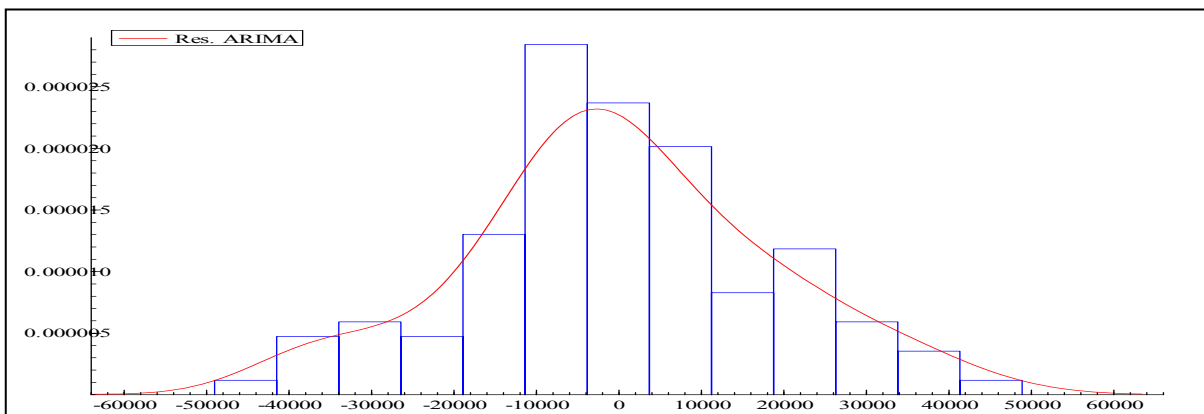


Figura 12: Densidade dos Resíduos do Modelo ARIMA (2.0.0) (0.1.1).

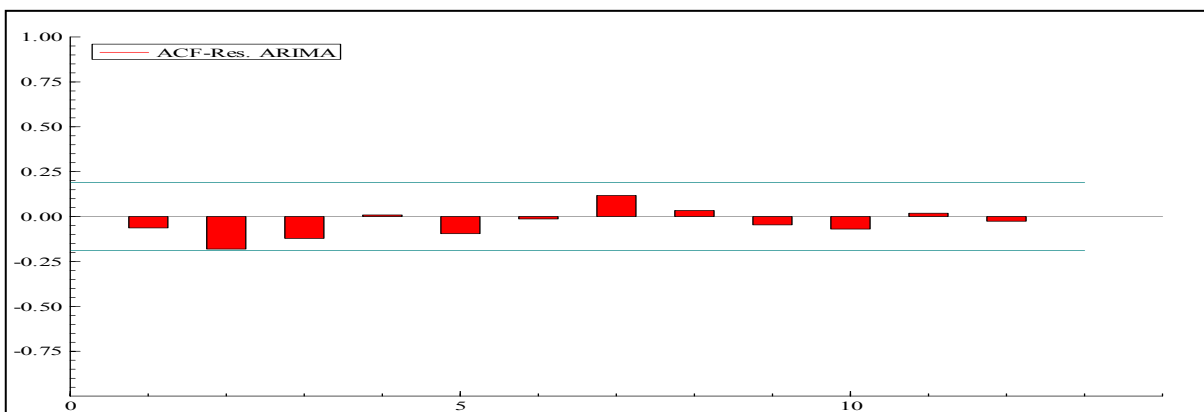


Figura 13: Correlograma dos Resíduos do Modelo ARIMA (2.0.0) (0.1.1).

### **4.3.2 Formulação e Avaliação das Previsões do Modelo**

A utilização do Modelo ARIMA (2.0.0) (0.1.1) nos dados de consumo industrial de energia em Santa Catarina, gerou previsões das quais o cálculo do EPAM dentro da amostra foi de 4,73% e do U de Theil 0,60. Já para as previsões fora da amostra, o EPAM calculado foi de 4,37% e o U de Theil 0,61.

Tais resultados mostram que o modelo teve um desempenho melhor, em relação ao erro percentual, para as previsões fora da amostra. Todos os valores previstos através da metodologia Box-Jenkins e das discrepâncias verificadas com esta aplicação, podem ser encontrados no APÊNDICE C deste trabalho.

### **4.4 Aplicação da Abordagem Geral para Específico em Regressão Dinâmica**

A utilização do Método de regressão dinâmica exigiu a seleção de variáveis que possivelmente explicassem o comportamento do consumo industrial de energia, por tratar-se de um modelo causal. Como já evidenciado pela descrição estatística dos dados, a variável dependente não se apresentava estacionária, por isso, diversos tratamentos e transformações foram aplicados aos dados de consumo industrial (CI), buscando-se tentar identificar qual o tratamento que geraria as previsões com o menor EPAM dentro da amostra.

A regressão dinâmica, como já dito, é um método que considera as relações entre as variáveis defasadas no tempo, por isso buscou-se considerar a maior defasagem possível no momento da formulação de cada modelo geral. O número específico de defasagens incluídas

em cada modelo geral e nas variáveis selecionadas, apresentadas a seguir, foi determinado pelo tratamento e transformação realizada nos dados, tendo em vista a redução que a mesma impunha ao número de observações da amostra original.

Outro aspecto que deve ser mencionado, é o fato de que, para se realizarem as previsões fora da amostra, foi necessário prever tanto os valores de Y quanto os de X, para o período fora da amostra, o que foi realizado através do método de Holt-Winters. Este método foi escolhido devido a sua relativa precisão aos dados previstos de Y, em relação às previsões da empresa, além de sua simplicidade de aplicabilidade.

#### **4.4.1 Apresentação das Variáveis Explicativas Selecionadas**

As variáveis selecionadas para a construção do modelo partiram de uma matriz com 31 variáveis, construída através de um *brainstorming* realizado em conjunto com funcionários responsáveis pela realização das previsões utilizadas na empresa. O processo de construção desta matriz teve como cenário as particularidades do contexto geo-elétrico estadual, ou seja, as características das localidades onde se encontram as principais atividades industriais no estado, em termos de consumo de energia, assim como as particularidades das próprias atividades.

Deste total de 31 variáveis, encontraram-se disponíveis apenas algumas delas, porém outras que não haviam surgido no encontro com os funcionários puderam ser incorporadas à matriz, somando-se com isso, 20 variáveis coletadas para análise. Tais variáveis compuseram modelos e estudos preliminares, que culminaram na seleção de apenas

nove variáveis, sendo consideradas as estatisticamente mais significativas, dentre elas, seis exógenas e três endógenas:

a) Exógenas:

1. Produção industrial no estado (IPI);
2. Horas trabalhadas na produção da indústria no estado (HTP);
3. Salário líquido real do setor no estado (SLR);
4. Utilização da capacidade instalada no estado (UCI);
5. Vendas reais do setor industrial no estado (VR); e
6. Arrecadação de ICMS no estado (ICMS);

b) Endógenas:

7. Número de dias úteis para a indústria (DUI);
8. Consumo residencial de energia no estado (CR); e
9. Consumo industrial defasado no tempo.

O número de dias úteis para a indústria foi considerado uma variável endógena, pelo fato de tal série ser construída pelos funcionários da empresa, considerando-se sábados como dias úteis. Já a arrecadação de ICMS no Estado teve seus valores transformados, para que se tivesse uma unidade monetária unificada<sup>6</sup> e também que se extraísse de seu comportamento a influência da inflação<sup>7</sup>.

Para que se possa conhecer o comportamento estatístico de cada uma das variáveis selecionadas, será apresentada uma breve descrição das séries, visando identificar

---

<sup>6</sup> Dividiram-se todos os valores de arrecadação de ICMS no estado, anteriores a Julho de 1994 pelo valor corrente de uma Unidade Real de Valor (URV), correspondente a 2.750.

também, as possíveis transformações a serem utilizadas para aplicação da análise dinâmica de regressão. As séries históricas utilizadas, mencionadas nesta seção, podem ser visualizadas através das tabelas contidas no APÊNDICE D do trabalho, assim como as duas matrizes preliminares de variáveis mencionadas.

Com relação à estacionaridade das séries, a Figura 14, por permitir perceber a evolução da variável ao longo do período analisado, nos permite também observar se as mesmas possuem tendência ou não. Através do resultado do teste de raiz unitária realizado no *PcGive 10*, é possível ratificar as suposições tiradas a partir dos gráficos.

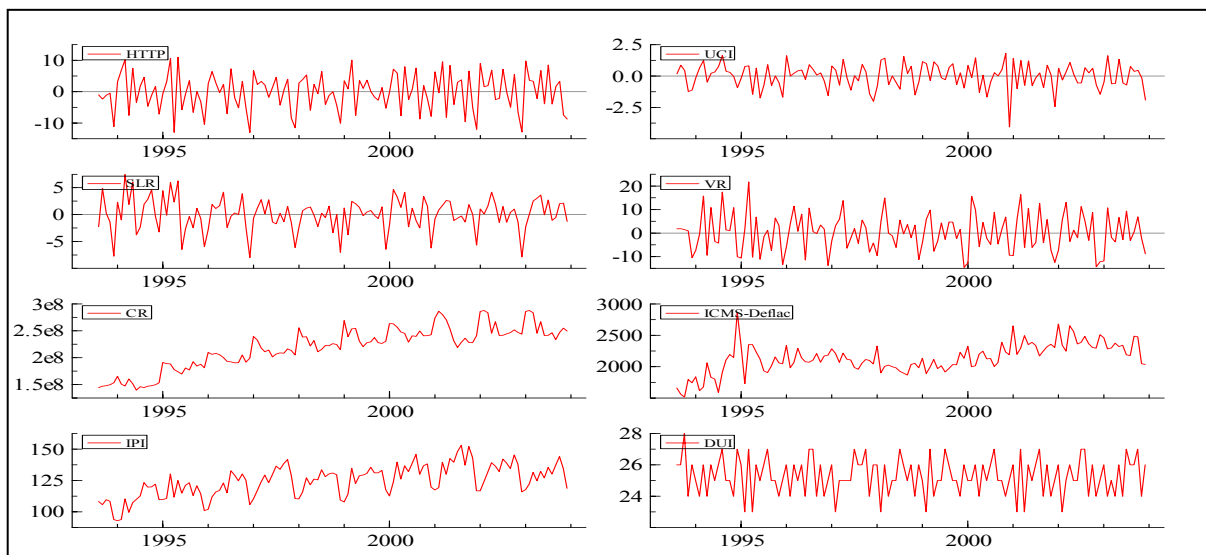


Figura 14: Variáveis Originais ao Longo do Tempo.

Com base nos resultados do teste de raiz unitária<sup>8</sup>, apenas as variáveis do consumo residencial e da arrecadação do ICMS no estado, não podem ser consideradas como variáveis estacionárias. Os valores críticos determinados pelo teste foram de -2.89% para 5% e -3.49% para 1%, e o resultado do teste na variável consumo residencial foi -2.697 e na

<sup>7</sup> Aplicou-se a forma de se deflacionar uma série contida em HANKE, REITSCH e WICHERN (2001) pp.168-169, que consiste em multiplicar o valor arrecadado pelo poder de compra de um real, ou seja, 100/índice de inflação (IGP-M).



variável ICMS -3.157, portanto, CR não está estacionado nem a um nível de significância de 5% nem a 1%, enquanto que o ICMS não está estacionado apenas a 1%.

#### 4.4.2 Formulação e Estimação de Modelos Dinâmicos

Com o intuito de tentar identificar o tratamento aos dados coletados que gerassem previsões mais acuradas possíveis, foram construídos seis modelos de regressão dinâmica, cada um com sua particularidade. As diferenças entre eles estão basicamente no tipo de transformação, nas variáveis que são consideradas na análise de regressão e no número de defasagens consideradas.

O primeiro modelo, identificado no trabalho como MOD-01, foi construído a partir de uma transformação que visou extrair a defasagem sazonal anual dos dados de consumo industrial, o que foi atingido aplicando-se a transformação  $W_t = (Y_t - Y_{t-1}) - (Y_{t-12} - Y_{t-13})$ . Esta transformação também foi aplicada às variáveis explicativas pertencentes ao modelo (HTP, UCI, SLR, VR, CR, ICMS, IPI e DUI), o que permitiu que se utilizassem apenas 6 defasagens para cada variável, por restringir a amostra a apenas 112 observações.

O comportamento da variável dependente ( $W_t$ ) e das variáveis independentes ( $HTP_t, UCI_t, SLR_t, VR_t, CR_t, ICMS_t, IPI_t$  e  $DUI_t$ ) após a transformação, quanto a sua evolução ao longo do tempo, podem ser visualizados na Figura 15. Tais variáveis apresentam-se estacionadas, segundo o teste específico (raiz unitária) realizado no software *PcGive* 10.

---

<sup>8</sup> As hipóteses deste e dos demais testes realizados neste trabalho podem ser encontrados no APÊNDICE D do trabalho.

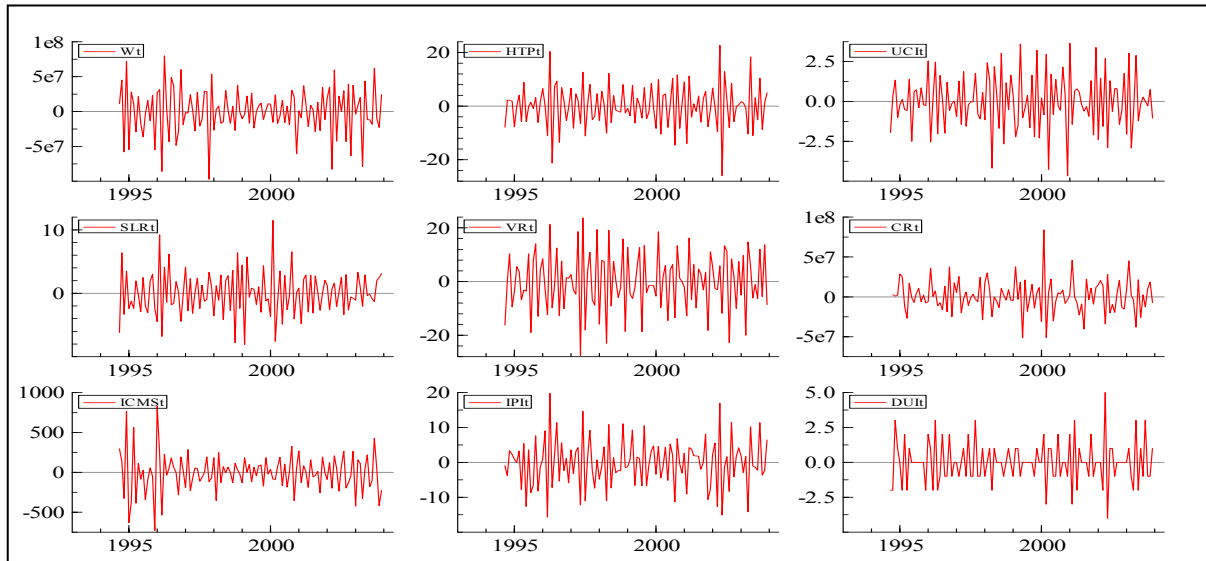


Figura 15: Variáveis Transformadas do MOD-01 ao Longo do Tempo.

Este modelo contou ainda com 6 defasagens do consumo industrial transformado além de 12 *dummies* sazonais, no lado direito da equação. As *dummies* sazonais, uma para cada mês do ano, foram incluídas no modelo, a fim de captar efeitos sazonais e/ou efeitos provenientes da combinação de dados defasados no tempo, como MATOS (2000) coloca ser possível.

O modelo geral contou com 74 parâmetros e, após rodá-lo por diversas vezes, eliminando-se a cada rodada a variável que se mostrava menos significativa estatisticamente para o modelo, se chegou a um modelo específico com 33 parâmetros, demonstrado na fórmula 4.2 e que apresentou um  $R^2_{ajust}$  de 91,63%.

$$\begin{aligned}
 W_t = & -0,446626W_{t-1} - 0,310564W_{t-2} - 0,406788W_{t-3} - 0,20977W_{t-4} - 0,267961W_{t-5} \\
 & - 0,259267W_{t-6} + 424822HTP_{t-5} + 1077270HTP_{t-6} + 416661UCI_{t-1} - 3801130UCI_{t-5} \\
 & + 154566VR_t + 519624VR_{t-5} - 468589VR_{t-6} - 0,521287CR_t + 0,338247CR_{t-1} \\
 & + 30570,8ICMS_{t-2} + 36361,8ICMS_{t-3} + 32750,9ICMS_{t-5} + 20847,5ICMS_{t-6} + 859922IPI_t \\
 & - 880024IPI_{t-2} + 872425IPI_{t-3} + 2457390IPI_{t-4} - 1967160IPI_{t-5} + 10481IPI_{t-6} + 597646DUI_t \\
 & + 103057DUI_{t-1} + 961177DUI_{t-6} + 235843D_{Março} - 124311D_{Fevereiro} - 106045D_{Dezembro} \\
 & + 934334D_{Setembro}
 \end{aligned} \tag{4.2}$$

O segundo modelo construído e utilizado (MOD-02), como visava à aplicação do mecanismo de correção de erros, o qual se mostrou não significativo no modelo, trabalhou-se com a primeira diferença dos índices tanto do consumo industrial (ICI) quanto das suas variáveis explicativas (IHTP, IUUCI, ISLR, IVR, ICR e IICMS). Esta transformação tornou as variáveis co-integráveis, pois todas elas ficaram estacionárias com a mesma ordem de diferenciação.

Trabalhou-se com o índice, devido a algumas das variáveis, como já visto na Figura 14, já apresentarem-se estacionárias, o que inviabilizaria sua utilização desta forma no modelo co-integrado, segundo CORVALÃO (2002). Os respectivos índices utilizados podem ser encontrados no APÊNDICE E deste trabalho, juntamente com a fórmula pela qual foram construídos.

Como não se utilizou *dummies* sazonais no lado direito da equação, também foi possível se contar com o parâmetro constante no modelo, além de 12 defasagens de cada uma das variáveis. Isto foi possível pela transformação realizada reduzir o tamanho da amostra em apenas 1 observação, ficando, portanto, com 124 observações.

O comportamento da variável dependente, diferença do índice do consumo industrial ( $DICI_t$ ), e das variáveis independentes ( $DIHTP_t$ ,  $DIUCI_t$ ,  $DISLR_t$ ,  $DIVR_t$ ,  $DICR_t$ ,  $DIICMS_t$ ) após a transformação, quanto a sua evolução ao longo do tempo, podem ser visualizadas na Figura 16. Tais variáveis apresentaram-se estacionadas, segundo o teste de raiz unitária realizado.

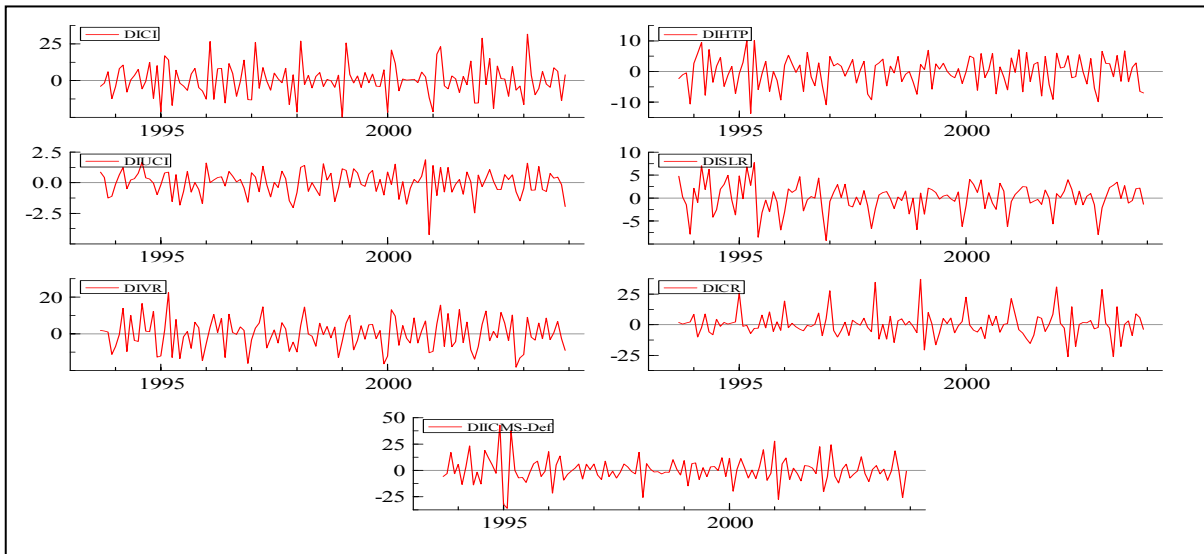


Figura 16: Variáveis Transformadas do MOD-02 ao Longo do Tempo.

O MOD-02 partiu de um modelo geral com 91 parâmetros, e após rodá-lo por diversas vezes, eliminando-se a cada rodada a variável que se mostrava menos significativa estatisticamente para o modelo, se chegou a um modelo específico com 37 parâmetros, como demonstrado na fórmula 4.3, o qual apresentou um  $R^2_{ajust}$  de 94,27%. A significância de cada um dos coeficientes deste e dos demais modelos podem ser encontrados no APÊNDICE F do trabalho.

$$\begin{aligned}
 DICI_t = & 2,63598 - 0,795006DICI_{t-1} - 0,547261DICI_{t-2} - 0,466819DICI_{t-3} - 0,311463DICI_{t-4} \\
 & - 0,324393DICI_{t-5} - 0,344009DICI_{t-6} - 0,173172DICI_{t-7} - 0,149007DICI_{t-11} \\
 & + 0,552142DIHTP_t + 0,406208DIHTP_{t-1} - 0,298852DIHTP_{t-8} - 0,501645DIHTP_{t-10} \\
 & - 0,591385DIHTP_{t-12} - 1,25237DIUCI_{t-2} + 1,9192DIUCI_{t-7} + 1,69159DIUCI_{t-10} \\
 & + 1,3429DIUCI_{t-12} - 0,587881DISLR_{t-1} - 0,547465DISLR_{t-5} - 0,979043DISLR_{t-11} \\
 & + 0,875521DISLR_{t-12} + 0,356372DIVR_t + 0,282182DIVR_{t-1} + 0,224778DIVR_{t-4} \\
 & + 0,266666DIVR_{t-5} + 0,193072DIVR_{t-6} - 0,417905DIVR_{t-11} - 0,349221DICR_t \\
 & - 0,237332DICR_{t-10} - 0,211957DICR_{t-11} + 0,110861DIICMS_t + 0,146773DIICMS_{t-2} \\
 & - 0,0980032DIICMS_{t-5} + 0,154894DIICMS_{t-6} - 0,178664DIICMS_{t-11} \quad (4.3)
 \end{aligned}$$

Já no terceiro modelo construído (MOD-03), utiliza-se a mesma transformação aplicada em MOD-01, porém não são utilizadas nem as defasagens do Y transformado nem

*dummies* sazonais no lado direito da equação. Este modelo tem como variáveis explicativas  $HTP_t$ ,  $UCI_t$ ,  $SLR_t$ ,  $VR_t$ ,  $CR_t$ ,  $ICMS_t$ ,  $IPI_t$  e  $DUI_t$ , todas com a mesma transformação de Y, já apresentada no MOD-01, portanto, seu comportamento ao longo do tempo, já foi apresentado na Figura 15.

Neste modelo, como no MOD-01, utilizou-se 6 defasagens para cada variável. O modelo geral teve 56 parâmetros para 112 observações, e após especificá-lo, encontrou-se um modelo com apenas 18 parâmetros, como demonstrado na fórmula 4.4, o qual apresentou um  $R^2_{ajust}$  de 81,99%.

$$\begin{aligned}
 W_t = & -1291960HTP_t + 1795880HTP_{t-4} + 36687HTP_{t-5} + 275377HTP_{t-6} + 604667UCI_t \\
 & + 457344UCI_{t-1} - 272776SLR_{t-4} - 439341VR_{t-1} + 457432VR_{t-4} - 0,314435CR_t \\
 & + 0,373614CR_{t-1} - 36911,1ICMS_{t-4} + 134778IPI_t + 128428IPI_{t-3} + 196624IPI_{t-4} \\
 & - 138215IPI_{t-5} + 127229DUI_t + 615801DUI_{t-1}
 \end{aligned} \tag{4.4}$$

No quarto modelo de regressão dinâmica construído, MOD-04, utiliza-se a mesma transformação de MOD-01, portanto, assemelha-se ao MOD-03, a diferença entre eles é que neste são utilizadas as defasagens de Y no lado direito da equação. É interessante perceber através das variáveis explicativas pertencentes ao modelo ( $HTP_t$ ,  $UCI_t$ ,  $CR_t$ ,  $ICMS_t$ ,  $IPI_t$  e  $DUI_t$ ) que ao se considerar as defasagens de Y no lado direito da equação as variáveis  $SLR$  e  $VR$  tornaram-se não significativas e por isso desapareceram do modelo final, ao contrário de MOD-01, onde foram significativas com a presença das *dummies* sazonais.

Na Figura 15 pode-se observar o comportamento destas variáveis ao longo do tempo. O MOD-04 partiu de um modelo dinâmico geral com 62 parâmetros para 112 observações, pois utilizou 6 defasagens para cada uma das variáveis mencionadas. O modelo específico final, como apresentado na equação 4.5, contém 16 parâmetros e possui um  $R^2_{ajust}$  de 81,11%.

$$\begin{aligned}
W_t = & -0,54298W_{t-1} -0,348286W_{t-2} -0,406121W_{t-3} -0,202498W_{t-4} -0,204586W_{t-5} \\
& +1671030HTP_{t-5} +364375UCI_t +445745UCI_{t-1} -0,278469CR_t +24079,4ICMS_t \\
& +1239910IPI_t +81764IPI_{t-3} +234998IPI_{t-4} +6731DUI_t +76425DUI_{t-1} +939799DUI_{t-6}
\end{aligned}
\tag{4.5}$$

Já no quinto modelo de regressão (MOD-05), utilizou-se outra forma de desazonalisar CI. O valor desazonalizado de Y (VDCI) foi obtido através do quociente entre CI e o índice sazonal do respectivo mês, onde o índice sazonal de cada mês foi obtido a partir da divisão da média de cada mês pelo valor médio das médias dos 12 meses (média geral). Os valores utilizados para este cálculo, assim como o valor de Y desazonalizado, utilizado como variável dependente neste modelo, podem ser visualizados no APÊNDICE G do trabalho.

Este modelo teve como variáveis explicativas além das 6 defasagens da primeira diferença do valor desazonalizado de Y (DVD), as variáveis HTP, UCI, SLR, VR, DUI na sua forma original e CR e o ICMS, na sua primeira diferença (DCR e DICMS), também defasadas 6 vezes. O comportamento destas variáveis após estas transformações, quanto a sua evolução ao longo do tempo, pode ser visualizado na Figura 17, as quais se apresentam estacionadas, segundo o teste específico de raiz unitária.

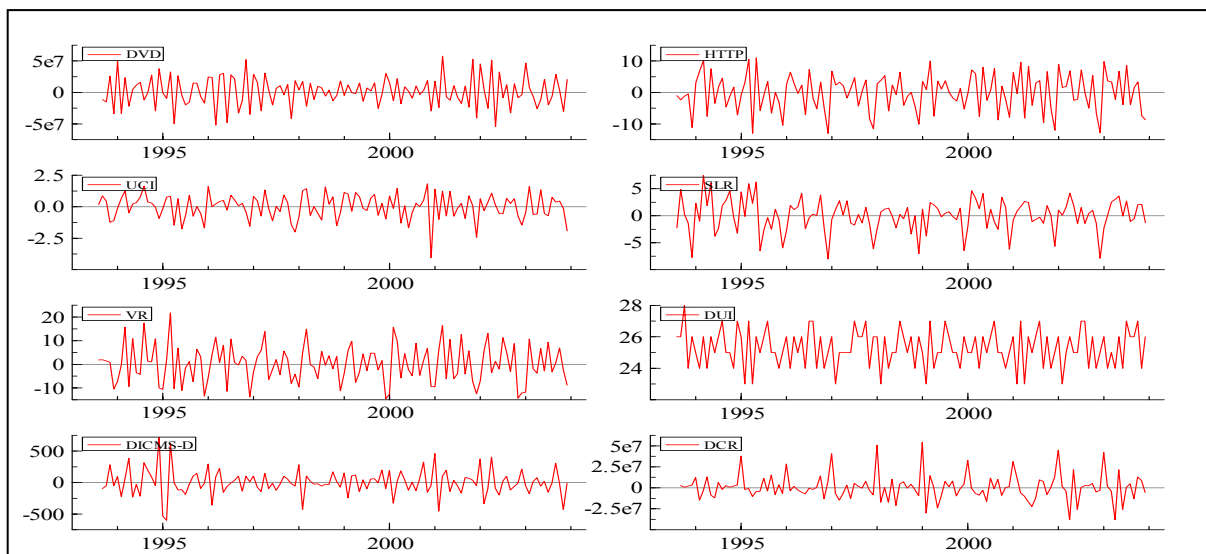


Figura 17: Variáveis Transformadas do MOD-05 ao Longo do Tempo.

O MOD-05 partiu de um modelo geral com 56 parâmetros, para 124 observações, e após rodá-lo por diversas vezes, eliminando-se a cada rodada a variável que se mostrava menos significativa estatisticamente para o modelo, se chegou a um modelo específico com 23 parâmetros, demonstrado na fórmula 4.6, o qual apresentou um  $R^2_{ajust}$  de 74,53%.

$$\begin{aligned}
 DVD_t = & -0,673988DVD_{t-1} - 0,340701DVD_{t-2} - 0,152548DVD_{t-6} + 140412HTP_{t-4} \\
 & + 108455HTP_{t-5} + 416068UCI_t + 501898UCI_{t-4} - 22508SLR_{t-1} - 223606SLR_{t-3} \\
 & - 210859SLR_{t-4} + 215379SLR_{t-6} + 551601VR_{t-1} + 103644DUI_t - 960328DUI_{t-2} \\
 & - 715293DUI_{t-3} + 651228DUI_{t-6} + 15972,9DICMS_{t-1} + 18262,3DICMS_{t-2} - 0,274718DCR_t \\
 & + 0,560801DCR_{t-1} + 0,316891DCR_{t-2} - 0,315858DCR_{t-6}
 \end{aligned} \tag{4.6}$$

No sexto e último, modelo construído e utilizado (MOD-06) foi acrescido ao MOD-05 o IPI no lado direito da equação, o que suscitou no desaparecimento de VR do modelo, sendo também de todos os modelos regressão já citados o que obteve o menor EPAM tanto dentro quanto fora da amostra (2,06% e 5,1% respectivamente). Os resultados tanto deste como o de todos os outros modelos construídos, serão apresentados a seguir na seção 4.4.4.

Com a inclusão da variável IPI, o MOD-06 partiu de um modelo geral com 94 variáveis do lado direito da equação, tendo em vista que se mantiveram as 6 defasagens tanto para o Y quanto para os X's. Porém, após rodar o modelo por diversas vezes, eliminando-se a cada rodada a variável que se mostrava menos significativa estatisticamente para o modelo, se chegou a um modelo específico com apenas 26 parâmetros, o qual está demonstrado na fórmula 4.7, e que apresentou um  $R^2_{ajust}$  de 80,25%.

$$\begin{aligned}
DVD_t = & -0,602162DVD_{t-1} -0,216015DVD_{t-2} -0,149353DVD_{t-4} -0,171041DVD_{t-6} \\
& -264448HTP_{t-1} +618184UCI_t +441242UCI_{t-4} +214404SLR_{t-2} -162651SLR_{t-3} \\
& -296283SLR_{t-4} +211206SLR_{t-6} +100879IPI_{t-1} -173412IPI_{t-2} +8457IPI_{t-3} +130823IPI_{t-4} \\
& -128021IPI_{t-5} +112433DUI_t +785841DUI_{t-1} -137441DUI_{t-2} -955762DUI_{t-3} \\
& +358192DUI_{t-5} -0,319159DCR_t +0,620402DCR_{t-1} +0,394863DCR_{t-2} -0,403985DCR_{t-6} \\
& +28293,6DICMS_{t-6}
\end{aligned} \tag{4.7}$$

Para que se possa ter uma maior condição de avaliação comparativa entre os modelos construídos, é apresentada, na Tabela 3, quais foram as variáveis consideradas em cada um dos modelos construídos.

TABELA 3 – Variáveis Consideradas nos Modelos Dinâmicos

Modelo	Variável Dependente	Variáveis Independentes do Modelo Geral	Variáveis Independentes do Modelo Específico
MOD-01	$W_t$	$W_t$ defasado, $HTP_t$ , $UCI_t$ , $SLR_t$ , $VR_t$ , $CR_t$ , $ICMS_t$ , $IPI_t$ , $DUI_t$ e 12 <i>dummies</i> sazonais.	$W_t$ defasado, $HTP_t$ , $UCI_t$ , $VR_t$ , $CR_t$ , $ICMS_t$ , $IPI_t$ , $DUI_t$ e 4 <i>dummies</i> sazonais.
MOD-02	$DICI_t$	$DICI_t$ defasado, uma constante, $DIHTP_t$ , $DIUCI_t$ , $DISLR_t$ , $DIVR_t$ , $DICR_t$ e $DIICMS_t$ .	$DICI_t$ defasado, uma constante, $DIHTP_t$ , $DIUCI_t$ , $DISLR_t$ , $DIVR_t$ , $DICR_t$ e $DIICMS_t$ .
MOD-03	$W_t$	$HTP_t$ , $UCI_t$ , $SLR_t$ , $VR_t$ , $CR_t$ , $ICMS_t$ , $IPI_t$ e $DUI_t$ .	$HTP_t$ , $UCI_t$ , $SLR_t$ , $VR_t$ , $CR_t$ , $ICMS_t$ , $IPI_t$ e $DUI_t$ .
MOD-04	$W_t$	$W_t$ defasado, $HTP_t$ , $UCI_t$ , $SLR_t$ , $VR_t$ , $CR_t$ , $ICMS_t$ , $IPI_t$ e $DUI_t$ .	$W_t$ defasado, $HTP_t$ , $UCI_t$ , $CR_t$ , $ICMS_t$ , $IPI_t$ e $DUI_t$ .
MOD-05	$DVD_t$	$DVD_t$ defasado, $HTP$ , $UCI$ , $SLR$ , $VR$ , $DCR$ , $DICMS$ e $DUI$ .	$DVD_t$ defasado, $HTP$ , $UCI$ , $SLR$ , $VR$ , $DCR$ , $DICMS$ e $DUI$ .
MOD-06	$DVD_t$	$DVD_t$ defasado, $HTP$ , $UCI$ , $SLR$ , $VR$ , $DCR$ , $DICMS$ , $IPI$ e $DUI$ .	$DVD_t$ defasado, $HTP$ , $UCI$ , $SLR$ , $DCR$ , $DICMS$ , $IPI$ e $DUI$ .



Tais aderências encontradas em cada um dos modelos selecionados tornaram imperativa a apresentação dos resultados dos testes de especificação de cada um dos modelos construídos utilizando-se a metodologia ou abordagem de Hendry. Os resíduos de cada um dos modelos apresentados acima, sobre os quais foram realizados os testes de especificação, podem ser encontrados no APÊNDICE H deste trabalho.

#### **4.4.3 Testes de Especificação dos Modelos Dinâmicos**

Os testes de especificação do MOD-01, apresentaram, para o teste AR um p-valor de 0,65, mostrando portanto que os resíduos do modelo não apresentam autocorrelação, tendo em vista que o nível de significância adotado foi 5%. Para o teste ARCH, o resultado apresentou um p-valor de 0,71, o que demonstra a não heterocedasticidade dos resíduos, ou seja, a não variabilidade na variância dos mesmos.

O teste de normalidade dos resíduos, apresentados pelo *PcGive 10*, mostrou um p-valor de 0,49, o que comprova a condição de normalidade na distribuição dos resíduos do modelo. Quanto ao teste de heterocedasticidade, seu p-valor foi de 1,0, o que comprova a não heterocedasticidade em nenhuma das variáveis consideradas. E por fim, o teste RESET, apresentou um p-valor de 0,5, bem superior ao 0,05 do nível de significância, o que permite afirmar que não existe problemas de má especificação na equação do modelo, podendo, portanto, suas previsões poderem ser utilizadas.

Para MOD-02, os resultados apresentaram, para o teste AR um p-valor de 0,47, mostrando portanto que os resíduos do modelo não apresentam autocorrelação, tendo em vista que o nível de significância adotado foi 5%. Para o teste ARCH, o resultado apresentou um p-

valor de 0,48, o que demonstra a não heterocedasticidade dos resíduos, ou seja, a não variabilidade na variância dos mesmos.

O teste de normalidade dos resíduos, apresentados pelo *PcGive 10*, mostrou um p-valor de 0,39, o que comprova a condição de normalidade na distribuição dos resíduos do modelo. Quanto ao teste de heterocedasticidade, seu p-valor foi de 1,00, o que comprova a não heterocedasticidade em nenhuma das variáveis consideradas. E por fim, o teste RESET, apresentou um p-valor de 0,83, bem superior ao 0,05 do nível de significância, o que nos permite afirmar que não existe problemas de má especificação na equação do modelo, podendo, portanto, suas previsões poderem ser utilizadas.

Já para o MOD-03, os resultados apresentaram, para o teste AR um p-valor de 0,38, mostrando portanto que os resíduos do modelo também não apresentam autocorrelação, tendo em vista que o nível de significância adotado foi 5%. Para o teste ARCH, o resultado apresentou um p-valor de 0,65, o que demonstra a não heterocedasticidade dos resíduos, ou seja, a não variabilidade na variância dos mesmos.

O teste de normalidade dos resíduos, apresentados pelo *PcGive 10*, mostrou um p-valor de 0,95, o que comprova a condição de normalidade na distribuição dos resíduos do modelo. Quanto ao teste de heterocedasticidade, seu p-valor foi de 0,13, o que comprova a não heterocedasticidade em nenhuma das variáveis consideradas. E por fim, o teste RESET, apresentou um p-valor de 0,06, muito embora estando próximo ao valor crítico do nível de significância (0,05), permite ainda afirmar que não existe problemas de má especificação na equação do modelo, podendo, portanto, suas previsões serem utilizadas.

Os resultados dos testes de especificação do MOD-04, apresentaram, para o teste AR um p-valor de 0,60, mostrando portanto que os resíduos do modelo não apresentam autocorrelação. Para o teste ARCH, o resultado apresentou um p-valor de 0,23, o que

demonstra a não heterocedasticidade dos resíduos, ou seja, a não variabilidade na variância dos mesmos.

O teste de normalidade dos resíduos mostrou um p-valor de 0,72, o que comprova a condição de normalidade na distribuição dos resíduos do modelo. Quanto ao teste de heterocedasticidade, seu p-valor foi de 0,79, o que comprova a não heterocedasticidade em nenhuma das variáveis consideradas. E por fim, o teste RESET, apresentou um p-valor de 0,79, bem superior ao 0,05 do nível de significância, o que nos permite afirmar que não existe problemas de má especificação na equação do modelo, podendo, portanto, suas previsões também podem ser utilizadas.

Os testes de especificação do MOD-05, apresentaram, para o teste AR um p-valor de 0,1, mostrando portanto que os resíduos do modelo não apresentam autocorrelação. Para o teste ARCH, o resultado apresentou um p-valor de 0,67, o que demonstra a não heterocedasticidade dos resíduos, ou seja, a não variabilidade na variância dos mesmos.

O teste de normalidade dos resíduos, apresentados pelo *PcGive 10*, mostrou um p-valor de 0,78, o que comprova a condição de normalidade na distribuição dos resíduos do modelo. Quanto ao teste de heterocedasticidade, seu p-valor foi de 0,58, o que comprova a não heterocedasticidade em nenhuma das variáveis consideradas. E por fim, o teste RESET, apresentou um p-valor de 0,44, superior ao 0,05 do nível de significância, o que permite afirmar que não existe problemas de má especificação na equação do modelo, podendo, portanto, suas previsões poderem ser utilizadas.

Por fim, os testes de especificação do MOD-06, apresentaram, para o teste AR um p-valor de 0,28, mostrando portanto que os resíduos do modelo não apresentam autocorrelação. Para o teste ARCH, o resultado apresentou um p-valor de 0,97, o que demonstra a não heterocedasticidade dos resíduos, ou seja, a não variabilidade na variância dos mesmos.

O teste de normalidade dos resíduos mostrou um p-valor de 0,70, o que comprova a condição de normalidade na distribuição dos resíduos do modelo. Quanto ao teste de heterocedasticidade, seu p-valor foi de 0,81, o que comprova a não heterocedasticidade em nenhuma das variáveis consideradas. E por fim, o teste RESET, apresentou um p-valor de 0,92, bem superior ao 0,05 do nível de significância, o que permite afirmar que não existe problemas de má especificação na equação do modelo, podendo, portanto, suas previsões poderem ser utilizadas. Todos os valores dos podem ser encontrados no APÊNDICE I do trabalho.

#### **4.4.4 Formulação e Avaliação das Previsões dos Modelos Dinâmicos**

A aplicação do MOD-01 nos dados de consumo industrial de energia em Santa Catarina, gerou previsões em que o EPAM dentro da amostra foi de 3,17% e 6,2% fora dela, e o U de Theil 0,48 e 0,85, respectivamente. Tais resultados mostram que o MOD-01, apresentou um desempenho melhor, em ambos os critérios, para as previsões dentro da amostra.

Já o MOD-02, apresentou um EPAM de 6,70% para as previsões realizadas dentro da amostra com um U de Theil de 0,22. Já para as previsões fora da amostra, o valor calculado do EPAM, foi de 6,78% com um U de Theil de 0,81.

Os resultados do MOD-03, foram de um EPAM de 2,62% dentro da amostra, com um U de Theil de 0,36, e de um EPAM de 6,36% e um U de 0,81, para as previsões fora dela, confirmando como os demais um desempenho melhor dentro da amostra. Com a aplicação do MOD-04, o EPAM atingido dentro da amostra foi de 2,61% e fora de 5,47. O U de Theil

calculado para este modelo foi de 0,36 e 0,68, para os dados dentro e fora da amostra, respectivamente.

Para o MOD-05, os valores calculados de EPAM e U de Theil dentro da amostra foram de 2,26% e 0,31. Já para as previsões fora da amostra, os resultados foram de 5,62% e 0,72, respectivamente.

Finalmente, com a aplicação do MOD-06, foram obtidos um EPAM de 2,06% dentro da amostra, com um U de Theil de 0,27, e um EPAM de 5,1%, com um U de Theil de 0,71 para os valores previstos fora da amostra. Tais resultados podem ser melhor visualizados e os modelos assim comparados, através da Tabela 4, que apresenta um resumo das características e desempenho de cada um dos modelos gerados através da aplicação da metodologia de Hendry.

*TABELA 4 – Características e Desempenho dos Modelos*

Modelo	Nº Parâmetros	R <sup>2</sup> ajustado	Erro Padrão	EPAM Amostral	U de Theil Amostral	EPAM Não Amostral	U de Theil Não Amostral
MOD-01	33	91,63%	1.130	3,17%	0,480	6,20%	0,852
MOD-02	37	94,27%	3.385	6,70%	0,223	6,78%	0,806
MOD-03	18	81,99%	1.508	2,62%	0,361	6,36%	0,805
MOD-04	16	81,11%	1.527	2,61%	0,355	5,47%	0,684
MOD-05	23	74,53%	1.1313	2,26%	0,310	5,62%	0,721
MOD-06	26	80,25%	1.1745	2,06%	0,266	5,10%	0,711

Ao se observar a Tabela 4, pode-se perceber que todos os modelos apresentaram aumento tanto do EPAM quanto do U de Theil quando realizaram previsões fora da amostra. Outro aspecto, é que o modelo que gerou as melhores previsões tanto dentro quanto fora da amostra (MOD-06), não é o modelo que possui o maior  $R^2_{ajust}$  e numero de parâmetros, nem é o que possui o menor erro padrão.

Todas as previsões e respectivas discrepâncias, geradas por cada um dos modelos construídos através da metodologia de Hendry, sobre os quais se realizaram o cálculo do EPAM e do U de Theil, podem ser encontrados no APÊNDICE J do trabalho.

#### 4.5 Combinação das Previsões dos Métodos Utilizados

A combinação das previsões dos métodos aplicados ao consumo industrial de energia em Santa Catarina foi realizada de duas maneiras. Uma através de uma média ponderada, onde se utilizou o programa não linear de otimização do aplicativo Excel (Solver), para que se encontrassem os pesos que minimizassem o EPAM dentro da amostra, e a outra foi realizada através de um modelo de regressão múltipla rodado no *software PcGive 10*.

A combinação por média ponderada, sugerido por ARMSTRONG (2004) e EVANS (2003), foi realizada através do cálculo da soma do produto das previsões de cada modelo pelos seus respectivos pesos, dividida pelo somatório destes pesos. O valor do peso das previsões de cada modelo foi determinado utilizando-se o Solver do Excel, onde se buscou valores para os pesos que minimizassem o EPAM dentro da amostra.

Tal processo considerou o modelo com maior peso o MOD-02 (0,284123), seguido do MOD-06 (0,21985), o MOD-05 (0,192601), o MOD-03 (0,125465), o MOD-04 (0,119323) o MOD-01 (0,058639), HW (0) e o ARIMA (0). Estes resultados mostram que esta metodologia de combinação priorizou o modelo detentor da equação mais ajustada em detrimento do que produziu os resultados mais precisos em termos de EPAM.

Na combinação feita por regressão, a construção do modelo seguiu a sugestão de DIEBOLD (1998), de “ajustamento para séries correlacionadas”, visando resolver o problema

de autocorrelação residual. Este modelo teve, portanto, como variáveis explicativas as previsões dos seis modelos dinâmicos (MOD-01, MOD-02, MOD-03, MOD-04, MOD-05 e MOD-06), da aplicação do Método de Holt-Winters (HW) e da aplicação da Metodologia de Box-Jenkins (ARIMA), além dos resíduos de cada um dos modelos regressivos (Res.MOD-01, Res.MOD-02, Res.MOD-03, Res.MOD-04, Res.MOD-05, Res.MOD-06 e Res.ARIMA).

O comportamento ao longo do tempo destas variáveis é apresentado na Figura 18, onde é possível observar que apenas as referentes aos resíduos apresentaram-se estacionadas. Tal evidência sugere que seja aplicada alguma transformação, como a primeira diferença, por exemplo, para que as previsões também se mostrem estacionárias.

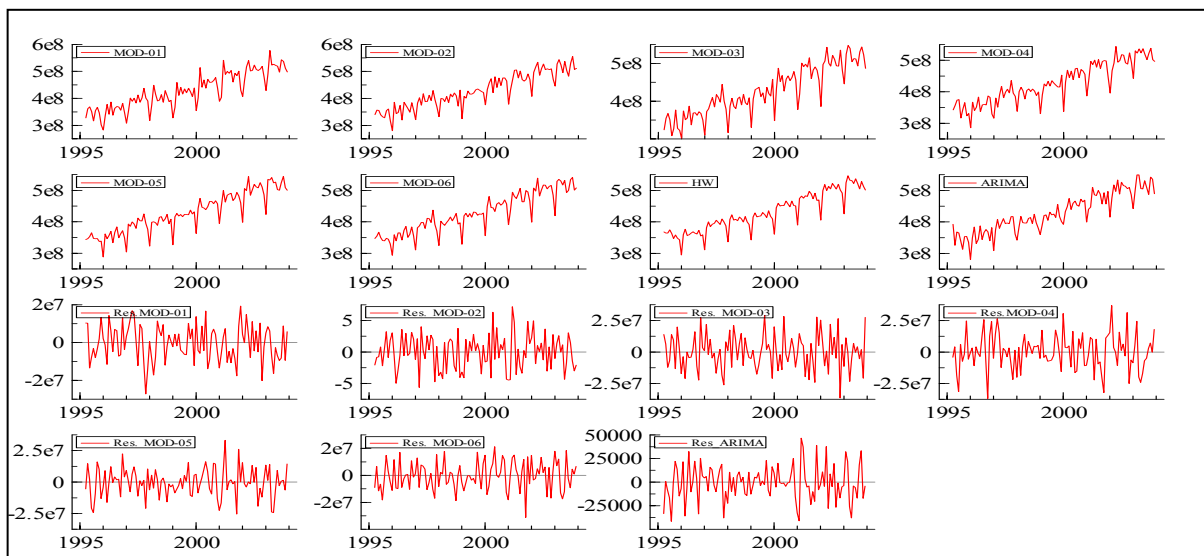


Figura 18: Variáveis Originais do Modelo Combinado de Regressão ao Longo do Tempo.

A primeira diferença aplicada nas previsões de fato estacionou as séries, o que pode ser visualizado na Figura 19. Tal característica pode ser comprovada com a aplicação do teste de raiz unitária realizado no *software PcGive 10*.

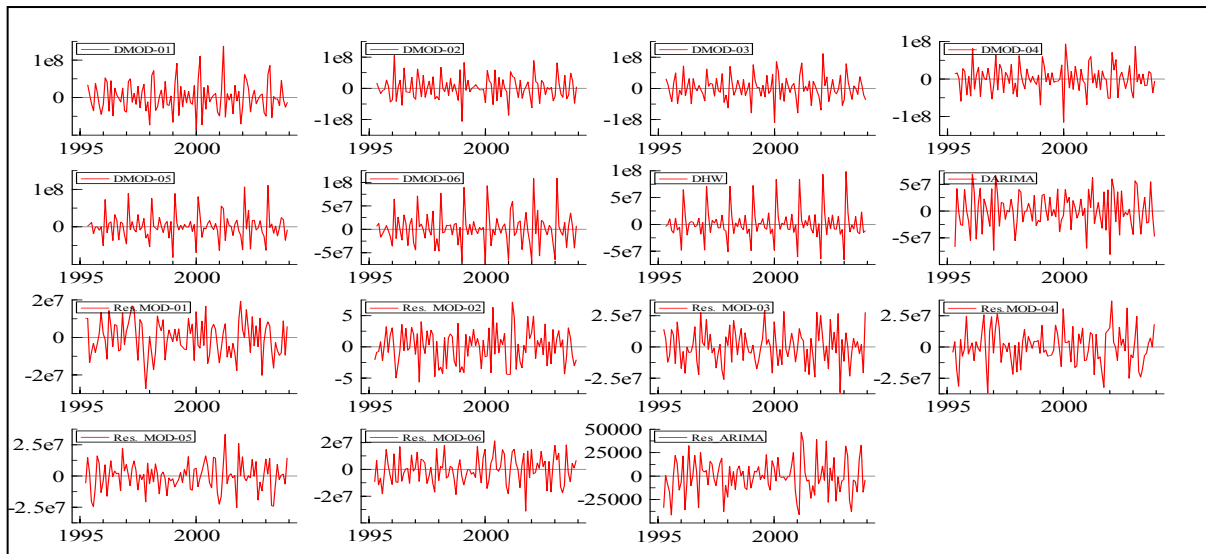


Figura 19: Variáveis Transformadas do Modelo Combinado ao Longo do Tempo.

Para realizar a combinação através desta técnica, partiu-se de um modelo, com 15 variáveis do lado direito da equação. Após rodar o modelo algumas vezes, eliminando-se a cada rodada a variável que se mostrava menos significativa estatisticamente para o modelo, se chegou ao modelo específico com 8 parâmetros, como demonstrado na fórmula 4.7, o qual apresentou um  $R^2_{ajust}$  de 94,97%, o mais alto dentre todos os modelos de regressão construídos no trabalho.

Quanto aos resultados dos testes de especificação do modelo, eles comprovaram que os resíduos do modelo não são autocorrelacionados (AR com p-valor de 0,36), que não são heterocedásticos (ARCH com p-valor de 0,66), que são normais (teste de normalidade com p-valor de 0,21) e que também não existe heterocedasticidade em nenhuma das variáveis consideradas (p-valor de 0,69). Por fim, o teste RESET, apresentou um p-valor de 0,87, bastante superior ao 0,05 do nível de significância, o que nos permite afirmar com bastante confiança, que não existe problemas de má especificação na equação do modelo, podendo, portanto, suas previsões serem utilizadas.



$$\begin{aligned}
DCI_t = & 0,0971734DMOD-02_t + 0,240122DMOD-04_t + 0,532676DMOD-06_t \\
& + 0,257079DHW_t - 0,214093DARIMA_t + 0,270596Res.MOD-03_t + 0,523661Res.MOD-06_t \\
& + 222,964Res.ARIMA_t
\end{aligned}
\tag{4.7}$$

Percebe-se, porém, através da equação 4.7, que o método dos mínimos quadrados ordinários, deu maior peso para o regressor dos resíduos do modelo ARIMA, seguido da primeira diferença do MOD-06 e seus resíduos e que apenas em último lugar está à primeira diferença do MOD-02. No entanto, para que se possa identificar qual método pode ser considerado o mais adequado às circunstâncias que geraram a proposta do trabalho, é necessário antes analisar as previsões de ambos as combinações, para que se possa também, identificar possíveis informações úteis às futuras inferências que serão fornecidas à empresa e divulgadas para a academia.

#### 4.5.1 Avaliação das Previsões Combinadas

As previsões geradas a partir do modelo de regressão, apresentaram um EPAM dentro da amostra de 1,62% e um U de Theil de 0,21, e para as previsões fora da amostra, um EPAM de 7,37% e um U de Theil de 0,977. Já as previsões geradas a partir do método de média ponderada, o EPAM calculado dentro da amostra, foi de 1,58%, com um U de Theil também de 0,21, e para as previsões para os dados fora da amostra, observou-se um EPAM de 5,42% e um U de Theil de 0,8.

Tais resultados indicam que as previsões de energia elétrica em Santa Catarina podem ser feitas através da combinação de modelos de regressão dinâmica com métodos univariados por média ponderada, que irão produzir resultados bastante precisos. A resposta

para a questão de não possuir a mesma precisão para dados fora da amostra, em nenhum destes métodos, pode ser encontrada nas palavras de ASHLEY (2003), onde afirma que a aplicação deste tipo de metodologia (previsões fora da amostra), para permitir resultados conclusivos, é necessário que se reserve pelo menos 100 dados fora da amostra.

É importante mencionar que a exigência de ASHLEY (2003) tornava-se inviável neste estudo, principalmente, devido à indisponibilidade de séries maiores do que as adquiridas para as variáveis explicativas, porém, perceber que tais previsões não se mostraram inadequadas segundo a estatística U de Theil e, em grande parte, com um aceitável nível de precisão, para dados do mesmo período da amostra, é para os autores, suficiente para sugerir sua utilização prática.

Todas as previsões, resíduos e discrepâncias do modelo de regressão que combinou as previsões geradas por todos os métodos de previsão e seus resíduos, assim como as previsões e as discrepâncias da combinação feita através da média ponderada, podem ser encontrados no APÊNDICE K do trabalho.

#### **4.5.2 Comparações entre Resultados**

O desempenho de cada um destes modelos, tanto dentro quanto fora da amostra podem ser visualizados em uma tabela apresentada a seguir, assim como o desempenho do método utilizado atualmente na empresa e os métodos uni-variados aplicados ao consumo industrial, como o modelo ARIMA e o método de Holt-Winters. Também estão presentes na tabela de resultados o desempenho das combinações, que foram realizadas calculando-se a

média ponderada das previsões, e construindo-se um modelo específico para as previsões e os resíduos dos modelos que as geraram.

Observando-se a Tabela 5, é possível perceber a redução que pode ser atingida no EPAM, de 0,48 pontos percentuais dentro da amostra, quando comparado ao modelo mais acurado encontrado, adquiridas com a aplicação da técnica de combinação de previsões por média ponderada. As previsões feitas pela empresa, logicamente não possuem resultados para previsões fora da amostra por terem sido construídas através de outra metodologia. Para que se pudesse comparar a metodologia proposta no trabalho com a atualmente empregada na empresa, utilizaram-se as previsões de 1 a 12 meses à frente geradas com os modelos 02, 03, 04, 05, 06 e o método de Holt-Winters, por serem os que se mostraram mais aderentes aos dados, e combinaram-se tais previsões por média ponderada.

Os pesos encontrados para cada um dos modelos e método foram: 1,148611 para HW; 0,103903 para MOD-06, 0,052998 para MOD-03; -0,01412 para MOD-05; -0,02273 para MOD-02 e -0,26866 para MOD-04. Quanto aos resultados atingidos, foram de 3,25 pontos percentuais mais precisos do que os resultados atingidos na empresa, tal constatação está baseada no resultado do cálculo do EPAM desta combinação, o qual também pode ser visualizado na Tabela 5. Todas as previsões resultantes desta combinação, que geraram o cálculo do EPAM mencionado e do U de Theil presente na referida tabela, também podem ser encontradas no APÊNDICE K do trabalho.

*TABELA 5 – Resultados e Desempenhos*

Modelos e Métodos	EPAM Amostral	U de Theil Amostral	EPAM Não Amostral	U de Theil Não Amostral
MOD-01	3,17%	0,480	6,20%	0,852
MOD-02	6,70%	0,223	6,78%	0,806
MOD-03	2,62%	0,361	6,36%	0,805
MOD-04	2,61%	0,355	5,47%	0,683
MOD-05	2,26%	0,310	5,62%	0,721
MOD-06	2,06%	0,266	5,10%	0,711
ARIMA	4,73%	0,604	4,37%	0,606
Holt-Winters	3,28%	0,204	2,19%	0,112
Combinação por Média Ponderada	1,58%	0,209	5,42%	0,801
Combinação por Modelo de Regressão	1,62%	0,208	7,37%	0,977
Previsões CELESC	5,15%	0,764	-	-
Combinação das Previsões de 12 Meses à Frente por Média Ponderada	1,90%	0,359	-	-

Fonte: Centrais Elétricas Santa Catarina S.A.

## 5. PROPOSTA DE MONITORAMENTO DAS DISCREPÂNCIAS DE PREVISÃO

*“Nada há de permanente exceto a mudança.” Heráclito.*

O gráfico das somas acumuladas (CUSUM) é reconhecidamente bastante eficiente na detecção de pequenas variações na variável em estudo e, segundo MONTGOMERY (2004), utilizar o procedimento combinado CUSUM-Shewhart “é uma maneira eficaz de melhorar a sensibilidade do cusum para grandes mudanças [da variável analisada]” (MONTGOMERY, 2004, p.263). Por isso, sugere-se a utilização do aplicativo GCCSC.xls<sup>9</sup> desenvolvido por ROCHA (2004), que calcula automaticamente, a partir das especificações desejadas, o intervalo de decisão ou de tolerância e os limites de controle para a variável em estudo, além de também permitir a construção de um gráfico temporal.

Para que se tenha uma idéia concreta do monitoramento, aplicou-se tal proposta nas discrepâncias já calculadas dos métodos de combinação utilizados para realizar as previsões de consumo industrial de energia de 1 a 12 meses à frente, e realizou-se uma espécie de simulação do processo de monitoramento que se daria mês a mês na empresa.

Antes disso, porém, buscando-se proporcionar um maior entendimento do que são os gráficos de Shewhart e o de somas cumulativas, é apresentada uma breve introdução a estes gráficos, dando-se o enfoque ao qual se estará empregando-os, antes de se realizar efetivamente sua aplicação na forma combinada nas discrepâncias já mencionadas.

### **5.1 Introdução a Gráficos de Controle**

Gráficos de controle são formas de se monitorar processos suscetíveis a causas que aumentem sua variabilidade ou desloquem sua média de um valor alvo pré-estabelecido. Tais gráficos possibilitam que tais causas sejam identificadas logo que surgem, evitando, portanto, que afetem o padrão de qualidade que se determinou para o processo, no caso do trabalho, do nível de precisão das previsões atingido com a combinação dos diversos métodos utilizados. Os gráficos de Shewhart aqui aplicados são os gráficos mais usualmente utilizados ( $\bar{X}$  e R) para se monitorar a média e a amplitude, respectivamente, da variável em questão.

COSTA, EPPRECHT E CARPINETTI (2004), colocam que os gráficos de Shewhart, são gráficos que realizam o monitoramento baseado em amostras periódicas, onde se determina o intervalo de tempo em que serão retiradas amostras e o número de itens contidos nela, sobre as quais se calculará sua média e amplitude (diferença entre o maior e o menor valor da amostra). Estes valores são colocados nos seus respectivos gráficos, os quais possuirão um limite superior e um inferior de controle, além de uma linha média. Enquanto os pontos no gráfico estiverem oscilando em torno da linha média e dentro dos limites de controle, não se deve intervir no processo, ou seja, revisar os modelos utilizados.

---

<sup>9</sup> Gráfico de Controle CUSUM-Shewhart Combinado.

Para a construção do gráfico  $\bar{X}$ , utilizam-se as fórmulas 5.1, 5.2 e 5.3 apresentadas em MONTGOMERY (2004), as quais demonstram o cálculo dos limites de controle do gráfico para monitorar a centralidade da variável em questão. Nelas, o  $\bar{\bar{X}}$  representa a média geral do processo, ou seja, a média das médias das amostras, o  $\hat{\sigma}_0$  representa o desvio-padrão do processo e “n” o tamanho da amostra.

$$LSC = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\hat{\sigma}_0}{\sqrt{n}} \quad (5.1)$$

$$\text{Linha Média} = \bar{\bar{X}} \quad (5.2)$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - 3 \frac{\hat{\sigma}_0}{\sqrt{n}} \quad (5.3)$$

O número 3 representa o número de desvios-padrão de afastamento em relação à média, este valor é comumente empregado por ser o limite tradicional de 3 sigma proposto por Shewhart. Segundo COSTA, EPPRECHT E CARPINETTI (2004), Shewhart assim o propôs, por basear-se em uma pressuposição de que com 3 desvios-padrão para cima e 3 para baixo, estando o processo em controle, 99,73% dos valores médios das amostras estariam dentro do intervalo dos limites de controle. Esta condição é conveniente, por diminuir a chance de ocorrência de alarmes falsos (1 a cada 370), ou seja, de um ponto cair fora dos limites de controle mesmo o processo estando sob controle, o que pode gerar ajustes desnecessários que sempre representam custos. No caso da proposta, verificar modelos sem necessidade para tal.

Já para o gráfico R, ferramenta utilizada para monitorar a dispersão do processo, os limites de controle são determinados baseados em cálculos realizados através de fórmulas como as apresentadas em 5.4, 5.5 e 5.6, as quais consideram valores constantes ( $d_2$  e  $d_3$ ) que dependem do tamanho da amostra. Os valores tabelados para estas constantes, podem ser encontrados no APÊNDICE L do trabalho.

$$LSC = d_2\hat{\sigma}_0 + 3d_3\hat{\sigma}_0 \quad (5.4)$$

$$\text{Linha Média} = d_2\hat{\sigma}_0 \quad (5.5)$$

$$LIC = d_2\hat{\sigma}_0 - 3d_3\hat{\sigma}_0 \quad (5.6)$$

Os gráficos de Shewhart ( $\bar{X}$  e R) são conhecidos por serem bastante eficientes na detecção de grandes deslocamentos na média ou na variância da variável de interesse, mas também, por perderem sua eficácia quando a variável de interesse é afetada por causas que produzem pequenos efeitos. Por isso, em situações onde as pequenas perturbações a que estão sujeitas a variável em estudo também são de interesse do pesquisador, a literatura especializada sugere que se utilize o gráfico CUSUM, por ser o mais indicado nestas ocasiões.

Como COSTA, EPPRECHT E CARPINETTI (2004), o gráfico CUSUM, considera o histórico da variável, ou seja, a informação acumulada de várias amostras, e não apenas do último ponto como nos gráficos de Shewhart, o que lhe dá maior eficiência na sinalização de pequenos desajustes. O gráfico CUSUM, como coloca MONTGOMERY (2004), trabalha acumulando os desvios em torno da média onde, para os valores acima dela, utiliza uma estatística  $C^+$  e para os valores abaixo  $C^-$ . Estas estatísticas são chamadas de “cusums unilaterais” superior e inferior, e são calculadas através das fórmulas 5.7 e 5.8, onde  $k$  é o valor de tolerância para alarmes falsos e os valores iniciais são  $C_0^+ = C_0^- = 0$ . Na



utilização do gráfico CUSUM, o processo é considerado fora de controle se  $C_i^+$  ou  $C_i^-$ , excederem o intervalo de decisão ou tolerância ( $h$ ). O  $h$  é determinado conforme o nível de risco que se está disposto a correr, ou seja, a probabilidade de ocorrência de erro tipo I (alarmes falsos).

$$C_i^+ = \text{máx} \left[ 0, x_i - (\mu_0 + k) + C_{i-1}^+ \right] \quad (5.7)$$

$$C_i^- = \text{máx} \left[ 0, (\mu_0 - k) - x_i + C_{i-1}^- \right] \quad (5.8)$$

Para que se possa ter uma maior noção do procedimento como um todo sugerido na proposta de monitoramento das discrepâncias das técnicas de combinação apresentada neste capítulo, construiu-se um fluxograma, visualizável na Figura 20, que busca sistematizar o processo. Tal roteiro de procedimentos pode mostrar-se bastante útil também, para trabalhos futuros que pretendam utilizar o mesmo método de monitoramento de discrepâncias de previsão em séries temporais.

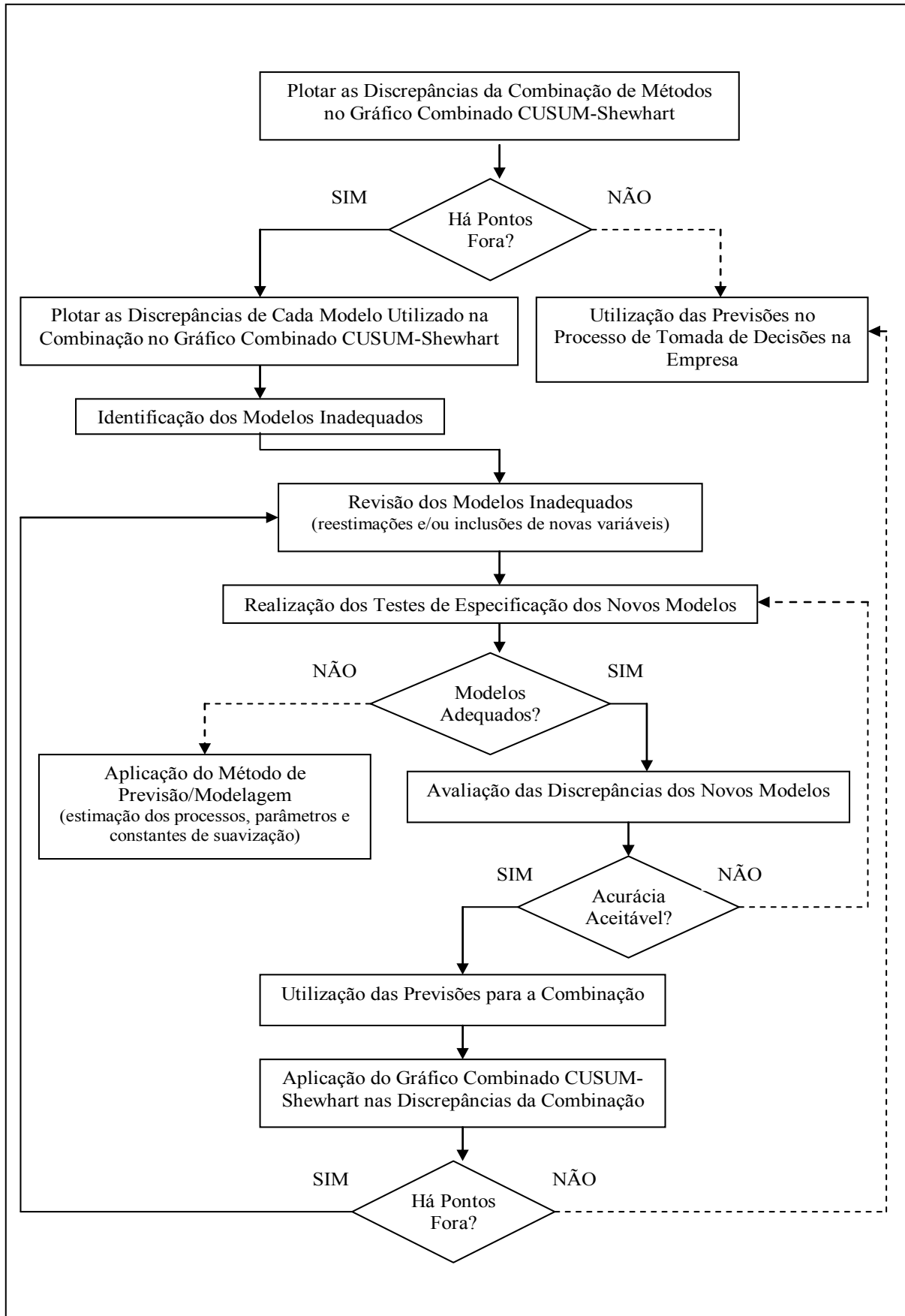


Figura 20: Processo de Monitoramento das Discrepâncias.

## 5.2 Aplicação do Gráfico de Controle Combinado de CUSUM-Shewhart nas Discrepâncias de Previsão

Especificando um número médio de amostras até um alarme falso de 24 previsões ( $NMA_0 = 24 = 2$  anos), um desvio padrão em relação à média de 0,5 ( $k = 0,25$ ) e os limites de controle de Shewhart de 3 sigma, o valor de  $h$  encontrado pelo aplicativo GCCSC.xls na planilha NMA-h-Desempenho.xls, foi de 3,8167. Com estes valores todas as discrepâncias de previsão permaneceram entre os limites de controle, tanto para a combinação feita por média ponderada quanto para a combinação feita por modelo de regressão, como pode ser visualizado nas Figuras 21 e 22.

No entanto, percebe-se a ocorrência de três pontos muito próximos aos limites de controle, um referente à observação 73 (maio de 2001) na combinação por modelo de regressão e dois, referentes às observações 31 (janeiro de 1998) e 78 (outubro de 2001), na combinação por média ponderada. Estas destoantes previsões, ainda que toleráveis, podem ser atribuídas, as de 2001, ao fato de ser este o ano em que se configuram os efeitos da crise energética recentemente enfrentada, dividindo-se entre o racionamento em diversas regiões do país e o fenômeno de racionalização no sul, o que representou uma quebra no padrão até então utilizado pelos modelos.

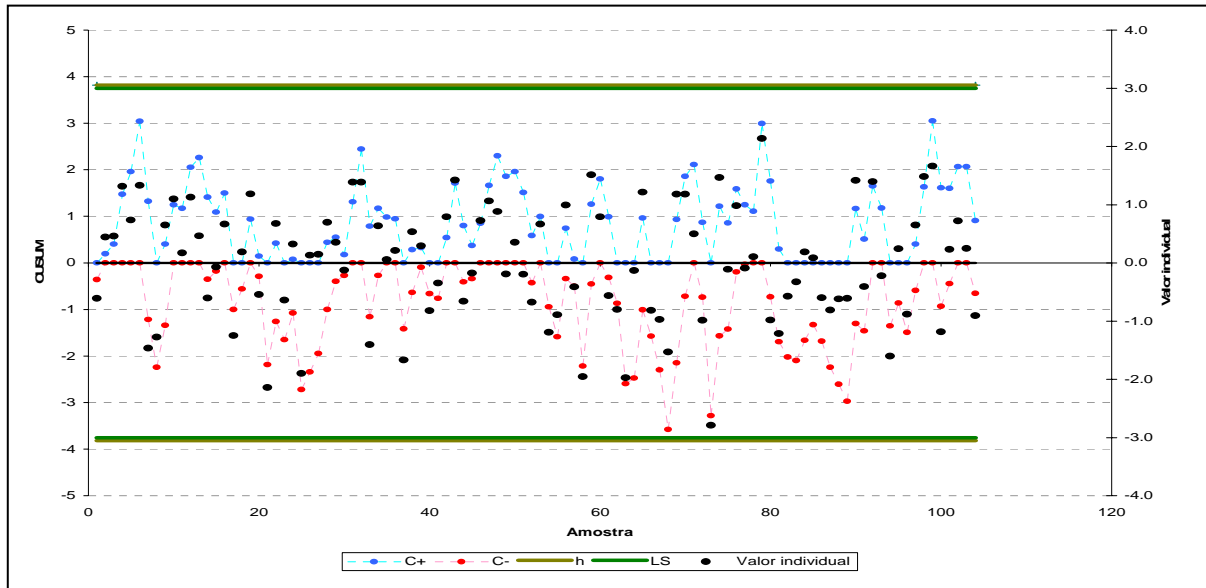


Figura 21: Discrepâncias da Combinação por Modelo de Regressão.

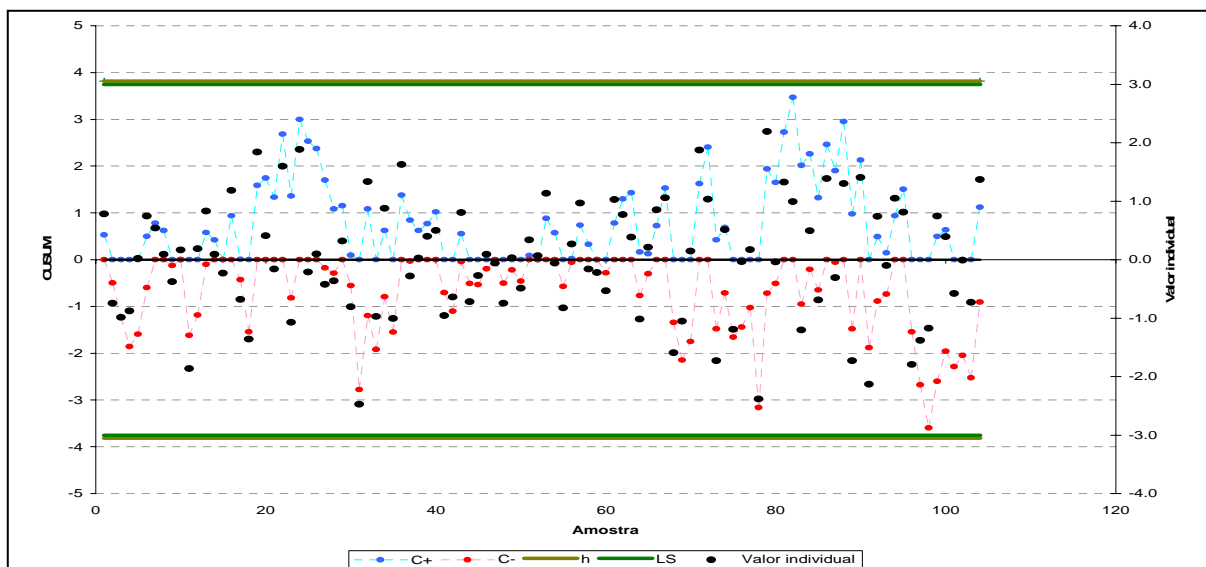


Figura 22: Discrepâncias da Combinação por Média Ponderada.

Ao especificar-se um desvio padrão em relação à média de 0 ( $k = 0$ ) e mantendo-se as demais condições inalteradas, o valor de  $h$  encontrado pelo aplicativo GCCSC.xls na planilha NMA-h-Desempenho.xls, foi de 8,7413. Com estes valores todas as discrepâncias de previsão ainda permaneceram dentro dos limites de controle, tanto para a combinação feita por média ponderada quanto para a combinação feita por modelo de regressão, como pode ser

visualizado nas Figuras 23 e 24. O que merece destaque é o fato de que sob tal especificação, os limites do CUSUM ficaram mais distantes da linha média e, portanto, as discrepâncias ficaram ainda mais distantes destes limites, o que pode ser considerado como uma evidência da robustez do método utilizado para gerar previsões de consumo de energia elétrica em Santa Catarina.

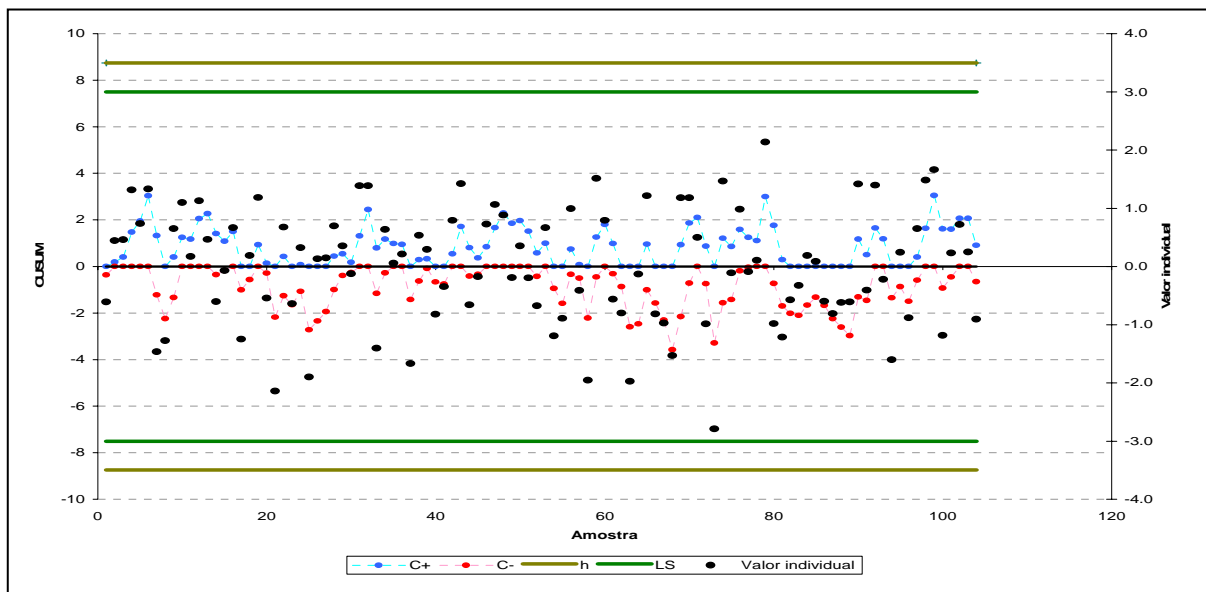


Figura 23: Discrepâncias da Combinação por Modelo de Regressão.

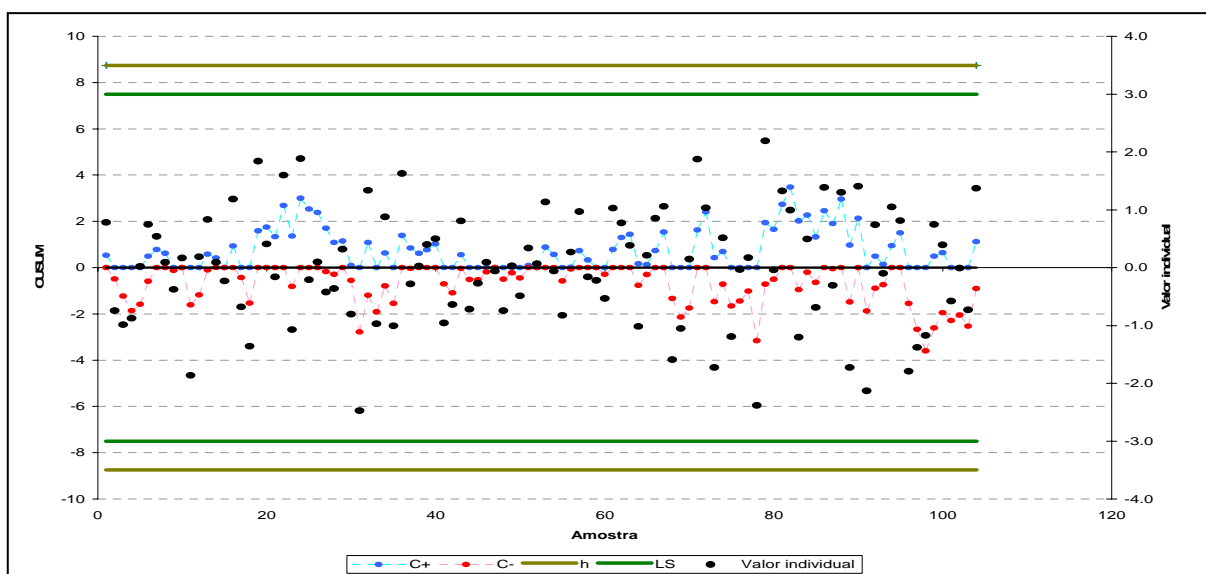


Figura 24: Discrepâncias da Combinação por Média Ponderada.

### 5.3 Simulação de Monitoramento das Discrepâncias Mês a Mês

Como se tem a pretensão de que esta proposta de monitoramento seja aplicada de uma forma contínua, ou seja, que mês a mês se realize o monitoramento das discrepâncias das previsões feitas para diversos passos à frente, realizou-se uma espécie de “simulação”, monitorando-se as discrepâncias de previsões geradas de 1 a 12 meses à frente. Estas previsões foram construídas utilizando-se a combinação por média ponderada mencionada no final do capítulo anterior, e foram feitas partindo-se de diferentes meses, dezembro de 2003, janeiro de 2004, fevereiro de 2004 e março de 2004.

Uma questão que precisa estar bastante clara, antes de mais nada, diz respeito aos passos a frente das previsões. Por exemplo, as predições feitas em dezembro de 2003, tiveram na de janeiro de 2004, a previsão de um mês à frente, na previsão de fevereiro de 2004, a previsão de dois meses à frente, e assim sucessivamente. O monitoramento é realizado com o intuito de identificar-se o momento de, no caso, reestimar os pesos dados aos modelos considerados na combinação e os meses e passos à frente que menos se erra.

A proposta de monitoramento contínuo baseia-se na construção de pelo menos duas tabelas, uma para que sejam monitoradas as discrepâncias dos modelos considerados e outra para que se monitorem as somas cumulativas dessas discrepâncias. A primeira permite que se verifiquem as discrepâncias e os meses e passos à frente onde se está incorrendo nos menores e nos maiores valores, o que pode se constituir em uma fonte de informações ao pesquisador, possibilitando que se construa conhecimento tácito através do acompanhamento dos erros que venha a contribuir para o aperfeiçoamento de suas previsões.

Já a segunda tabela, a das somas cumulativas dos erros, auxiliará na identificação da ocorrência de erros pequenos, porém sistemáticos, que possivelmente se repitam ao longo

do tempo. Este tipo de acompanhamento pode constituir-se em uma ferramenta de assessoria para as decisões do pesquisador no que diz respeito ao gerenciamento dos modelos, pois permite a identificação do momento exato em que se configura a necessidade de se reestimar e/ou incluir novas variáveis nos modelos combinados, baseando-se nos valores que estiverem pré-estabelecidos como toleráveis.

Ambas as tabelas, acredita-se que forneçam informações úteis à tomada de decisão com relação à manutenção da “qualidade” das previsões geradas, pois permitem que sejam identificados os passos à frente e meses que se constituirão nas fontes destas informações, além do momento oportuno de se intervir no processo de geração das previsões. As Figuras 25 e 26 a seguir, trazem a já mencionada simulação das discrepâncias de previsão, presumindo-se um cenário onde se realizem previsões apenas de 1 a 12 meses à frente.

Mês/ano da Construção das Previsões		Horizonte de Previsão																										
		2005																										
		2004	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.		
Dez. 2003	Previsão	431929452	538290023	552514072	532704794	551191258	539826885	553893440	551229773	533311613	555619949	531284777	515791092															
	Observado	437559494	543126198	586145135	532704794	564626835	539480131	555083665	553343395	517279815	517002481	537794543	516524966															
	Erro/Discrepância	5636041,60	4836174,52	33631063,43	0,24	1343577,13	-346753,83	-759705,03	2103822,00	-10631798,40	-38617467,67	6309765,74	733873,69															
Jan. 2004	Previsão		539448515	559093275	533013843	549138013	539363002	556090369	552961499	535211348	558498175	539730222	525601135	474096668														
	Observado		543126198	586145135	532704794	564626835	539480131	555083665	553343395	517279815	517002481	537794543	516524966	?														
	Erro/Discrepância		3677682,55	35151839,98	-309449,47	15488822,16	-82871,41	-100673,99	382095,87	-17931532,81	-41495693,90	-1935688,98	-9076169,44															
Fev. 2004	Previsão			551933428,8	536831878	551315917	542024046,6	55817755,6	555298868,7	537173101,2	560872298,5	542080244,6	57844262,2	476152452	554643296													
	Observado			586145135	532704794	564626835	539480131	555083665	553343395	517279815	517002481	537794543	516524966	?	?													
	Erro/Discrepância			34217706,15	-4127083,95	13310918,05	-2543915,61	-3734800,59	-1955273,73	-10893286,15	-43869817,55	-4028701,58	-11319296,20	?	?													
Mar. 2004	Previsão				541967991,2	564445070,6	551097888,3	571813361,2	560482015,1	54272377,6	571048677	551538112	536441879,5	484086897	564249723	590437151												
	Observado				532704794	564626835	539480131	555083665	553343395	517279815	517002481	537794543	516524966	?	?	?												
	Erro/Discrepância				-926197,21	181764,38	-11617737,30	-16729706,22	-71384201,09	-26992562,58	-54046196,04	-13745568,99	-19916913,53	?	?	?												
Abr.																												
Mai.																												
Jun.																												
Jul.																												
Ago.																												
Set.																												
Out.																												
Nov.																												
Dez.																												

Erro/Discrepância
1 mês para frente
2 meses para frente
3 meses para frente

Figura 25 - Monitoramento Mês a Mês das Discrepâncias (kWh).



Horizonte de Previsão												
Mês/ano da Construção das Previsões	1 mês à frente	2 meses à frente	3 meses à frente	4 meses à frente	5 meses à frente	6 meses à frente	7 meses à frente	8 meses à frente	9 meses à frente	10 meses à frente	11 meses à frente	12 meses à frente
dez-03	563041.60	4836174.52	33631063.43	0.24	1345577.13	-346753.83	-759785.03	2103822.00	-16031798.40	-38617467.67	6509765.74	733873.69
jan-04	9313724.15	39980034.51	33322013.96	15488822.40	1332705.72	-1359467.82	-377689.16	-15827710.82	-57527492.29	-40553156.65	-2566405.70	?
fev-04	4952540.30	35860950.55	46632932.00	12944906.78	961865.12	-3308741.55	-2027095.51	-59697528.37	-61813193.87	-51872452.85	?	?
mar-04	34262233.09	36042714.93	35015174.70	-3784790.43	2480005.03	-30301304.12	-74317171.36	-73441097.36	-81730107.41	?	?	?
abr-04	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
maio-04	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
jun-04	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
jul-04	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
ago-04	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
set-04	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
out-04	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
nov-04	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
dez-04	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

Figura 26 – Monitoramento Mês a Mês das Somas Cumulativas das Discrepâncias (kWh).

Observando-se a Figura 25, pode-se perceber que diferentemente do que se encontra na teoria e esperasse evidenciar na prática, a previsão feita para um passo à frente não foi a que apresentou as menores discrepâncias, nem a previsão feita para 12 passos à frente foi a que possui as maiores. A ocorrência deste fato, por não ser tão rara assim, é que se acredita justificar a importância da realização de um monitoramento das discrepâncias, pois o mesmo representa uma oportunidade de se “garimpar” as informações não captadas pelos modelos em um primeiro momento. No caso da “simulação”, por exemplo, as previsões feitas para 6 meses à frente e para os meses de agosto e julho de cada ano, possuem informações que interessam aos pesquisadores da área e podem ser muito úteis para futuros ajustes nos modelos utilizados. Ajustes que, segundo a Figura 26, é prudente que sejam realizados já para as previsões construídas em fevereiro de 2004, pois a partir de seis meses a frente realizar-se-á apenas previsões superestimadas, o que se repetirão durante praticamente todas as previsões feitas em março se persistirem os pesos estabelecidos em dezembro, como pode ser mais bem visualizado nas Figuras 27 e 28.

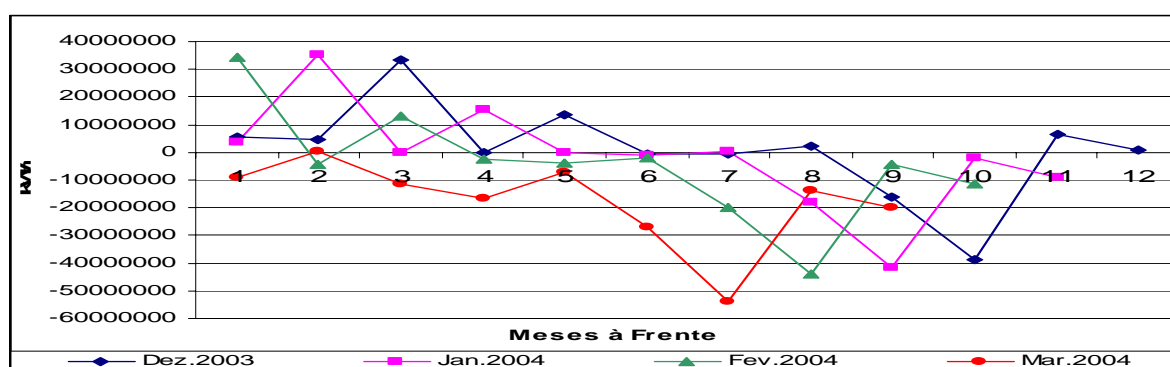


Figura 27 – Discrepâncias das Previsões Geradas.

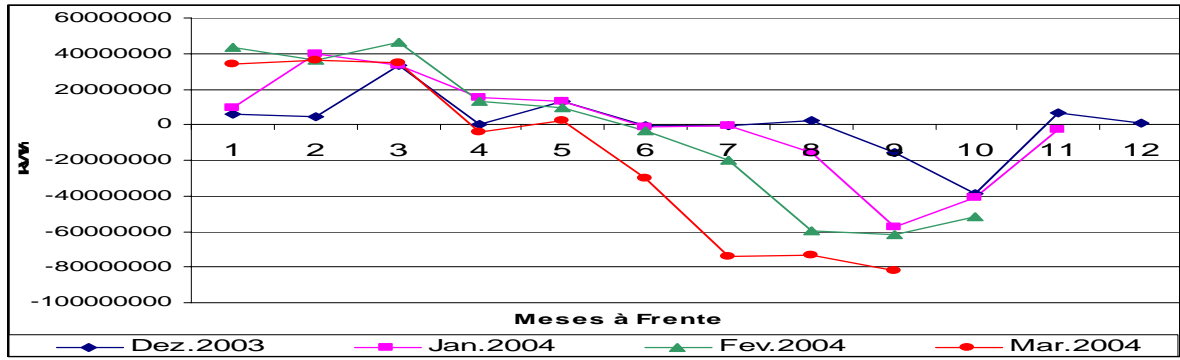


Figura 28 – Somas Cumulativas das Discrepâncias das Previsões Geradas.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

*“Conhecimento se faz por rupturas lógicas e não por ordenações esclarecedoras.” Eliana Scherer Reis.*

### 6.1 Conclusões Gerais

Este trabalho foi concebido, elaborado e desenvolvido com o intuito de ser de fato aplicado nos procedimentos de rotina da empresa, pois se acreditou desde o seu princípio, que se empregados diferentes métodos e técnicas já consagrados na literatura, seria possível atingir resultados mais precisos que os verificados até então. Tal situação proporcionaria uma melhor alocação de recursos, uma maior eficiência, menores custos e conseqüentemente uma maior qualidade no processo de prestação do serviço, reduzindo com isso a necessidade de gastos com compras em leilões de ajuste de curto prazo, além de se evitar as penalidades cabíveis na legislação específica.

O tema desenvolvido na pesquisa, como verificado, foi a aplicação de diferentes métodos e modelos de previsão para realização de previsões do consumo industrial de energia

elétrica no Estado de Santa Catarina. No seu desenvolvimento, teve-se como foco a busca e identificação de oportunidades que gerassem previsões mais precisas que as até então realizadas na empresa, não querendo aqui dar uma conotação pejorativa ao trabalho desenvolvido na DVMT, pelo contrário, se buscou sim aprender com ele, identificando-se informações úteis para compreensão do “novo contexto” estabelecido com a crise energética de 2001.

Concluída a análise empírica, pode-se citar como sendo uma importante oportunidade identificada, admitindo-se que a combinação de previsões já seja comprovadamente útil, como mostrado no capítulo 4 (seção 4.5.2), a necessidade de se trabalhar com diferentes maneiras de sazonalização dos dados de consumo de energia, como, por exemplo, as realizadas nos modelos 01, 03 e 04, e nos modelos 05 e 06, apresentados no capítulo referido. Outras duas oportunidades identificadas que se acredita terem contribuído para que previsões mais precisas pudessem ter sido atingidas, foi a de se trabalhar com todas as variáveis (dependente e independentes) na mesma magnitude, como, por exemplo, o tratamento realizado no modelo 02, e também a de se ponderar o uso de variáveis *dummy* sazonais, não as aplicando em todos os modelos construídos e utilizados.

Com relação as variáveis selecionadas e utilizadas, levando-se em consideração a metodologia adotada, identificaram-se como sendo as principais determinantes na explicação do consumo industrial de energia elétrica no estado, o próprio consumo industrial defasado no tempo, além da produção industrial, do número de dias úteis para a indústria catarinense e do consumo residencial de energia. Estes regressores foram assim identificados, por serem os que mais apareceram dentre os modelos construídos, onde se destaca as duas primeiras defasagens do consumo industrial, a produção industrial no período atual e com três e quatro defasagens, o número de dias úteis no período atual e com uma defasagem e também o consumo residencial no período atual e com uma defasagem.

O permanente acompanhamento do comportamento destas variáveis por parte da empresa, acredita-se que proporcionará melhorias nos seus resultados de previsão daqui para frente, na medida em que modificações significativas ocorridas no contexto sócio-cultural poderão ter seus impactos mais facilmente interpretados através destas variáveis, o que fornecerá diretrizes para a mensuração das modificações também ocorridas no consumo industrial de energia. Portanto, acredita-se que ao basear-se a previsão do consumo industrial nestas variáveis, pode-se estar contribuindo para que um melhoramento ou a manutenção da qualidade na prestação dos serviços da empresa possa ser atingido ao longo do tempo, além de fornecer diretrizes básicas para medidas estratégicas como, por exemplo, a já citada, *Demand side*.

Com base nos resultados atingidos com a combinação das diversas técnicas aplicadas no processo de desenvolvimento da pesquisa, pode-se afirmar, portanto, que se aceitou a hipótese básica formulada no primeiro capítulo, de se acreditar ser possível obter índices de discrepâncias ainda menores do que os atingidos na empresa com a aplicação de diferentes técnicas de previsão. Além disso, acredita-se poder dizer que o grande objetivo do trabalho, de atingir resultados que satisfizessem os objetivos firmados de, em poucas palavras, “colocar” à empresa em uma posição mais confortável perante as exigências da nova legislação, ratificando a importância do estudo e revelando toda sua utilidade e aplicabilidade, tanto prática quanto científica, foi plenamente atingido.

Como a utilização da técnica de combinação forneceu discrepâncias de aproximadamente 1,7%, (ver tabela 04), acredita-se que o principal problema que seria enfrentado pela empresa com relação ao Decreto mencionado, de as contratações feitas nos leilões não poder exceder a um por cento da carga insuficiente já contratada, se não foi resolvido pelo trabalho, ao menos concretas diretrizes foram fornecidas para tal. Esta condição evidencia a procedência na utilização da técnica de combinação para se prever o

consumo industrial de energia elétrica em Santa Catarina, tendo-se em vista que foi possível reduzir em 3,25 pontos percentuais as discrepâncias em relação às previsões feitas na empresa, o que é maior do que a própria discrepância de alguns dos modelos construídos.

Gostar-se-ia também de reafirmar o que foi divulgado no quarto capítulo do trabalho, quando se escreveu que as previsões de energia elétrica em Santa Catarina poderiam ser realizadas através apenas de modelos de regressão dinâmica e do Método de Holt-Winters, combinados entre eles pelo cálculo de uma média ponderada de suas previsões. Tal afirmação tem sua força na evidência dos resultados, tendo em vista que foram boa parte dos modelos econométricos, o Método de Holt-Winters e a combinação por média ponderada, que produziram os menores EPAM dentro da amostra.

Por fim, gostaria de se mencionar a utilidade que se acredita ter o permanente monitoramento das discrepâncias, pois o mesmo proporciona, além do aproveitamento da capacidade intuitiva dos técnicos e funcionários no momento do gerenciamento dos modelos, também ratifica o erro como um instrumento de aprendizagem, o que pode ser fundamental na manutenção da qualidade das previsões ao longo do tempo.

## **6.2 Sugestões para Trabalhos Futuros**

A realização da pesquisa, os resultados atingidos e os conhecimentos adquiridos durante todo o processo de desenvolvimento deste trabalho, suscitaram sugestões para trabalhos futuros que se acredita ter-se a obrigação de divulgá-las. A maturação do método adotado e já descrito do trabalho, trouxe diretrizes para pesquisas no setor, diferentes das

identificadas pelo autor antes de realizá-lo, dentre elas, quatro acredita-se ser de relevante contribuição prática e acadêmica e, portanto, merecem destaque:

1. Considerar outras formas de realizar previsões para incluí-las na combinação, como por exemplo, previsões por Redes Neurais;
2. Estimar modelos com diferentes tratamentos somente das variáveis indicadas como sendo as mais significativas, para observar se realmente são capazes de sozinhas produzirem melhores resultados;
3. Aplicar a abordagem de Leamer para verificar se as variáveis presentes na maioria dos modelos, e conseqüentemente tidas como as mais significativas para explicar o consumo industrial de energia, podem realmente ser tratadas como tal; e finalmente
4. Checar as discrepâncias não só de previsões “contemporâneas”, mas também de previsões feitas com diferentes horizontes, partindo-se da mesma equação e utilizando o mesmo método.



## REFERÊNCIAS

*“El hombre vale más por lo que lee, que por lo que escribe”.* Jorge Luis Borges.

ARMSTRONG, J.S. Combining forecasts: the end of the beginning or the beginning of the end? **International Journal of Forecasting**. v.5, p.585-588. 1989.

ARMSTRONG, J.S. **Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners**. Massachusetts: Eletronic Services <http://www.wkap.nl>, 2004.

ASHLEY, R. Statistically significant forecasting improvements: how much out-of-sample data is likely necessary? **International Journal of Forecasting**. V.19, p.229-239. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR6023**: informação e documentação: referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2000.

BARBALHO, A. R., BARBALHO, M.H. **Energia e Desenvolvimento no Brasil**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, Memória da Eletricidade, 1987.

BARBETTA, P., A. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais**. 5 ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2004.

BRASIL, Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, 183º da Independência e 116º da República, 30 jul. 2004. Disponível em: [www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decretos%20n%205.163.htm](http://www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decretos%20n%205.163.htm). Acesso em 14/12/2004.

CABRAL, C., LIMA, F. Energia: Calor, Movimento, Força... **Boletim Educativo do Núcleo de Comunicação do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina – Elétrica**, Florianópolis, ano I, n.2, 2001.

CLEMEN, R.T. Combining forecasts: a review and annotated bibliography. **International Journal of Forecasting**. v.5, p.559-583. 1989.

COELHO, M., A. **Geografia Geral: O Espaço Natural e Sócio-Econômico**. 3 ed. São Paulo: Moderna, 1992.

CORVALÃO, E.D. **Previsão da Arrecadação do Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços em Santa Catarina: aplicação da abordagem geral para específico em modelos dinâmicos**. Florianópolis, 2002. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

COSTA, A. F. B., EPPRECHT, E.K., CARPINETTI, L.C.R. **Controle Estatístico de Qualidade**. 1 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2004.

DEBIER, J., DELÉAGE, J., HÉMERY, F. **Uma História da Energia**. Brasília: Editora da Universidade Federal de Brasília, 1993.

DIAS, R.F. (Coord.) **Ciclo de Palestras: A Eletrobrás e a História do Setor de Energia Elétrica no Brasil**. Rio de Janeiro: Memória da Eletricidade, 1995.

DIEBOLD, F.X. Forecasting combination and encompassing: reconciling two divergent literatures. **International Journal of Forecasting**. v.5, p.589-592. 1989.

DIEBOLD, F.X. Elements of forecasting. **South-Western College Publishing**. Cincinnati, p.349-352. 1998.

ECO, U. **Como Se Faz Uma Tese**. São Paulo: Perspectiva, 1977.

EVANS, M. K. **Practical Business Forecasting**. Oxford: Blackwell Publishers, 2003.

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

HENDRY, D.F., DOORNIK, J.A. **Empirical Econometric Modelling Using: PcGive 10**. vol.1, London: Timberlake Consultants Ltd., 2001.

HENDRY, D.F., RICHARD, J.F. The econometric analysis of economic time series. **International Statistical Review**. v.51, p.3-33. 1983.

HENDRY, D.F., RICHARD, J.F. On the formulation of empirical models in dynamic econometrics. **Journal of Econometrics**. v.20, p.3-33. 1982.

HANKE, J.E.; REITSCH, A.G.; WICHERN, D.W. **Business Forecasting**. 7 ed. New Jersey: Prentice Hall, 2001.

HILL, C., GRIFFITHS, W., e JUDGE, G. **Econometria**. São Paulo: Saraiva, 1999.

MAHOUD, E. Combining forecasts: some managerial issues. **International Journal of Forecasting**. v.5, p.599-600. 1989.

MAKRIDAKIS, S.G., WHEELWRIGHT, S.C., HYNDMAN, R.J. **Forecasting: Methods And Applications**. 3 ed. New York: John Willey & Sons, 1998.

MATOS, O.C. **Econometria Básica: Teoria e Aplicações**. 3 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2000.

MELLO, H.C.F. **Setor Elétrico Brasileiro: Visão Política e Estratégica**. Rio de Janeiro, 1999. 96 f. Monografia (Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia) – Escola Superior de Guerra (ESG).

MONTGOMERY, D.C. **Introduction to Statistical Quality Control**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2004.

NEWBOLD, P., GRANGER, C.W.J. Experience with forecasting univariate times series and the combination of forecasts. **Journal of the Royal Statistical Society**. v.137, p.131-165. 1974.

OLINTO, C. R. **Um Estudo Sobre Métodos e Técnicas para Aproveitamento de Energia do Vento e Uma Avaliação do Potencial Eólico da Região Costeira do Extremo Sul do Rio Grande do Sul**. Rio Grande, 2001. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica, Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

PLAZ, W. **Energia Solar e Fontes Alternativas**. São Paulo: Hemus, 1981.

ROCHA, R. **Implementação de Sistema Gerencial, com Avanços em Controle Estatístico, em Laboratório de Nutrição Animal.** Florianópolis, 2004. 154 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

SAMOHYL, R.W. **Metodologia Box-Jenkins: ARIMA.** Disponível em: [www.webensino.ufsc.br](http://www.webensino.ufsc.br) Acesso em: 09/08/2004.

SAMOHYL, R.W. **Regressão Múltipla em Termos Matriciais.** Disponível em: [www.webensino.ufsc.br](http://www.webensino.ufsc.br) Acesso em: 17/03/2004.

SAMOHYL, R.W. **Medidas de Erro e Critérios para Avaliação da Previsão.** Disponível em: [www.webensino.ufsc.br](http://www.webensino.ufsc.br) Acesso em: 17/03/2004a.

SARTORIS, A. **Estatística e Introdução à Econometria.** São Paulo: Saraiva, 2003.

SOUZA, R.C., CAMARGO, M.E. **Análise e Previsão de Séries Temporais: Os Modelos ARIMA.** Ijuí: SEDIGRAF, 1996.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Normas Para Apresentação de Trabalhos Científicos.** Curitiba, 2000.

ZOU, H., YANG, Y. Combining time series models for forecasting. **International Journal of Forecasting.** v.20, p.69-84. 2004.

APÊNDICE A – Discrepâncias das previsões construídas na empresa e equações dos critérios de avaliação dos modelos

**DISCREPÂNCIAS DE PREVISÕES DO CONSUMO INDUSTRIAL CONSTRUIDAS  
NA EMPRESA (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	7.957.183	14.337.303	-6.943.722	32.180.173	34.453.842
1994	13.693.408	9.274.637	16.418.722	1.854.500	-12.252.170	4.869.081	29.339.228	13.604.675	25.943.304	66.592.912	34.285.538	100.719.865
1995	16.135.916	52.484.218	75.474.459	27.501.857	40.051.912	37.561.162	308.267	-13.024.148	17.568.670	34.399.758	32.929.099	53.018.996
1996	-27.951.018	27.674.763	-48.527.386	4.131.979	6.275.001	-52.548.141	165.405	482.346	-29.649.891	-38.916.139	37.214.496	19.535.464
1997	6.353.490	41.596.230	3.879.410	45.903.807	20.531.316	17.853.449	25.362.557	16.428.667	34.665.008	59.267.487	-9.694.241	58.495.563
1998	-6.013.999	1.982.110	-9.879.978	-4.231.854	-26.986.616	3.662.096	2.824.512	-10.558.317	-3.149.791	-9.712.583	-18.266.598	30.867.108
1999	-438.619	6.270.350	264.355	-517.184	-1.512.794	1.867.803	1.250.258	2.391.207	19.483.938	-6.682.504	-406.421	39.025.584
2000	28.002.138	-16.542	33.494.998	20.690.132	11.452.698	26.409.389	11.211.676	16.155.999	19.526.783	32.628.906	66.631.147	12.889.351
2001	-22.012.392	-29.037.201	37.189.507	20.665.865	-8.336.456	15.867.828	-12.966.595	-33.782.130	-8.556.049	-26.780.353	30.915.454	13.712.430
2002	-10.594.319	38.657.261	-2.864.733	62.838.915	-12.879.810	20.485.411	7.059.948	22.266.961	-4.560.636	1.546.579	237.967	26.698.724
2003	-10.588.366	45.043.297	12.485.150	9.420.860	-23.585.116	12.752.147	-22.859.988	-30.494.806	5034.848	-228.660	-23.377.754	18.922.150
2004	3.264.494	36.131.198	14.622.135	-19.070.206	20.910.835	-10.675.869	1.615.655	13.086.595	-25.538.185	-31.788.519	-40127457	-11030034

Fonte: Centrais Elétricas Santa Catarina S/A.

$$U \text{ de Theil: } U = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n-1} \left\{ \left( \frac{Y_{t+1} - Y_t}{Y_t} \right) - \left( \frac{F_{t+1} - Y_t}{Y_t} \right) \right\}^2}{\sum_{t=1}^{n-1} \left( \frac{Y_{t+1} - Y_t}{Y_t} \right)^2}}$$

$$\text{Erro Percentual Absoluto Médio: } MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right|$$

Onde,  $Y_t$  é o consumo verificado no tempo atual,  $F_t$  é a previsão do tempo atual e  $n$  é o tamanho da amostra.

## APÊNDICE B – Previsões, discrepâncias e valores de ajustes do Método de Holt-Winters

**PREVISÕES GERADAS COM O MÉTODO DE HOLT-WINTERS (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1994	-	-	-	-	-	-	-	322.253.744	318.034.709	333.618.239	331.002.550	326.040.066
1995	291.454.340	359.525.975	371.548.464	368.265.193	364.632.380	364.517.208	374.802.299	363.335.568	347.126.651	358.688.127	348.246.085	343.114.421
1996	295.010.317	359.734.656	376.650.583	356.800.466	358.992.667	364.425.523	368.526.279	364.073.916	361.781.889	373.495.821	355.607.402	359.048.786
1997	311.063.163	382.163.414	400.082.763	385.143.201	392.752.231	395.545.438	405.393.415	398.854.718	392.104.883	409.311.028	399.597.030	387.329.643
1998	336.576.610	407.854.196	422.626.908	40.573.820	408.460.369	403.813.324	415.331.718	409.880.151	399.963.912	416.953.272	400.263.344	391.576.337
1999	342.668.142	415.218.325	428.784.474	415.757.817	417.851.978	418.886.549	429.626.921	422.969.314	413.913.795	435.414.697	418.138.621	409.773.729
2000	361.309.561	445.120.117	459.269.951	450.347.987	452.688.603	452.099.591	466.519.715	457.328.036	447.896.736	466.479.159	451.847.028	451.014.902
2001	390.257.131	474.565.263	482.219.366	475.510.314	482.993.129	481.013.026	497.432.547	488.951.863	473.091.736	491.345.325	468.416.626	469.636.701
2002	405.690.236	499.055.409	518.836.914	499.850.279	512.813.700	504.739.030	522.396.615	513.792.271	504.636.459	519.561.316	501.196.822	491.661.877
2003	425.645.022	524.280.412	546.495.263	532.336.446	531.155.180	522.306.296	537.027.792	522.740.708	504.931.574	528.248.567	513.277.755	501.220.114
2004	437.415.026	535.884.808	555.348.310	540.388.274	542.686.650	541.085.554	556.900.178	548.091.772	535.651.046	555.180.751	533.457.063	521.871.095

**DISCREPÂNCIAS DAS PREVISÕES DO MÉTODO DE HOLT-WINTERS (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1994	-	-	-	-	-	-	-	6.328.931	9.251.595	33.376.673	-2.715.012	34.723.799
1995	1.633.576	-12.452.757	20.656.995	-30.037.336	-3.721.468	-9.100.046	-31.119.032	-40.865.716	-10.200.981	4.826.631	-87.986	-17.647.425
1996	-9.976.335	10.660.107	-46.959.969	-1.337.487	23.125.334	-31.156.664	1.862.126	21.622.430	-10.206.780	-23.590.960	39.090.094	-5.630.322
1997	318.327	12.218.816	-22.350.353	2.099.960	12.293.085	-11.452.989	-4.891.858	5.699.949	7.594.125	17.178.459	-25.446.271	-606.080
1998	-18.541.609	-3.606.086	-27.126.886	1.332.997	-17.276.985	-3.616.228	2.308.794	-5.054.468	7.451.297	-9.947.855	-7.742.942	12.994.771
1999	-17.406.761	-7.792.975	-7.910.119	-1	8.158.228	-7.611.746	-794.663	999.893	24.552.143	-8.999.201	-4.394.042	27.284.855
2000	6.893.577	-10.199.658	12.925.047	-323.855	1.049.095	2.818.798	-9.893.039	2.119.963	7.161.047	7.042.747	29.784.119	-6.822.551
2001	-14.104.523	-40.760.464	25.708.141	20.989.551	-4.503.585	7.530.802	-4.870.142	-22.496.993	2.444.215	-24651678	40.857.828	-9.491.270
2002	5.685.445	4.996.852	-23.376.647	43.820.636	-29.731.510	10.223.381	-3.283.667	9.001.690	-15.872.095	-320.737	-2.739.855	-4.836.153
2003	8.728.613	11.515.885	849.887	-15.883.586	-31.755.296	-2.767.149	-25.129.780	-25.436.514	20.308.274	17.422.773	-11.289.509	13.344.036
2004	144.468	7.241.390	30.796.825	-7.683.480	21.940.186	-1.605.422	-1.816.523	5.251.823	-18.371.231	-38.178.270	4.337.481	-5.346.129

**VALORES UTILIZADOS PARA O AJUSTE DO NÍVEL (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1994	-	-	-	-	-	-	312.899.015	317.043.263	321.949.717	332.339.280	334.660.358	346.031.234
1995	349.643.501	349.946.429	357.639.107	353.952.863	356.139.390	357.058.568	353.025.720	346.450.812	346.619.619	350.232.705	352.751.277	351.010.333
1996	350.646.069	355.463.343	347.439.297	349.305.492	356.773.902	351.878.281	354.417.130	361.506.709	361.353.503	358.167.525	369.503.441	370.424.555
1997	372.767.344	377.831.281	375.181.084	382.203.427	387.342.276	387.087.680	388.311.391	391.916.351	396.033.972	402.322.828	398.753.250	400.927.477
1998	398.042.305	399.404.943	395.539.335	397.870.141	395.940.785	397.042.491	399.477.889	400.247.125	403.902.273	403.577.465	403.628.418	408.623.371
1999	405.658.878	405.669.187	405.666.788	407.382.042	410.968.005	410.972.095	412.511.337	414.454.368	421.955.382	421.763.328	422.530.557	430.932.174
2000	434.811.493	434.459.147	439.270.569	441.201.043	443.444.598	446.103.913	445.902.810	448.359.681	452.028.443	455.657.304	464.785.985	465.365.049
2001	463.600.829	456.330.207	463.921.706	470.747.715	471.840.946	475.679.678	476.727.031	473.683.375	476.250.236	472.635.607	484.198.221	484.000.440
2002	487.644.012	490.879.381	487.791.811	499.836.885	495.251.878	499.678.254	501.063.884	505.235.049	503.653.888	505.646.647	507.060.708	507.936.172
2003	512.405.327	517.131.372	519.464.012	517.966.943	512.745.013	513.989.478	510.203.387	506.099.450	512.470.701	518.147.467	517.270.210	522.242.684

**VALORES UTILIZADOS PARA O AJUSTE DA TENDÊNCIA (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1994	-	-	-	-	-	-	2.692.590	2.727.803	2.780.652	2.965.226	2.949.601	3.153.881
1995	3.165.000	3.095.573	3.207.088	3.039.872	3.019.172	2.968.231	2.798.402	2.571.027	2.512.755	2.539.447	2.538.940	2.435.120
1996	2.367.214	2.426.647	2.173.138	2.165.692	2.294.323	2.119.912	2.130.075	2.250.380	2.192.075	2.061.616	2.286.589	2.253.466
1997	2.255.632	2.323.755	2.203.099	2.320.002	2.388.381	2.324.269	2.297.572	2.329.286	2.372.667	2.467.664	2.321.215	2.317.649
1998	2.191.441	2.171.336	2.024.894	2.032.315	1.936.214	1.915.971	1.928.571	1.900.448	1.943.013	1.888.001	1.843.439	1.919.887
1999	1.801.404	1.757.956	1.715.254	1.715.254	1.760.633	1.718.023	1.713.686	1.719.250	1.859.502	1.809.736	1.784.447	1.944.964
2000	1.991.887	1.935.021	2.004.796	2.002.993	2.008.829	2.024.608	1.970.617	1.982.413	2.023.320	2.062.266	2.233.681	2.193.544
2001	2.097.538	1.870.288	2.009.071	2.125.919	2.100.868	2.143.025	2.116.446	1.991.274	2.005.237	1.868.912	2.104.058	2.048.221
2002	2.086.921	2.114.779	1.988.583	2.232.529	2.067.152	2.124.381	2.106.461	2.156.546	2.065.878	2.064.104	2.048.336	2.019.884
2003	2.079.298	2.143.502	2.148.090	2.059.667	1.883.033	1.867.542	1.730.399	1.588.872	1.704.881	1.801.229	1.736.256	1.814.759

**VALORES UTILIZADOS PARA O AJUSTE DA SAZONALIDADE (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	1.02111	0.99457	1.02737	0.98717	0.96573
1994	0.83467	1.01904	1.05242	1.02056	1.0214	1.01492	1.04104	1.02111	0.99457	1.02737	0.98717	0.96573
1995	0.83467	1.01904	1.05242	1.02056	1.0214	1.01492	1.04104	1.02111	0.99457	1.02737	0.98717	0.96573
1996	0.83467	1.01904	1.05242	1.02056	1.0214	1.01492	1.04104	1.02111	0.99457	1.02737	0.98717	0.96573
1997	0.83467	1.01904	1.05242	1.02056	1.0214	1.01492	1.04104	1.02111	0.99457	1.02737	0.98717	0.96573
1998	0.83467	1.01904	1.05242	1.02056	1.0214	1.01492	1.04104	1.02111	0.99457	1.02737	0.98717	0.96573
1999	0.83467	1.01904	1.05242	1.02056	1.0214	1.01492	1.04104	1.02111	0.99457	1.02737	0.98717	0.96573
2000	0.83467	1.01904	1.05242	1.02056	1.0214	1.01492	1.04104	1.02111	0.99457	1.02737	0.98717	0.96573
2001	0.83467	1.01904	1.05242	1.02056	1.0214	1.01492	1.04104	1.02111	0.99457	1.02737	0.98717	0.96573
2002	0.83467	1.01904	1.05242	1.02056	1.0214	1.01492	1.04104	1.02111	0.99457	1.02737	0.98717	0.96573
2003	0.83467	1.01904	1.05242	1.02056	1.0214	1.01492	1.04104	1.02111	0.99457	1.02737	0.98717	0.96573

## APÊNDICE C - Previsões, resíduos e discrepâncias do Modelo ARIMA

### **PREVISÕES GERADAS COM A MÉTODOLOGIA BOX-JENKINS (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	329.438.538
1995	317.549.865	349.432.916	366.169.218	392.567.459	326.151.857	368.112.912	365.409.162	339.697.267	313.238.852	353.566.670	353.853.758	335.466.099
1996	280.621.996	349.252.982	383.660.763	331.432.614	345.001.979	387.399.001	344.226.859	366.559.405	375.971.346	368.648.109	340.192.861	381.935.496
1997	308.743.464	375.575.490	407.677.230	379.547.410	395.692.807	410.369.316	395.095.449	396.701.557	394.871.667	416.810.008	416.812.487	361.427.759
1998	342.085.563	382.266.001	417.581.110	397.353.022	396.658.146	396.544.384	411.237.096	413.877.512	395.179.683	424.564.209	397.365.417	379.835.402
1999	359.970.108	389.530.381	420.795.350	422.764.355	405.382.816	431.409.206	422.351.803	425.107.258	414.361.207	455.651.938	416.813.496	401.096.579
2000	392.494.584	432.509.138	448.328.458	474.121.998	439.686.132	459.173.698	466.033.389	452.938.676	449.876.999	472.281.783	463.956.906	469.020.147
2001	399.666.351	440.495.608	447.249.799	509.892.507	486.199.865	483.963.544	499.695.828	488.911.405	456.920.870	492.796.951	457.165.647	496.701.454
2002	415.656.430	475.756.681	517.534.261	497.462.267	533.407.915	488.593.190	526.151.411	515.499.948	513.297.961	506.062.364	509.750.579	485.920.967
2003	442.374.724	498.791.634	549.316.297	549.385.150	506.226.860	504.947.884	530.766.147	508.322.012	487.845.194	542.575.848	536.218.340	489.490.246
2004	455.385.150	506.095.494	566.911.198	582.411.135	519.533.794	572.473.835	545.373.131	549.250.655	552.124.595	530.073.815	534393481	529345543

### **RESÍDUOS DO MODELO ARIMA (2.0.0) (0.1.1) (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	3.357	27.346	-6.721	31.325
1995	2.075	-8.583	12.716	-33.376	777	-8.400	-16.393	-41.508	-962	22.040	13.695	-14.767
1996	-6.996	21.497	-35.864	-7.060	32.380	-10.346	-135	22.271	4.064	-33.752	25.348	6.578
1997	4.422	5.968	-9.432	15.801	13.210	-3.324	-10.126	3.063	13.532	19.103	-37.895	-9.723
1998	-22.295	10.575	-9.862	4.763	-14.193	6.716	10.832	410	5.117	-12.456	-14.223	10.558
1999	-12.688	-4.335	5.334	4.227	10.058	-3.674	1.267	-2.679	22.984	-8.607	-14.781	16.352
2000	9.903	-5.169	20.053	-493	-1.446	-743	-4.395	-752	-152	10.627	25.166	-15.135
2001	-32.654	-40.999	46.602	37.255	3.109	-5.280	-4.071	-23.594	-10.182	-20.286	39.002	-8.150
2002	-2.679	10.805	-4.374	37.540	-27.769	8.759	-4.652	19.747	-26.605	-843	-16.756	-5.036
2003	-3.620	32.132	22.020	-25.988	-37.978	-4.071	-5.651	-16.904	18.197	33.183	-17.139	-4.233

### **DISCREPÂNCIAS DAS PREVISÕES DA METODOLOGIA BOX-JENKINS (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31.325.327
1995	-24.461.949	-2.359.698	26.036.241	-54.339.602	34.759.055	-12.695.750	-21.725.895	-17.227.415	23.686.818	9.948.088	-5.695.659	-9.999.103
1996	4.411.986	21.141.781	-53.970.149	24.030.365	37.116.022	-54.130.142	26.161.546	19.136.941	-24.396.237	-18.743.248	54.504.635	-28.517.032
1997	2.638.026	18.806.740	-29.944.820	26.595.397	9.352.509	-26.276.867	5.406.108	7.853.110	4.827.341	9.679.479	-42.661.728	25.295.804
1998	-24.050.562	21.982.109	-22.081.088	9.718.124	-5.474.762	3.652.712	6.403.416	-9.051.829	12.235.526	-17.558.792	-4.845.015	24.735.706
1999	-34.708.727	17.894.969	79.005	-7.006.539	206.27.390	-20.134.403	6.480.455	-1.138.051	24.104.731	-29.236.442	-3.068.917	35.962.005
2000	-24.291.446	2.411.320	23.866.540	-24.097.866	14.051.566	-4.255.309	-9.406.713	6.509.323	5.180.784	1.240.123	17.674.241	-24.827.796
2001	-23.513.743	-6.690.809	60.677.708	-13.392.642	-7.710.321	4.580.284	-7.133.423	-22.456.535	18.615.081	-26.103.304	52.108.807	-36.556.024
2002	-4.280.749	28.295.580	-22.073.994	46.208.648	-50.325.725	26.369.221	-7.038.463	7.294.013	-24.533.597	13.178.215	-11.293.612	904.757
2003	-8.001.090	37.004.663	-1.971.147	-32.932.290	-6.826.976	14.591.263	-18.868.135	-11.017.818	37.394.654	3.095.492	-34.230.094	25.073.904
2004	-17.825.656	37.030.704	19.233.937	-49.706.341	45.093.041	-32.993.704	9.710.524	4.092.940	-34.844.780	-13.071.334	-	-



APÊNDICE D – Matrizes de variáveis, variáveis coletadas, índice de inflação utilizado para deflacionar séries e hipóteses dos testes.

### **MATRIZ DE VARIÁVEIS GERADA COM O BRAINSTORMING**

	<b>Variáveis Explicativas</b>	<b>Impacto no Consumo Industrial</b>
1	Consumo de Água	+
2	Consumo Residencial de Energia	+
3	Crédito Direto ao Consumidor	+
4	Crédito Industrial	+
5	Crédito para Micro Empresa	+
6	CUB	+
7	Déficit no Balanço de Pagamentos	-
8	Exportações Industriais	+
9	Faturamento Industrial	+
10	ICMS	+
11	Importações Industriais	+
12	Índice de Desenvolvimento Humano	+
13	Investimento Direto Estrangeiro	+
14	Nível de Desemprego (emprego)	-
15	Nível de Investimento Industrial	+
16	Nível de Serviços	+
17	Número de Dias Úteis para a Indústria	+
18	Número de Domicílios	+
19	Número de Consumidores	+
20	PIB Comercial	+
21	PIB Industrial	+
22	População Residente	+
23	Preço da Tarifa	+
24	Preço do Petróleo	+
25	Produto Interno Bruto	+
26	Renda Per Capta	+
27	Risco País	-
28	Taxa de Câmbio (Us\$/R\$)*	+ e -
29	Taxa de Inflação	-
30	Taxa de Juros (Selic)	-
31	Temperatura	+

\* Positivo para câmbio valorizado e Negativo para câmbio desvalorizado.

### **MATRIZ DAS VARIÁVEIS COLETADAS PARA ANÁLISE**

	<b>Variáveis</b>	<b>Fonte</b>
1	Horas trabalhadas na Produção Industrial (var %) - SC	FIESC
2	Utilização da Capacidade Industrial Instalada (var%) - SC	FIESC
3	Salário Líquido Real Industrial (var%) - SC	FIESC
4	Vendas Reais Industriais (var%) - SC	FIESC
5	Produção Industrial (base:1991=100) - SC	Bacen
6	Exportações Industriais - SC	FIESC
7	Importações industriais - SC	FIESC
8	Evolução do Emprego Industrial (var%) - SC	MET
9	Evolução do Emprego (var%) - SC	MET
10	Número de Dias Úteis para a Indústria	CELESC
11	Consumo Residencial de Energia (Kwh) - SC	CELESC
12	Tx Juros p/ crédito de capital de giro - fim de período (%)	IPEA
13	ICMS - SC	Bacen
14	Salário mínimo real ( R\$) - BR	IPEA
15	Taxa de Juros (Selic) - BR	IPEA
16	Taxa de Inflação IGPM (%) - BR	IPEA
17	Taxa de Câmbio (efetiva real INPC exportações) - BR	IPEA
18	Investimentos Diretos Estrangeiro (US\$ - Milhões) - BR	IPEA
19	Saldo da Balança Comercial (US\$ - Milhões) - BR	IPEA
20	Saldo do Balanço de Pagamentos (US\$ - Milhões) - BR	IPEA

**HORAS TRABALHADAS NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL EM SANTA CATARINA**  
**(Var%)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	-0.99	-2.34	-1.1	-0.47	-11.14
1994	3.16	6.88	10.21	-7.56	7.51	-3.43	1.77	4.6	-4.61	-1.14	1.71	-7.16
1995	-0.64	3.18	10.54	-12.94	10.98	-5.76	-0.69	3.52	-6.56	0.05	-3.19	-10.4
1996	2.62	6.44	2.85	-0.31	2.35	-7.05	7.32	-1.95	-5.17	3.33	-5.31	-12.99
1997	6.75	2.32	3.28	2.12	-1.79	1.44	4.65	-4.29	0.57	3.97	-8.43	-11.54
1998	2.81	3.88	5.35	-5.9	2.34	-0.64	6.43	-4.08	-1.16	0	-4.4	-10.06
1999	3.45	0.89	10.04	-7.55	3.59	1.07	3.69	0.05	-1.73	-2.7	1.31	-5.27
2000	-0.06	7.2	5.92	-7.66	7.98	-2.49	0.84	7.58	-8.73	1.97	-2.33	-7.87
2001	6.33	-0.37	9.54	-8.15	8.36	-4.08	3.01	3.78	-9.6	6.6	-5.31	-11.97
2002	8.99	1.57	1.95	6.88	-2.52	-2.15	7.15	-0.13	-4.97	5.44	-6.64	-12.84
2003	9.78	3.63	3.34	-2.18	6.74	-3.87	8.51	-3.9	1.62	3.35	-7.46	-8.71

Fonte: Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (FIESC).

**UTILIZAÇÃO DA CAPACIDADE INDUSTRIAL INSTALADA EM SANTA**  
**CATARINA (Var%)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	0.18	0.87	0.44	-1.23	-1.11
1994	-0.13	0.67	1.24	-0.48	0.22	0.33	0.77	1.64	0.38	0.29	-0.04	-0.93
1995	-0.16	0.77	0.82	-1.46	0.64	-1.75	-0.7	0.91	-0.75	0.01	-0.53	-1.69
1996	1.62	0	0.23	0.42	0.49	-0.27	0.91	0.53	0.07	0.26	-0.41	-1.55
1997	0.81	0.47	-0.73	1.33	-0.15	-1.12	0.03	-0.38	0.93	0.33	-1.43	-2.01
1998	-0.8	1.28	1.43	-0.69	0.01	-0.52	-1.05	1.57	0.21	0.78	-1.51	-0.44
1999	1.15	1	-0.36	1.13	0.8	-0.14	-0.29	0.69	0.98	-0.67	0.26	-0.96
2000	0.85	-0.13	1.46	-1.3	0.08	-1.67	-0.44	0.27	0.01	0.51	1.82	-4.06
2001	1.4	-1.01	1.24	-0.74	1.22	-0.75	-0.13	0.26	-0.93	0.87	0.07	-2.43
2002	0.63	-0.32	0.37	1.08	0.13	-0.54	-0.55	0.66	0.26	0.63	-0.73	-1.46
2003	-0.46	1.62	-0.61	-0.59	1.34	-0.55	-0.71	0.77	0.37	0.46	-0.15	-1.92

Fonte: Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (FIESC).

**SALÁRIO LÍQUIDO REAL INDUSTRIAL EM SANTA CATARINA (Var%)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	-2.25	4.86	0.24	-1.38	-7.74
1994	2.31	-0.99	7.45	1.87	6.05	-3.78	-2.35	1.91	2.84	4.6	-0.33	-3.22
1995	4.44	-0.11	5.95	2.33	6.27	-6.48	-2.59	-0.35	-2.47	1.18	-0.71	-5.96
1996	-2.76	1.89	1.15	1.64	4.17	-2.4	-0.33	0.31	0.02	3.87	-2.43	-8.01
1997	-0.67	1.21	2.79	0.12	2.76	-1.4	-1.72	0.21	-1.33	1.53	-1.47	-6.11
1998	-2.33	0.72	1.22	1.42	-0.07	-2.22	0.24	-0.54	1.56	-3.38	0	-7.01
1999	1.23	-3.77	2.45	2.04	1.32	-0.21	0.5	0.75	-0.13	-0.73	1.43	-6.44
2000	-1.85	4.64	3.29	1.34	4.12	-2.29	1.21	-1.11	-2.5	3.42	1.54	-6.2
2001	-0.79	0.87	1.71	2.64	2.48	-1.08	-0.68	-0.26	-1.38	1.86	0.02	-5.67
2002	1.04	0.1	1.63	4.18	1.92	-1.44	1.51	-1.42	0.42	1.02	-1.4	-7.88
2003	-2.25	0.11	2.55	3.05	3.66	-0.06	2.73	-1.07	-0.54	2.05	2.13	-1.26

Fonte: Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (FIESC).

**VENDAS REAIS INDUSTRIAIS EM SANTA CATARINA (Var%)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	1.83	1.9	1.48	0.94	-10.47
1994	-7.3	-0.32	15.77	-9.42	10.88	-3.54	-4.22	17.49	1.33	1.05	10.8	-10.03
1995	-10.61	1.93	21.77	-10.23	6.9	-11.11	-1.52	1.19	-7.37	6.42	3.22	-13.44
1996	-5.57	4.06	11.47	0.77	8.08	-11.41	10.71	0.71	-0.23	3.45	1.69	-13.76
1997	-3.27	3.23	5.9	13.83	-6.38	-2.14	1.97	-4.38	5.58	2.41	-8.12	-4.17
1998	-9.59	4.77	14.97	-0.08	-1.14	-6.07	5.56	-0.38	3.64	-1.94	3.37	-11.24
1999	-3.86	5.89	9.82	-7.67	-3.37	4.35	-2.69	4.78	4.7	-2.32	1.63	-14.54
2000	-12.62	15.69	9.94	-5.8	4.52	-2.24	-4.88	8.92	-4.66	1.64	6.84	-9.41
2001	-9.54	5.94	16.39	-6.12	10.54	-6.07	-3.99	12.67	-4.06	5.74	-7.28	-12.46
2002	-7.15	5.71	13.13	-3.54	1.31	-1.98	11.31	5.19	-3.08	8.76	-14.33	-12.09
2003	-11.83	10.72	-1.86	-3.77	6.68	-2.79	9.37	-3.12	0.62	6.93	-2.45	-8.81

Fonte: Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (FIESC).

**ÍNDICE DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL EM SANTA CATARINA (BASE:1991=100)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	108.32	105.7	109.71	108.38	93.82
1994	93.02	93.92	110.27	99.55	107.34	109.98	112.69	123.3	119.74	119.96	122	109.75
1995	109.84	110.69	130.29	111.79	124.96	114.97	121.23	123.17	112.99	120.81	114.62	101.02
1996	102.01	111.92	115.83	117.13	123.12	115.17	132.8	129.36	124.78	130.24	125.22	105.74
1997	110.29	116.95	123.87	129.37	123.18	129.87	136.5	133.97	138.58	141.74	129.33	110.58
1998	110.32	115.79	127.14	121.56	126.2	125.54	133.5	128.04	130.29	131.03	129.66	109.44
1999	107.91	114.21	134.81	122.63	128.85	129.31	130.59	135.64	131.14	131.15	133.07	117.59
2000	112.68	123.56	139.65	126.16	136.72	132.03	138.61	145.74	129.93	136.74	138.32	119.79
2001	117.5	119.28	139.58	129.96	142.44	139.58	147.93	153.08	137.24	152.15	143.08	116.85
2002	116.78	124.14	131.77	139.13	136.5	132.19	142.14	138.98	134.6	145.37	138.01	115.94
2003	117.75	122.16	131.54	124.73	132.27	127	135.5	130.08	137.06	144.15	134.44	118.81

Fonte: Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (FIESC).

**NÚMERO DE DIAS ÚTEIS PARA A INDÚSTRIA CATARINENSE**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	26	26	28	24	26
1994	25	24	26	24	26	25	26	27	25	25	24	27
1995	26	23	27	23	26	25	26	27	25	25	24	25
1996	26	24	26	25	26	24	27	27	24	26	24	25
1997	26	23	25	25	25	25	27	26	26	27	24	26
1998	26	23	26	24	25	25	27	26	25	26	24	26
1999	25	23	27	24	25	25	27	26	25	25	24	26
2000	25	25	26	24	26	25	26	27	25	25	24	25
2001	26	23	27	23	26	25	26	27	24	26	24	25
2002	26	23	25	26	25	25	27	27	24	26	24	25
2003	26	24	25	24	26	24	27	26	26	27	24	26

Fonte: Centrais Elétricas Santa Catarina S.A. (CELESC).

**CONSUMO RESIDENCIAL DE ENERGIA EM SANTA CATARINA (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	144.152.785	146.834.484	14.7655.856	149.787.955	153.119.222
1994	165.806.561	165.937.964	157.694.163	163.280.096	155.156.164	158.537.142	149.929.700	148.001.349	162.535.997	169.115.541	161.834.147	162.812.702
1995	190.937.073	189.022.614	188.287.638	177.932.478	173.605.945	169.412.120	180.936.382	177.094.946	192.333.180	184.315.119	187.869.470	181.266.633
1996	209.674.867	206.079.818	207.791.042	205.423.933	200.118.235	192.982.723	192.302.433	190.305.320	190.695.493	204.779.839	191.579.651	198.943.214
1997	239.446.626	232.723.755	218.055.839	211.027.888	214.178.611	201.545.040	206.848.997	208.781.407	208.303.820	216.149.587	213.238.820	204.919.046
1998	255.547.818	238.372.545	238.861.737	221.718.331	231.824.353	210.797.760	215.385.450	222.500.427	222.106.917	226.293.973	224.414.585	214.848.280
1999	269.097.788	239.045.796	253.513.326	254.417.373	230.436.234	220.503.122	228.028.817	229.412.724	237.420.028	227.762.296	226.594.706	230.540.650
2000	263.392.179	263.060.697	256.670.970	247.952.263	245.190.731	228.921.831	240.603.391	239.513.640	249.620.003	240.694.443	241.032.772	242.383.924
2001	273.598.094	286.130.827	280.280.317	270.372.177	253.663.887	231.318.836	218.907.607	228.500.259	236.199.969	228.155.325	228.297.390	240.770.603
2002	285.864.475	287.643.292	283.733.241	245.608.348	267.019.161	241.219.727	241.664.961	244.335.520	246.702.061	251.762.161	246.841.998	243.740.216
2003	285.864.475	287.643.292	283.733.241	245.608.348	267.019.161	241.219.727	241.664.961	246.380.739	233.459.802	246.474.395	255.111.888	249.617.779

Fonte: Centrais Elétricas Santa Catarina S.A. (CELESC).

**ARRECAÇÃO DE ICMS EM SANTA CATARINA (Unidade Monetária Corrente)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	6.015.109	7.665.692	10.019.534	16.179.260	21.734.394
1994	31.888.714	39.464.949	59.568.593	103.306.097	130.826.265	187.158.091	83.951	108.250	121.615	129.052	130.025	174.656
1995	143.375	107.988	148.533	151.656	144.845	140.973	130.771	131.793	138.014	148.773	143.932	143.896
1996	167.448	143.121	149.969	166.993	158.189	155.187	156.639	159.758	167.669	157.630	165.491	167.735
1997	178.638	173.634	164.334	177.247	169.844	170.051	160.437	158.294	167.182	172.467	172.180	169.122
1998	194.473	159.063	168.190	170.062	168.117	167.169	162.259	159.617	156.879	171.310	172.190	166.822
1999	181.262	166.307	180.611	192.718	179.034	183.733	177.398	185.407	194.010	197.076	221.594	215.974
2000	238.340	205.473	207.451	227.158	232.478	221.776	225.901	217.289	226.664	263.461	247.002	243.608
2001	296.769	246.415	259.082	284.113	270.197	277.071	275.305	259.244	269.352	280.926	288.681	283.201
2002	330.183	289.135	277.328	329.108	320.531	300.256	309.207	329.437	321.184	325.116	340.537	386.330
2003	387.385	367.593	375.722	391.902	382.014	381.607	354.848	354.848	409.825	409.825	340.537	340.537

Fonte: Banco Central do Brasil (Bacen).

**ÍNDICE DE INFLAÇÃO UTILIZADO PARA DEFLACIONAR A SÉRIE (IGP-M)**  
**(Var%)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	31.79	35.28	35.04	36.15	38.32
1994	39.07	40.78	45.71	40.91	42.58	45.21	40	7.56	1.75	1.82	2.85	0.84
1995	0.92	1.39	1.12	2.1	0.58	2.46	1.82	2.2	-0.71	0.52	1.2	0.71
1996	1.73	0.97	0.4	0.32	1.55	1.02	1.35	0.28	0.1	0.19	0.2	0.73
1997	1.77	0.43	1.15	0.68	0.21	0.74	0.09	0.09	0.48	0.37	0.64	0.84
1998	0.96	0.18	0.19	0.13	0.14	0.38	-0.17	-0.16	-0.08	0.08	-0.32	0.45
1999	0.84	3.61	2.83	0.71	-0.29	0.36	1.55	1.56	1.45	1.7	2.39	1.81
2000	1.24	0.35	0.15	0.23	0.31	0.85	1.57	2.39	1.16	0.38	0.29	0.63
2001	0.62	0.23	0.56	1	0.86	0.98	1.48	1.38	0.31	1.18	1.1	0.22
2002	0.36	0.06	0.09	0.56	0.83	1.54	1.95	2.32	2.4	3.87	5.19	3.75
2003	2.33	2.28	1.53	0.92	-0.26	-1	-0.42	0.38	1.18	0.38	0.49	0.61

Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

**ARRECADACÃO DE ICMS DEFLACIONADA E COM UNIDADE MONETÁRIA**  
**UNIFICADA (mil R\$)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	1.659,70	1.563,52	1.513,34	1.794,86	1.743,15
1994	1.839,03	1.616,68	1.674,71	2.061,14	1.830,70	1.803,57	1.589,12	1.905,05	2.103,45	2.192,18	2.147,51	2.860,61
1995	2.326,86	1.728,53	2.351,19	2.351,25	2.232,71	2.120,85	1.932,20	1.905,38	2.009,59	2.155,04	2.060,2	2.045,16
1996	2.339,43	1.980,34	2.066,83	2.294,11	2.139,99	2.078,18	2.069,69	2.105,00	2.207,03	2.070,96	2.169,89	2.183,38
1997	2.284,86	2.211,35	2.069,11	2.216,62	2.119,59	2.106,59	1.985,70	1.957,42	2.057,45	2.114,66	2.097,72	2.043,30
1998	2.327,24	1.900,07	2.005,29	2.024,98	1.999,02	1.980,22	1.925,33	1.897,02	1.865,97	2.035,99	2.053,02	1.980,10
1999	2.133,58	1.889,34	1.995,37	2.114,12	1.969,72	2.014,17	1.915,04	1.970,75	2.032,72	2.030,33	2.229,63	2.134,45
2000	2.326,64	1.998,80	2.015,02	2.201,38	2.245,97	2.124,52	2.130,59	2.001,53	2.063,94	2.389,92	2.234,14	2.189,65
2001	2.651,04	2.196,18	2.296,21	2.493,13	2.350,80	2.387,21	2.337,40	2.171,08	2.248,76	2.318,03	2.356,11	2.306,31
2002	2.679,27	2.344,78	2.247,00	2.651,69	2.561,33	2.362,92	2.386,82	2.485,32	2.366,27	2.306,00	2.296,20	2.510,82
2003	2.460,35	2.282,61	2.297,93	2.375,03	2.321,14	2.342,09	2.187,05	2.178,77	2.486,98	2.477,56	2.048,65	2.036,23

Fonte: Banco Central do Brasil (Bacen).

### HIPÓTESES DOS TESTES UTILIZADOS

Teste	Avaliação	H <sub>0</sub>	H <sub>a</sub>	Aceitar H <sub>0</sub>
Raiz Unitária	Não estacionaridade da série	$\beta - 1 = 0$	$\beta - 1 < 0$	$\beta = 1$
<i>AR</i>	Autocorrelação residual	Não autocorrelação	Autocorrelação	p-valor > 0,05
<i>ARCH</i>	Heterocedasticidade condicional autoregressiva	Resíduos quadrados independentes	Dependência entre os resíduos	p-valor > 0,05
<i>Normality</i>	Normalidade na distribuição dos resíduos	Normalidade na distribuição dos resíduos	Não normalidade na distribuição dos resíduos	p-valor > 0,05
<i>RESET</i>	Má especificação na forma funcional	Especificação funcional aceitável	Má especificação na forma funcional	p-valor > 0,05

Fonte: HENDRY, D.F., DOORNIK, J.A. Empirical Econometric Modelling Using: PcGive 10. vol.1, London: Timberlake Consultants Ltd., 2001.

## APÊNDICE E – Índices das variáveis coletadas

**ÍNDICE DO CONSUMO INDUSTRIAL EM SANTA CATARINA (BASE:07/93=100)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	101.37	97.51	95.83	101.83	89.57
1994	85.50	93.64	104.29	96.53	96.95	100.50	108.16	102.53	102.13	114.52	102.44	112.58
1995	91.46	108.30	122.39	105.54	112.62	110.91	107.25	100.63	105.14	113.44	108.64	101.56
1996	88.95	115.58	102.88	110.92	119.24	104.00	115.58	120.36	109.71	109.19	123.17	110.28
1997	97.17	123.07	117.87	126.74	126.40	119.86	124.98	126.24	124.73	133.09	116.75	120.68
1998	99.24	126.15	123.42	127.03	122.07	124.88	130.33	126.33	127.13	127.01	122.49	126.25
1999	101.50	127.14	131.33	129.74	132.94	128.34	133.82	132.30	136.82	133.06	129.11	136.39
2000	114.90	135.72	147.35	140.43	141.59	141.96	142.49	143.37	142.00	147.76	150.29	138.61
2001	117.38	135.37	158.50	154.93	149.31	152.45	153.71	145.56	148.39	145.63	158.92	143.59
2002	128.37	157.29	154.61	169.65	150.75	160.70	161.99	163.14	152.52	162.03	155.54	151.91
2003	135.55	167.20	170.80	161.16	155.84	162.12	159.74	155.18	163.90	170.28	156.65	160.57

**ÍNDICE DAS HORAS TRABALHADAS NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL  
(BASE:07/93=100)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	99.01	96.69	95.62	95.17	84.58
1994	87.25	93.26	102.77	95.01	102.15	98.64	100.39	105.01	100.17	99.04	100.73	93.51
1995	92.91	95.87	105.97	92.26	102.39	96.49	95.83	99.20	92.69	92.73	89.77	80.44
1996	82.54	87.86	90.36	90.08	92.20	85.70	91.98	90.19	85.53	88.37	83.68	72.81
1997	77.73	79.54	82.15	83.89	82.39	83.57	87.46	83.71	84.18	87.53	80.15	70.90
1998	72.89	75.72	79.77	75.06	76.81	76.32	81.23	77.92	77.01	77.01	73.63	66.22
1999	68.50	69.11	76.06	70.31	72.83	73.61	76.33	76.36	75.05	73.02	73.97	70.07
2000	70.03	75.07	79.51	73.42	79.28	77.31	77.96	83.87	76.55	78.06	76.24	70.24
2001	74.69	74.41	81.51	74.86	81.12	77.81	80.15	83.18	75.20	80.16	75.90	66.81
2002	72.82	73.97	75.41	80.59	78.56	76.88	82.37	82.27	78.18	82.43	76.96	67.09
2003	73.65	76.32	78.87	77.15	82.35	79.17	85.90	82.55	83.89	86.70	80.24	73.25



**ÍNDICE DA UTILIZAÇÃO DA CAPACIDADE INDUSTRIAL INSTALADA**  
**(BASE:07/93=100)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	100.18	101.05	101.49	100.24	99.13
1994	99.00	99.66	100.90	100.41	100.64	100.97	101.75	103.42	103.82	104.12	104.08	103.11
1995	102.94	103.74	104.60	103.07	103.73	101.91	101.20	102.12	101.35	101.37	100.83	99.12
1996	100.73	100.73	100.96	101.38	101.87	101.60	102.52	103.06	103.13	103.40	102.97	101.38
1997	102.20	102.68	101.94	103.29	103.14	101.98	102.01	101.62	102.56	102.90	101.43	99.40
1998	98.61	99.87	101.29	100.59	100.60	100.07	99.02	100.57	100.78	101.56	100.03	99.59
1999	100.73	101.74	101.37	102.52	103.33	103.19	102.89	103.60	104.61	103.91	104.18	103.18
2000	104.06	103.92	105.44	104.08	104.16	102.42	101.97	102.24	102.25	102.77	104.64	100.40
2001	101.81	100.77	102.03	101.27	102.51	101.74	101.61	101.87	100.93	101.81	101.88	99.41
2002	100.04	99.72	100.08	101.16	101.29	100.74	100.19	100.85	101.11	101.75	101.01	99.53
2003	99.08	100.68	100.07	99.48	100.81	100.26	99.54	100.31	100.68	101.14	100.99	99.05

**ÍNDICE DO SALÁRIO LÍQUIDO REAL PAGO NA INDÚSTRIA (BASE:07/93=100)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	97.75	102.51	102.75	101.33	93.49
1994	95.65	94.71	101.76	103.66	109.93	105.78	103.29	105.26	108.25	113.23	112.85	109.21
1995	114.06	113.93	120.71	123.51	131.26	122.75	119.57	119.15	116.20	117.58	116.74	109.79
1996	106.75	108.77	110.02	111.83	116.49	113.69	113.32	113.68	113.70	118.09	115.22	106.00
1997	105.28	106.56	109.53	109.66	112.69	111.11	109.20	109.43	107.98	109.62	108.01	101.41
1998	99.05	99.76	100.98	102.41	102.33	100.06	100.30	99.76	101.32	97.89	97.90	91.04
1999	92.16	88.68	90.86	92.71	93.94	93.74	94.21	94.92	94.80	94.10	95.45	89.30
2000	87.65	91.72	94.73	96.00	99.96	97.68	98.85	97.76	95.31	98.56	100.08	93.87
2001	93.13	93.94	95.54	98.06	100.49	99.41	98.73	98.47	97.12	98.92	98.94	93.33
2002	94.30	94.40	95.93	99.94	101.86	100.39	101.91	100.46	100.88	101.91	100.49	92.56
2003	90.48	90.58	92.89	95.73	99.23	99.17	101.88	100.79	100.25	102.30	104.48	103.16

**ÍNDICE DAS VENDAS REAIS DO SETOR INDUSTRIAL (BASE:07/93=100)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	101.83	103.77	105.30	106.29	95.16
1994	88.22	87.94	101.81	92.22	102.26	98.64	94.48	111.00	112.48	113.66	125.93	113.30
1995	101.28	103.24	125.71	112.85	120.64	107.23	105.60	106.86	98.98	105.33	108.72	94.11
1996	88.86	92.47	103.08	103.87	112.26	99.46	110.11	110.89	110.63	114.45	116.38	100.37
1997	97.09	100.23	106.14	120.82	113.12	110.69	112.87	107.92	113.95	116.69	107.21	102.73
1998	92.88	97.31	111.88	111.78	110.51	103.81	109.58	109.16	113.13	110.93	114.67	101.78
1999	97.85	103.62	113.80	105.07	101.53	105.95	103.09	108.02	113.09	110.47	112.27	95.94
2000	83.83	96.99	106.63	100.44	104.98	102.63	97.62	106.33	101.38	103.05	110.09	99.74
2001	90.22	95.57	111.24	104.42	115.43	108.42	104.10	117.30	112.53	118.99	110.33	96.59
2002	89.68	94.81	107.26	103.46	104.82	102.74	114.36	120.30	116.59	126.80	108.63	95.49
2003	84.20	93.23	91.49	88.04	93.92	91.30	99.86	96.74	97.34	104.09	101.54	92.59

**ÍNDICE DO CONSUMO RESIDENCIAL EM SANTA CATARINA (BASE:07/93=100)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	98.68	100.52	101.08	102.54	104.82
1994	113.31	103.27	100.86	109.70	103.79	95.58	100.00	98.68	100.52	101.08	102.54	104.82
1995	130.71	129.40	128.90	121.81	118.84	115.97	123.86	121.23	131.66	126.18	128.61	124.09
1996	143.54	141.07	142.25	140.63	136.99	132.11	131.64	130.28	130.54	140.18	131.15	136.19
1997	163.92	159.31	149.27	144.46	146.62	137.97	141.60	142.92	142.60	147.97	145.98	140.28
1998	174.94	163.18	163.52	151.78	158.70	144.30	147.45	152.32	152.05	154.91	153.63	147.08
1999	184.21	163.64	173.55	174.17	157.75	150.95	156.10	157.05	162.53	155.92	155.12	157.82
2000	180.31	180.08	175.71	169.74	167.85	156.71	164.71	163.96	170.88	164.77	165.00	165.93
2001	187.30	195.87	191.87	185.09	173.65	158.35	149.86	156.42	161.69	156.19	156.28	164.82
2002	195.69	196.91	194.23	168.13	182.79	165.13	165.44	167.26	168.88	172.35	168.98	166.86
2003	195.69	196.91	194.23	168.13	182.79	165.13	165.44	168.66	159.82	168.73	174.64	170.88

**ÍNDICE DO IMPOSTO SOBRE CIRCULAÇÃO DE MERCADORIAS E SERVIÇOS**  
**(BASE:08/93=100)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	100	94.21	91.18	108.14	105.03
1994	110.81	97.41	100.90	124.19	110.30	108.67	95.75	114.78	126.74	132.08	129.39	172.36
1995	140.20	104.15	141.66	141.67	134.53	127.79	116.42	114.80	121.08	129.85	124.13	123.23
1996	140.96	119.32	124.53	138.22	128.94	125.21	124.70	126.83	132.98	124.78	130.74	131.55
1997	137.67	133.24	124.67	133.56	127.71	126.93	119.64	117.94	123.97	127.41	126.39	123.11
1998	140.22	114.48	120.82	122.01	120.44	119.31	116.01	114.30	112.43	122.67	123.70	119.31
1999	128.55	113.84	120.23	127.38	118.68	121.36	115.38	118.74	122.48	122.33	134.34	128.60
2000	140.18	120.43	121.41	132.64	135.32	128.01	128.37	120.60	124.36	144.00	134.61	131.93
2001	159.73	132.32	138.35	150.22	141.64	143.83	140.83	130.81	135.49	139.67	141.96	138.96
2002	161.43	141.28	135.39	159.77	154.33	142.37	143.81	149.75	142.57	138.94	138.35	151.28
2003	148.24	137.53	138.45	143.10	139.85	141.12	131.77	131.28	149.85	149.28	123.44	122.69

$$\text{Índice de } \phi_t = \left\{ \left[ \left( \frac{\phi_t}{\phi_{t-1}} \right) - 1 \right] \cdot \text{Índice de } \phi_{t-1} \right\} + \text{Índice de } \phi_{t-1}$$

## APÊNDICE F - Significância estatística dos modelos econométricos construídos

**SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA DOS COEFICIENTES DO MOD-01**

Variável	Coefficiente	t	P valor	Variável	Coefficiente	t	P valor
Wt_1	-0.445352	-6.4	0	ICMSt_3	36607.4	4.83	0
Wt_2	-0.309358	-3.7	0	ICMSt_5	33040.2	4.1	0
Wt_3	-0.40187	-4.37	0	ICMSt_6	20685.3	2.91	0.005
Wt_4	-0.206042	-2.34	0.022	IPIt	856315	2.76	0.007
Wt_5	-0.267673	-3.33	0.001	IPIt_2	-877738	-3.09	0.003
Wt_6	-0.258581	-3.89	0	IPIt_3	857684	2.65	0.01
HTPt_5	4.26E+06	8.4	0	IPIt_4	2.46E+06	7.27	0
HTPt_6	1.09E+06	2.17	0.033	IPIt_5	-1.96E+06	-4.72	0
UCIt_1	4.19E+06	4.42	0	IPIt_6	1.05E+06	2.63	0.01
UCIt_5	-3.84E+06	-4.12	0	DUIt	6.00E+06	3.8	0
SLRt_6	1.56E+06	3.1	0.003	DUIt_1	1.04E+07	6.58	0
VRt	441992	2.35	0.021	DUIt_6	9.62E+06	5.56	0
VRt_5	531396	2.5	0.015	Seasonal	1.79E+06	0.429	0.669
VRt_6	-467349	-2.44	0.017	Seasonal_1	2.36E+07	4.24	0
CRt	-0.522054	-5.96	0	Seasonal_2	-1.26E+07	-2.16	0.034
CRt_1	0.341501	3.39	0.001	Seasonal_4	-1.06E+07	-2.56	0.013
ICMSt_2	30728.6	3.49	0.001	Seasonal_7	9.46E+06	2.16	0.034

**SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA DOS COEFICIENTES DO MOD-02**

Variável	Coefficiente	t	P valor	Variável	Coefficiente	t	P valor
Constant	2.63598	7.12	0	DISLR_1	-0.587881	-2.44	0.017
DICI_1	-0.795006	-14.5	0	DISLR_5	-0.547465	-3.05	0.003
DICI_2	-0.547261	-8.02	0	DISLR_11	-0.979043	-5.13	0
DICI_3	-0.466819	-6.69	0	DISLR_12	0.875521	4.2	0
DICI_4	-0.311463	-4.08	0	DIVR	0.356372	4.82	0
DICI_5	-0.324393	-4.02	0	DIVR_1	0.282182	3.53	0.001
DICI_6	-0.344009	-4.74	0	DIVR_4	0.224778	2.97	0.004
DICI_7	-0.173172	-3.35	0.001	DIVR_5	0.266666	3.31	0.001
DICI_11	-0.149007	-2.63	0.01	DIVR_6	0.193072	2.87	0.005
DIHTP	0.552142	3.24	0.002	DIVR_11	-0.417905	-5.26	0
DIHTP_1	0.406208	2.37	0.02	DICR	-0.349221	-6.74	0
DIHTP_8	-0.298852	-3.12	0.003	DICR_10	-0.237332	-4.84	0
DIHTP_10	-0.501645	-4.1	0	DICR_11	-0.211957	-3.77	0
DIHTP_11	0.908924	5.62	0	DIICMS-Def	0.110861	2.72	0.008
DIHTP_12	-0.591385	-3.69	0	DIICMS-Def_2	0.146773	3.25	0.002
DIUCI_2	-1.25237	-2.3	0.024	DIICMS-Def_5	-0.0980032	-2.55	0.013
DIUCI_7	1.9192	3.75	0	DIICMS-Def_6	0.154894	3.74	0
DIUCI_10	1.69159	3.24	0.002	DIICMS-Def_11	0.178664	4.87	0
DIUCI_12	1.3429	2.68	0.009	-	-	-	-

**SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA DOS COEFICIENTES DO MOD-03**

Variável	Coefficiente	t	P valor	Variável	Coefficiente	t	P valor
HTPt	-1.29E+06	-2.32	0.023	CRt	-0.314435	-3.74	0
HTPt_4	1.80E+06	3.01	0.003	CRt_1	0.373614	4.55	0
HTPt_5	3.67E+06	5.01	0	ICMSt_4	-36911.1	-4.59	0
HTPt_6	2.75E+06	6.16	0	IPIt	1.35E+06	3.02	0.003
UCIt	6.05E+06	4.66	0	IPIt_3	1.28E+06	3.66	0
UCIt_1	4.57E+06	3.46	0.001	IPIt_4	1.97E+06	4.34	0
SLRt_4	-2.73E+06	-5.36	0	IPIt_5	-1.38E+06	-2.99	0.004
VRt_1	-439341	-2.3	0.024	DUIt	1.27E+07	5.92	0
VRt_4	457432	2.19	0.031	DUIt_1	6.16E+06	3.13	0.002

**SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA DOS COEFICIENTES DO MOD-04**

Variável	Coefficiente	t	P valor	Variável	Coefficiente	t	P valor
Wt_1	-0.54298	-6.79	0	CRt	-0.278469	-3.56	0.001
Wt_2	-0.348286	-3.65	0	ICMSt_3	24079.4	2.94	0.004
Wt_3	-0.406121	-3.83	0	IPIt	1.24E+06	3.85	0
Wt_4	-0.202498	-2	0.049	IPIt_3	817640	2.39	0.019
Wt_5	-0.204586	-2.73	0.008	IPIt_4	2.35E+06	5.96	0
HTPt_5	1.67E+06	4.05	0	DUIt	6.73E+06	3.43	0.001
UCIt	3.64E+06	2.8	0.006	DUIt_1	7.64E+06	4.47	0
UCIt_1	4.46E+06	3.38	0.001	DUIt_6	9.40E+06	5.26	0

**SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA DOS COEFICIENTES DO MOD-05**

Variável	Coefficiente	t	P valor	Variável	Coefficiente	t	P valor
DVD_1	-0.673988	-9.17	0	VR_1	551601	2.19	0.031
DVD_2	-0.340701	-4.57	0	DUI	1.04E+07	5.93	0
DVD_6	-0.152548	-2.58	0.011	DUI_2	-9.60E+06	-6.53	0
HTTP_3	1.40E+06	2.78	0.007	DUI_3	-7.15E+06	-3.7	0
HTTP_4	1.69E+06	3.77	0	DUI_6	6.51E+06	4.41	0
HTTP_5	1.08E+06	2.57	0.012	DICMS-D_1	15972.9	2.04	0.044
UCI	4.16E+06	2.76	0.007	DICMS-D_2	18262.3	2.08	0.041
UCI_4	5.02E+06	2.68	0.009	DCR	-0.274718	-2.35	0.021
SLR_1	-2.25E+06	-3.08	0.003	DCR_1	0.560801	4.71	0
SLR_3	-2.24E+06	-2.71	0.008	DCR_2	0.316891	2.74	0.007
SLR_4	-2.11E+06	-3.24	0.002	DCR_6	-0.315858	-3.17	0.002
SLR_6	2.15E+06	3.66	0	-	-	-	-

**SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA DOS COEFICIENTES DO MOD-06**

Variável	Coefficiente	t	P valor	Variável	Coefficiente	t	P valor
DVD_1	-0.602162	-8.33	0	IPI_3	845700	2.93	0.004
DVD_2	-0.216015	-3.08	0.003	IPI_4	1.31E+06	4.59	0
DVD_4	-0.149353	-2.61	0.01	IPI_5	-1.28E+06	-4.88	0
DVD_6	-0.171041	-3.11	0.002	DUI	1.12E+07	7.19	0
HTTP_1	-2.64E+06	-4.52	0	DUI_1	7.86E+06	4.98	0
UCI	6.18E+06	4.15	0	DUI_2	-1.37E+07	-8.08	0
UCI_4	4.41E+06	2.57	0.012	DUI_3	-9.56E+06	-5.18	0
SLR_2	2.14E+06	3.27	0.002	DUI_5	3.58E+06	2.28	0.025
SLR_3	-1.63E+06	-2.54	0.013	DCR	-0.319159	-2.77	0.007
SLR_4	-2.96E+06	-4.83	0	DCR_1	0.620402	4.1	0
SLR_6	2.11E+06	4.06	0	DCR_2	0.394863	2.85	0.005
IPI_1	1.01E+06	2.73	0.008	DCR_6	-0.403985	-4.04	0
IPI_2	-1.73E+06	-3.95	0	DICMS-D_6	28293.6	4.17	0

**SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA DOS COEFICIENTES DO MODELO DE COMBINAÇÃO POR REGRESSÃO**

Variável	Coefficiente	t	P valor	Variável	Coefficiente	t	P valor
DMod 03	0.0971734	2.44	0.016	DARIMA	-0.214093	-4.35	0
DMod 05	0.240122	4.3	0	Res Mod 04	0.270596	3.26	0.002
DMod 06	0.532676	6.7	0	Res Mod 06	0.523661	3.84	0
DHW	0.257079	2.99	0.004	Res ARIMA	222.964	2.62	0.01

APÊNDICE G – Valores utilizados para desazonalizar a série de consumo industrial e a série desazonalizada

**MÉDIAS E ÍNDICES SAZONAIS UTILIZADOS PARA DESAZONALIZAR O CONSUMO INDUSTRIAL EM SANTA CATARINA**

Mês	Média do Mês	Média Geral	Índice Sazonal
Janeiro	339.690.224		0.817090036
Fevereiro	413.217.712		0.993952877
Março	427.312.650		1.027856807
Abril	423.864.588		1.019562845
Mai	419.067.697		1.008024415
Junho	418.426.123		1.006481174
Julho	428.785.627	415.731.693	1.0313999
Agosto	421.609.945		1.014139534
Setembro	420.596.518		1.011701839
Outubro	434.545.240		1.045254061
Novembro	424.290.969		1.020588461
Dezembro	417.373.024		1.003948052

**VALOR DESAZONALIZADO DO CONSUMO INDUSTRIAL (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1993	-	-	-	-	-	-	-	320.333.812	308.878.852	293.804.434	319.747.073	285.907.066
1994	335.333.190	301.905.296	325.138.404	303.400.130	308.226.493	319.973.279	336.058.039	324.001.446	323.500.750	351.105.942	321.664.952	359.345.152
1995	358.697.210	349.184.781	381.575.971	331.738.116	358.037.868	353.128.475	333.220.186	317.973.850	333.028.623	347.776.461	341.134.661	324.187.088
1996	348.840.360	372.648.213	320.755.393	348.642.539	379.076.137	331.122.795	359.112.314	380.318.815	347.508.619	334.755.802	386.735.213	352.028.637
1997	381.085.898	396.781.617	367.495.168	398.349.949	401.820.938	381.619.109	388.308.702	398.914.206	395.075.894	408.024.712	366.602.968	385.202.762
1998	389.228.833	406.707.521	384.781.245	399.260.475	388.069.355	397.620.051	404.925.880	399.181.443	402.702.845	389.384.201	384.602.038	402.980.121
1999	398.072.877	409.904.091	409.467.887	407.780.470	422.618.936	408.626.424	415.776.905	418.058.061	433.394.426	407.953.924	405.398.057	435.339.840
2000	450.627.375	437.566.476	459.397.647	441.389.302	450.125.703	451.988.970	442.725.150	453.042.194	449.794.362	453.020.872	471.915.141	442.445.553
2001	460.356.376	436.444.030	494.161.739	486.973.282	474.680.511	485.397.880	477.566.853	459.951.372	470.035.669	446.488.241	499.000.796	458.335.896
2002	503.464.322	507.118.871	482.032.384	533.239.238	479.236.597	511.646.342	503.309.093	515.504.961	483.111.076	496.760.164	488.401.531	484.911.269
2003	531.610.490	539.056.035	532.511.092	506.543.429	495.424.393	516.193.606	496.313.808	490.370.583	519.164.667	522.046.611	491.861.573	512.540.613

Fonte: Centrais Elétricas Santa Catarina S/A.

## APÊNDICE H – Resíduos dos modelos econométricos construídos

**RESÍDUOS DO MOD-01 (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1995	-	-	-	10.291.527	10.203.872	-13.441.418	-7.767.990	-3.127.804	-8.023.075	-3.475.909	1.944.490	13.406.147
1996	2.128.113	-1.186.323	-11.556.559	14.279.773	6.278.728	-4.841.272	6.911.675	6.328.623	-7.213.964	-6.503.022	13.141.217	-3.695.138
1997	3.295.668	7.191.944	12.316.224	16.856.675	15.209.151	1.369.311	-12.195.496	9.537.153	7.409.990	-10.687.934	-27.247.097	-14.141.529
1998	475.543	-8.446.324	-17.205.212	-7.785.702	11.454.192	6.364.439	3.641.959	9.418.742	-11.980.287	-2.231.113	3.979.494	833.709
1999	-2.253.658	4.399.356	-1.817.988	4.569.592	-4.032.848	-5.031.246	-6.313.058	-6.436.369	10.123.305	1.997.410	7.157.711	-12.224.226
2000	13.735.052	-4.204.039	-5.673.243	8.719.264	-4.251.395	16.662.315	-13.903.695	-9.193.958	4.758.365	7.059.398	4.398.157	-4.941.021
2001	-13.527.378	-5.965.577	2.957.791	7.295.942	-10.497.093	-4.702.540	-10.693.555	-3.229.486	-8.355.785	-17.601.391	8.622.859	19.310.349
2002	4.323.428	-121.915	14.809.975	3.963.704	-8.013.884	11.083.932	-4.452.490	6.195.229	-4.965.081	10.266.182	-20.204.932	-2.302.123
2003	5.091.029	8.332.879	6.169.012	-7.016.588	-16.350.724	-2.711.670	-6.985.096	-9.492.130	-8.235.282	8.795.374	-9.467.630	5.713.389

**RESÍDUOS DO MOD-02 (BASE:07/93=100)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-2.301	3.906	-1.869	-2.228
1995	6.153	1.112	-1.685	-2.056	-0.838	-0.761	0.814	-2.196	0.470	3.212	-0.876	1.836
1996	3.040	-0.626	-4.973	-2.910	-0.546	3.584	-0.575	2.963	-0.543	-0.203	3.127	2.068
1997	-1.171	2.093	-5.634	4.015	0.317	-1.042	2.572	0.340	2.649	1.996	-4.739	0.876
1998	-3.734	-3.212	-4.252	1.516	-3.457	1.467	2.090	1.688	-2.193	-3.096	3.756	-4.054
1999	-3.184	-4.095	2.008	-1.498	1.638	0.184	2.806	0.203	1.330	0.083	-3.498	1.057
2000	-1.588	-1.452	3.028	-4.123	6.329	-1.155	3.848	-0.942	1.173	0.385	2.186	-4.326
2001	-4.452	-4.410	7.178	4.727	-3.595	0.441	-2.380	-3.352	0.226	-0.895	4.868	1.345
2002	2.233	4.943	-1.86	1.009	0.074	1.411	-1.259	3.661	-3.027	0.796	-2.709	2.768
2003	-1.019	1.379	2.595	-0.015	1.136	-4.335	-1.745	3.037	1.472	-1.423	-3.012	-2.096

**RESÍDUOS DO MOD-03 (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1995	-	-	-	14.008.056	6.339.381	-12.114.857	-6.964.254	13.823.553	9.653.557	-13.253.110	19.948.723	2.810.807
1996	-17.132.495	-3.683.701	-20.990.265	-57.113	-4.515.711	-4.100.475	1.980.611	16.175.526	-11.008.074	-22.191.549	27.455.378	3.479.682
1997	1.179.349	21.953.673	-1.947.806	10.180.248	-4.686.452	-891.054	-16.814.715	-5.423.371	2.110.945	-18.136.115	-26.041.340	8.041.305
1998	1.321.681	17.520.965	-12.123.043	21.153.880	10.544.138	-6.290.199	6.474.314	14.729.714	-10.753.718	11.337.254	1.679.390	-4.402.494
1999	-5.073.451	1.344.692	-9.594.289	-17.551.823	-10.744.700	-1.054.936	6.669.569	29.085.155	2.165.459	5.909.954	227.074	-20.852.424
2000	20.068.732	1.371.053	-14.875.799	-2.080.931	-14.035.609	28.304.061	-1.780.591	-7.711.042	508.370	10.847.556	3.164.663	-12.042.832
2001	-1.811.997	14.592.420	7.242.392	5.017.945	-19.584.036	-1.806.204	-22.045.566	6.794.104	-6.985.860	-24.082.536	27.771.163	5.138.302
2002	25.382.948	6.990.794	-10.949.689	782.930	-17.584.421	22.113.651	-1.859.639	11.713.286	-4.915.641	26.576.130	-36.504.121	5.927.211
2003	-11.344.869	11.252.480	108.878	-23.334.031	-5.280.073	6.849.702	-146.917	4.198.976	-5.355.692	1.911.537	-20.692.396	27.583.647



**RESÍDUOS DO MOD-04 (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1995	-	-	-	-4.113.219	4.171.291	-18.338.924	-31.453.097	6.107.208	-7.301.574	-1.754.331	24.723.330	-5.576.027
1996	-735.448	3.317.344	-10.809.348	4.174.061	-1.038.390	-3.401.027	12.312.654	25.757.767	-6.655.496	-36.905.781	12.566.799	24.184.414
1997	-4.823.490	14.291.653	26.528.109	15.344.624	-12.231.506	2.857.509	1.239.483	-3.697.712	3.266.709	-9.115.202	-21.795.749	1.422.773
1998	-19.964.991	3.728.314	-18.460.533	4.153.957	14.091.442	-4.007.069	8.300.635	3.950.878	-1.020.322	4.647.846	4.185.704	5.271.724
1999	-5.021.165	17.301.232	-4.258.262	-2.443.550	-7.248.905	-6.875.468	-6.361.632	-2.709.254	17.531.529	11.031.986	-1.294.035	-15.608.721
2000	30.617.377	3.744.507	3.401.762	4.943.840	-11.882.882	16.430.520	-16.338.810	-15.159.846	10.562.927	2.964.623	15.302.140	-10.887.030
2001	-10.583.361	-2.832.352	11.498.727	10.144.811	-22.126.562	10.259.328	-9.478.678	-7.792.746	-20.555.043	-32.231.149	11.126.384	13.099.545
2002	15.420.760	36.907.988	3.697.243	6.585	-10.762.797	15.890.557	1.381.958	6.278.423	-3.016.140	31.294.166	-24.951.795	-6.267.347
2003	-84.98.971	5.451.857	24.484.827	-19.704.316	-24.024.863	-17.155.811	-6.869.817	-4.887.298	2.910.779	7.170.501	-16.040	18.047.307

**RESÍDUOS DO MOD-05 (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1994	-	-	-5.055.385	-9.090.204	-5.581.306	-9.705.594	26.851.862	-10.039.867	-21.473.401	24.896.929	-16.990.990	4.277.869
1995	9.788.673	10.463.696	24.748.443	-5.432.138	14.681.809	2.387.781	-20.756.758	-24.303.983	-9.257.980	16.081.722	10.194.236	-13.108.901
1996	-4.315.537	9.006.679	-16.100.961	-907.547	12.195.285	-333.029	4.032.218	1.791.702	2.331.249	-11.763.893	22.326.988	4.108.174
1997	9.177.036	1.354.895	-7.780.571	6.255.680	12.066.221	4.733.913	-11.132.423	1.010.787	-2.755.585	1.453.705	-20.758.410	10.436.873
1998	-6.234.661	5.442.078	-4.789.736	9.761.265	2.041.975	-14.294.185	1.078.849	3.182.472	-1.800.924	-15.751.739	-1.458.942	-3.830.855
1999	-2.168.916	-8.661.911	-5.690.259	-2.783.950	2.821.624	-5.360.886	5.285.641	668.770	15.544.581	-10.478.819	-11.399.652	5.498.793
2000	6.240.859	-8.588.363	-1.956.984	3.291.497	9.618.317	16.133.419	8.508.210	-5.343.424	-9.513.923	15.073.529	14.377.486	-13.214.698
2001	-22.536.859	-16.583.513	8.590.356	33.223.022	-6.085.982	385.450	1.772.696	-1.430.142	380.708	-25.332.099	26.097.964	115.692
2002	15.367.431	-1.235.341	-3.841.969	193.437	-1.378.789	13.198.352	-79.030	11.580.806	-19.166.605	-4.911.362	-11.877.580	1.326.445
2003	13.512.871	1.483.642	14.066.329	-23.698.037	-24.245.467	-6.723.029	9.342.166	-2.850.077	610.629	1.488.991	-6.356.870	14.412.062

**RESÍDUOS DO MOD-06 (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1994	-	-	3.410.439	6.195.604	-14.031.755	5.521.024	18.273.260	2.183.378	-11.134.414	18.052.530	-14.897.604	-3.199.526
1995	6.324.477	-5.882.129	6.835.215	-9.004.950	6.572.197	-11.528.672	-6.563.653	-18.281.232	-3.015.131	14.876.255	3.313.369	-4.344.294
1996	-11.152.950	11.576.524	-9.521.922	-9.734.996	17.039.148	-8.862.668	-2.535.600	426.620	713.252	-10.351.483	10.808.727	-1.300.924
1997	952.741	12.908.871	-8.917.168	7.653.612	6.895.442	4.631.521	-1.055.333	-5.533.309	1.452.342	-10.180.981	-16.984.220	15.411.739
1998	-8.259.599	2.246.855	965.685	17.850.039	-6.573.234	-5.161.461	2.351.968	1.360.460	-6.596.209	-18.778.483	-545.846	7.197.722
1999	-4.797.522	-11.510.805	-5.873.038	-229.343	-193.546	-3.542.585	-2.296.478	-6.073.076	17.192.602	1.360.004	-10.024.872	8.674.081
2000	14.991.127	-14.233.599	-8.061.681	4.397.693	8.656.830	21.254.547	159.992	-1.428.949	2.221.736	14.728.646	11.476.032	-12.800.007
2001	-18.214.384	-752.804	13.229.274	15.125.545	4.318.290	-248.383	-13.637.658	2.816.350	11.808.937	-31.208.345	13.801.518	-6.323.936
2002	14.886.986	-3.517.353	-2.342.377	4.836.304	928.752	13.429.740	2.165.039	6.169.697	-16.032.778	5.862.803	-16.806.248	2.450.338
2003	17.916.165	7.123.828	12.068.582	-12.999.024	-17.453.390	-12.085.661	18.320.716	-2.426.363	-9.247.074	4.589.091	986.509	6.637.831

APÊNDICE I – Resultados dos testes de especificação dos modelos econométricos  
construídos

**RESULTADOS DOS TESTES DE ESPECIFICAÇÃO DOS MODELOS DINÂMICOS**

Modelo	AR	p valor	ARCH	p valor	Normalidade	p valor	Heterocedasticia	p valor	RESET	p valor
MOD-01	0,72634	0,6502	0,65064	0,7123	1,4338	0,4883	0,23505	0,9997	0,46964	0,4954
MOD-02	0,95919	0,46679	0,94012	0,4827	1,8761	0,3914	0,045863	1,000	0,044715	0,8331
MOD-03	1,0856	0,3804	0,72321	0,6527	0,094758	0,9537	1,4040	0,1323	3,7113	0,0573
MOD-04	0,78265	0,6037	1,3777	0,2272	0,64803	0,7232	0,76484	0,7912	1,9392	0,1673
MOD-05	1,7928	0,0987	0,69925	0,6725	0,50322	0,7775	0,94352	0,5777	0,59151	0,4438
MOD-06	1,2625	0,2787	0,26118	0,9670	0,72128	0,6972	0,76795	0,8146	0,010353	0,9192
Modelo Combinado	1,1121	0,3617	0,68628	0,6612	3,1422	0,2078	0,79484	0,6869	0,26301	0,8715

APÊNDICE J – Previsões e discrepâncias dos modelos econométricos construídos

**PREVISÕES GERADAS COM O MOD-01 (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1995	-	-	402.137.284	327.936.303	361.311.487	368.858.579	351.451.289	316.254.303	354.292.124	366.990.599	346.213.638	301.456.281
1996	282.905.831	335.565.785	377.262.514	341.183.191	386.443.825	338.110.086	363.476.632	370.024.546	368.132.342	356.407.824	381.556.448	346.509.011
1997	308.085.818	351.174.992	401.431.557	389.286.041	400.440.734	382.723.100	412.697.062	385.674.200	401.632.266	437.177.584	401.397.769	390.260.564
1998	317.559.539	376.679.020	448.720.597	414.856.903	390.333.586	393.832.656	413.998.588	386.063.514	428.738.914	409.236.473	388.540.913	393.132.926
1999	327.514.985	367.010.640	458.707.783	411.188.273	440.647.452	416.306.068	435.145.325	421.062.261	437.685.954	424.418.089	406.586.827	438.678.380
2000	354.468.045	403.109.172	513.883.680	441.304.798	468.593.572	438.256.107	470.530.382	459.298.487	459.642.916	466.462.445	477.232.983	438.528.869
2001	389.679.998	403.755.052	540.985.035	489.203.929	499.591.135	493.246.364	503.255.911	460.341.077	493.235.023	484.295.057	500.651.641	430.230.577
2002	407.052.229	468.158.905	516.665.606	539.707.153	501.700.667	503.878.374	523.565.373	507.255.526	503.072.706	508.974.327	518.662.016	478.523.234
2003	429.282.637	491.448.058	577.191.568	523.469.442	526.355.016	522.250.916	518.883.037	497.452.951	542.818.503	536.876.057	511.455.767	498.246.317
2004	451.722.246	485.039.958	619.629.017	565.324.182	493.687.266	549.182.788	570.646.528	524.255.335	549.494.432	548.003.892	501960179.7	554420773

**DISCREPÂNCIAS DAS PREVISÕES DO MOD-01 (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1995	-	-	-9.931.825	10.291.554	-400.575	-13.441.417	-7.768.022	6.215.549	-17.366.454	-3.475.841	1.944.461	24.010.715
1996	2.128.151	34.828.978	-47.571.900	14.279.788	-4.325.824	-4.841.227	6.911.773	15.671.800	-16.557.233	-6.502.963	13.141.048	6.909.453
1997	3.295.672	43.207.238	-23.699.147	16.856.766	4.604.582	1.369.349	-12.195.505	18.880.467	-1.933.258	-10.688.097	-27.247.010	-3.537.001
1998	475.462	27.569.090	-53.220.575	-7.785.756	849.798	6.364.440	3.641.924	18.762.169	-21.323.705	-2.231.056	3.979.490	11.438.182
1999	-2.253.604	40.414.710	-37.833.428	4.569.543	-14.637.246	-5.031.264	-6.313.067	2.906.946	779.984	1.997.407	7.157.752	-1.619.796
2000	13.735.093	31.811.287	-41.688.682	8.719.334	-14.855.874	16.662.282	-13.903.706	149.512	-4.585.133	7.059.461	4.398.164	5.663.482
2001	-13.527.390	30.049.747	-33.057.528	7.295.936	-21.101.591	-4.702.536	-10.693.506	6.113.793	-17.699.072	-17.601.410	8.622.813	29.914.853
2002	4.323.452	35.893.356	-21.205.339	3.963.762	-18.618.477	11.084.037	-4.452.425	15.538.435	-14.308.342	10.266.252	-20.205.049	8.302.490
2003	5.090.997	44.348.239	-29.846.418	-7.016.583	-26.955.132	-2.711.769	-6.985.025	-148.757	-17.578.655	8.795.283	-9.467.521	16.317.833
2004	-14.162.752	58.086.240	-33.483.882	-32.619.388	70.939.569	-9.702.657	-15.562.873	29.088.260	-32.214.617	-31.001.411	35.834.363	-37.895.807

**PREVISÕES GERADAS COM O MOD-02 (BASE:07/93=100)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	104.43	110.61	104.31	114.81
1995	85.31	107.19	124.08	107.60	113.46	111.67	106.44	102.83	104.67	110.23	109.52	99.72
1996	85.91	116.21	107.85	113.83	119.79	100.42	116.16	117.40	110.25	109.39	120.04	108.21
1997	98.34	120.98	123.50	122.73	126.08	120.90	122.41	125.90	122.08	131.09	121.49	119.80
1998	102.97	129.36	127.67	125.51	125.53	123.41	128.24	124.64	129.32	130.11	118.73	130.30
1999	104.68	131.23	129.32	131.24	131.30	128.16	131.01	132.10	135.49	132.98	132.61	135.33
2000	116.49	137.17	144.32	144.55	135.26	143.11	138.64	144.31	140.83	147.37	148.10	142.94
2001	121.83	139.78	151.32	150.20	152.90	152.01	156.09	148.91	148.16	146.52	154.05	142.24
2002	126.14	152.35	156.47	168.64	150.68	159.29	163.25	159.48	155.55	161.23	158.25	149.14
2003	136.57	165.82	168.20	161.18	154.70	166.46	161.48	152.14	162.43	171.70	159.66	162.67
2004	128.09	171.78	174.63	184.00	152.07	180.12	171.99	171.61	162.95	156.43	152.72	176.91

**DISCREPÂNCIAS DAS PREVISÕES DO MOD-02 (BASE:07/93=100)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-1.901	-8.484	10.211	-12.368
1995	27.273	-15.728	-15.775	14.794	-7.918	0.949	4.474	4.424	-4.040	-5.088	3.924	8.916
1996	15.650	-27.256	7.727	-10.950	-8.866	18.824	-12.155	-1.8175	10.107	0.317	-10.853	14.958
1997	11.939	-23.807	-0.434	-4.855	0.657	5.498	-2.548	-0.920	4.159	-6.364	11.601	-3.054
1998	17.706	-30.122	-1.522	-2.094	1.503	-1.343	-3.360	5.688	-2.993	-2.976	8.276	-7.814
1999	21.566	-29.735	-2.182	0.092	-1.562	4.784	-2.674	1.723	-3.190	3.843	0.452	-6.223
2000	19.902	-22.272	-8.602	2.796	5.169	-1.525	3.318	-1.822	2.543	-5.375	-0.344	7.354
2001	16.778	-22.400	-15.952	8.297	2.025	-2.699	-3.640	4.798	-2.604	1.865	-8.422	16.675
2002	17.453	-23.977	0.817	-14.031	18.974	-8.539	-2.549	2.511	7.593	-8.714	3.781	6.398
2003	15.341	-30.271	-1.005	9.625	6.456	-10.615	0.635	7.597	-7.248	-7.803	10.618	-6.016
2004	32.481	-35.239	-5.148	-1.088	14.158	-3.930	-3.642	1.605	9.725	4.991	8.616	-9.090

**PREVISÕES GERADAS COM O MOD-03 (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1995	-	-	432.763.547	324.219.705	354.571.593	367.531.955	350.647.553	308.646.275	327.272.095	376.767.891	328.209.367	322.656.182
1996	302.166.525	374.078.546	350.680.758	355.520.248	386.633.604	337.369.377	368.407.790	369.520.831	362.583.189	372.96.384	367.242.148	349.938.705
1997	310.202.148	372.428.562	379.680.195	395.962.579	409.731.765	384.983.564	417.316.192	409.978.075	397.588.076	444.625.616	400.192.047	378.682.236
1998	316.713.348	386.727.119	407.623.065	385.917.246	380.639.323	406.487.256	411.166.242	390.095.924	418.167.933	395.668.160	390.841.057	408.973.604
1999	330.334.825	406.080.659	430.468.710	433.309.556	436.754.892	412.329.754	422.162.662	394.884.094	436.300.442	420.505.555	413.517.509	457.911.052
2000	348.134.343	433.549.498	487.070.675	452.105.109	467.773.276	426.614.327	458.407.298	467.159.054	454.549.390	462.674.345	478.466.470	456.235.196
2001	377.964.631	419.212.304	500.685.208	491.481.850	498.073.641	490.350.018	514.607.966	459.660.825	482.521.734	490.776.257	481.503.206	455.007.121
2002	385.992.736	497.061.511	506.409.840	542.888.136	500.666.540	492.848.774	520.972.562	511.080.660	493.680.070	492.664.384	534.961.211	480.898.430
2003	445.718.559	524.543.818	547.236.217	539.786.817	504.680.044	512.689.421	512.044.936	493.105.201	530.595.660	543.759.779	522.680.559	486.980.580
2004	487.437.538	482.834.557	612.962.841	549.777.634	520.446.291	569.974.154	565.966.047	539.553.084	542.923.743	539.127.805	477.337.002	556.052.788

**DISCREPÂNCIAS DAS PREVISÕES DO MOD-03 (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1995	-	-	-40.558.087	14.008.153	6.339.319	-12.114.793	-6.964.286	13.823.577	9.653.575	-13.253.133	19.948.732	2.810.814
1996	-17.132.543	-3.683.783	-20.990.144	-57.269	-4.515.603	-4.100.518	1.980.615	16.175.515	-11.008.080	-22.191.523	27.455.348	3.479.759
1997	1.179.342	21.953.669	-1.947.785	10.180.228	-4.686.449	-891.115	-16.814.635	-5.423.408	2.110.932	-18.136.129	-26.041.288	8.041.328
1998	1.321.653	17.520.991	-12.123.043	21.153.900	10.544.061	-6.290.160	6.474.270	14.729.759	-10.752.724	11.337.257	1.679.345	-4.402.496
1999	-5.073.444	1.344.691	-9.594.355	-17.551.740	-10.744.686	-1.054.951	6.669.596	29.085.113	2.165.496	5.909.941	227.070	-20.852.468
2000	20.068.795	1.370.960	-14.875.677	-2.080.977	-14.035.578	28.304.062	-1.780.622	-7.711.055	508.393	10.847.561	3.164.677	-12.042.844
2001	-1.812.023	14.592.495	7.242.299	5.018.015	-19.584.097	-1.806.190	-22.045.561	6.794.045	-6.985.783	-24.082.610	27.771.248	5.138.309
2002	25.382.945	6.990.750	-10.949.573	782.779	-17.584.350	22.113.637	-1.859.614	11.713.301	-4.915.706	26.576.195	-36.504.244	5.927.294
2003	-11.344.925	11.252.479	108.933	-23.333.957	-5.280.160	6.849.726	-146.925	4.198.993	-5.355.812	1.911.561	-20.692.313	27.583.571
2004	-49.878.044	60.291.641	-26.817.706	-17.072.840	44.180.544	-30.494.023	-10.882.392	13.790.511	-25.643.928	-22.125.324	60.457.541	-39.527.822

**PREVISÕES GERADAS COM O MOD-04 (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1995	-	-	375.780.310	342.341.094	356.739.634	373.756.104	375.136.376	316.362.672	344.227.238	365.269.013	323.434.809	331.042.988
1996	285.769.406	367.077.392	340.499.989	351.288.872	383.156.372	336.669.911	358.075.706	359.938.609	358.230.590	386.810.699	382.130.722	329.234.028
1997	316.205.015	380.090.589	351.204.264	390.798.166	417.276.886	381.234.888	399.262.126	408.252.394	396.432.229	435.604.712	395.946.519	385.300.822
1998	338.000.004	400.519.777	413.960.521	402.917.193	377.091.924	404.204.172	409.339.868	400.874.798	408.435.576	402.357.552	388.334.660	399.299.370
1999	330.282.534	390.124.132	425.132.617	418.201.392	433.259.093	418.150.273	435.193.956	426.678.402	420.934.424	415.383.529	415.038.584	452.667.311
2000	337585757.2	431175938.6	468793284.3	445080289.8	465620575.4	438487916.8	472965421.7	474607835.8	444494928.1	470557222.9	466329015.2	455079402.8
2001	386.735.968	436.637.174	496.428.734	486.355.045	500.616.080	478.284.494	502.041.082	474.247.654	496.091.007	498.924.753	498.148.118	447.045.900
2002	395.954.899	467.144.293	491.763.024	543.664.277	493.845.040	499.071.864	517.730.975	516.515.583	491.780.432	487.946.415	523.408.775	493.093.029
2003	442.872.628	530.344.408	522.860.356	536.157.232	523.424.740	536.694.919	518.767.820	502.191.490	522.329.016	538.500.856	502.004.295	496.516.841
2004	474.285.831	511.128.960	577.027.254	568.864.801	502.452.439	558.860.673	562.846.472	532.719.214	554.115.809	544.911.466	526.385.508	561.070.088

**DISCREPÂNCIAS DAS PREVISÕES DO MOD-04 (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1995	-	-	16.425.149	-4.113.237	4.171.278	-18.338.942	-31.453.109	6.107.180	-7.301.568	-1.754.255	24.723.290	-5.575.992
1996	-735.424	3.317.371	-10.809.375	4.174.107	-1.038.371	-3.401.052	12.312.699	25.757.737	-6.655.481	-36.905.838	12.566.774	24.184.436
1997	-4.823.525	14.291.641	26.528.146	15.344.641	-12.231.570	2.857.561	1.239.431	-3.697.727	3.266.779	-9.115.225	-21.795.760	1.422.741
1998	-19.965.003	3.728.333	-18.460.499	4.153.953	14.091.460	-4.007.075	8.300.644	3.950.885	-1.020.367	4.647.865	4.185.742	5.271.738
1999	-5.021.152	17.301.218	-4.258.262	-2.443.576	-7.248.887	-6.875.470	-6.361.697	-2.709.195	17.531.514	11.031.967	-1.294.005	-15.608.727
2000	30.617.381	3.744.519	3.401.714	4.943.842	-11.882.877	16.430.472	-16.338.746	-15.159.837	10.562.855	2.964.683	15.302.132	-10.887.052
2001	-10.583.360	-2.832.375	11.498.773	10.144.820	-22.126.536	10.259.334	-9.478.677	-7.792.784	-20.555.056	-32.231.106	11.126.336	13.099.530
2002	15.420.783	36.907.968	3.697.243	6.638	-10.762.850	15.890.547	1.381.973	6.278.378	-3.016.068	31.294.164	-24.951.808	-6.267.305
2003	-8.498.994	5.451.889	24.484.794	-19.704.372	-24.024.856	-17.155.772	-6.869.808	-4.887.296	2.910.832	7.170.484	-16.049	18.047.309
2004	-36.726.337	31.997.238	9.117.881	-36.160.007	62.174.396	-19.380.542	-7.762.817	20.624.381	-36.835.994	-27.908.984	11.409.035	-44.545.122

**PREVISÕES GERADAS COM O MOD-05 (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1994	-	-	339.391.587	318.603.228	316.325.476	331.815.203	318.914.871	338.764.105	349.010.639	340.970.941	345.628.001	356.468.728
1995	285.089.404	336.672.464	366.767.269	343.766.004	346.110.838	353.013.560	365.091.402	347.117.077	346.291.633	346.704.922	337.753.616	338.627.304
1996	288.559.845	361.442.202	346.239.777	356.387.913	369.824.426	333.603.711	366.229.160	383.878.943	349.216.257	362.200.702	371.910.505	349.293.755
1997	303.882.663	393.035.243	385.729.443	399.764.357	392.881.861	379.327.496	411.983.123	403.529.222	402.486.477	424.969.564	395.336.227	376.245.109
1998	323.128.944	398.838.642	400.422.897	397.118.564	389.124.588	414.583.557	416.527.401	401.597.853	409.236.823	423.469.598	394.009.016	408.416.747
1999	327.033.270	416.034.572	426.722.786	418.595.867	423.165.548	416.670.058	423.380.237	423.290.648	422.739.070	437.368.152	425.378.579	431.537.741
2000	363.103.498	443.456.512	474.206.177	446.667.932	444.041.755	438.680.047	447.850.948	464.866.584	464.682.672	457.765.865	466.957.298	457.458.899
2001	394.566.935	450.287.700	499.097.511	462.626.594	484.623.932	488.155.515	490.733.660	467.904.826	475.150.439	493.171.762	482.638.811	460.028.977
2002	398.818.765	505.279.828	499.408.977	543.473.292	484.471.653	501.678.131	519.194.053	511.049.024	508.154.939	524.373.781	510.578.753	485.493.718
2003	423.332.060	534.321.301	532.886.704	540.614.123	523.839.449	526.305.438	502.262.117	500.194.182	524.621.702	544.114.560	508.475.633	500.094.861
2004	424.626.265	525.929.074	551.622.454	571.727.743	523.438.609	594.014.874	531.401.439	541.922.220	559.674.594	527.175.352	514.899.518	568.117.943

### **DISCREPÂNCIAS DAS PREVISÕES DO MOD-05 (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1994	-	-	-5.195.865	-9.267.728	-5.625.646	-9.768.121	27.695.357	-10.181.430	-21.724.335	26.023.971	-17.340.463	4.295.137
1995	7.998.512	10.400.755	25.438.190	-5.538.147	14.800.074	2.403.602	-21.408.135	-24.647.225	-9.365.963	16.809.837	10.404.483	-13.160.308
1996	-3.525.863	8.952.561	-16.549.163	-924.934	12.293.575	-334.852	4.159.245	1.817.403	2.358.852	-12.295.841	22.786.991	4.124.709
1997	7.498.827	1.346.987	-7.997.033	6.378.450	12.163.455	4.764.953	-11.481.566	1.025.446	-2.787.469	1.519.923	-21.185.468	10.478.454
1998	-5.093.943	5.409.468	-4.922.875	9.952.582	2.058.796	-14.386.461	1.113.111	3.227.830	-1.821.614	-16.464.180	-1.488.614	-3.845.639
1999	-1.771.889	-8.609.222	-5.848.431	-2.838.051	2.844.658	-5.395.255	5.452.021	678.559	15.726.868	-10.952.656	-11.634.000	5.520.843
2000	5.099.640	-8.536.054	-2.011.179	3.356.200	9.695.943	16.238.342	8.775.728	-5.418.585	-9.624.889	15.756.041	14.673.849	-13.266.548
2001	-18.414.327	-16.482.901	8.829.996	33.873.271	-6.134.388	388.313	1.828.745	-1.449.955	385.512	-26.478.115	26.635.643	116.453
2002	12.556.916	-1.227.567	-3.948.710	197.623	-1.389.463	1.3284.280	-81.105	11.744.937	-19.390.574	-5.133.202	-12.121.786	1.332.006
2003	11.041.574	1.474.997	14.458.446	-24.161.263	-24.439.565	-6.766.291	9.635.895	-2.889.988	618.146	1.556.780	-6.487.387	14.469.289
2004	12.933.229	17.197.124	34.522.681	-39.022.949	41.188.226	-54.534.743	23.682.216	11.421.376	-42.394.779	-10172.871	22.895.025	-51.592.977

### **PREVISÕES GERADAS COM O MOD-06 (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1994	-	-	330.688.686	303.017.132	324.842.408	316.488.649	327.761.387	326.366.764	338.549.322	348.123.578	343.490.211	363.974.338
1995	287.918.960	352.918.210	385.178.125	347.407.502	354.284.179	367.018.999	350.451.249	341.007.954	339.974.412	347.963.511	344.774.874	329.826.797
1996	294.145.664	358.886.723	339.476.099	365.386.805	364.940.366	342.187.301	373.001.774	385.262.078	350.851.805	360.722.939	383.664.637	354.722.884
1997	310.601.725	381.549.961	386.896.353	398.337.927	398.092.833	379.429.215	411.384.493	410.164.565	398.227.941	437.129.361	391.482.980	371.249.234
1998	324.782.542	402.013.378	394.505.815	388.870.402	397.807.628	405.390.380	415.212.912	403.444.375	414.086.851	426.631.934	393.075.848	397.343.292
1999	329.180.119	418.865.036	426.909.361	415.990.166	426.203.510	414.838.673	431.199.073	430.126.559	421.070.418	424.992.194	423.974.230	428.348.646
2000	355.952.795	449.066.400	480.479.654	445.538.806	445.009.638	433.524.448	456.459.881	460.895.538	452.808.380	458.124.928	469.917.252	457.041.268
2001	391.034.157	434.551.579	494.328.043	481.076.964	474.134.790	488.792.244	506.626.451	463.597.059	463.587.131	499.312.480	495.187.260	466.492.663
2002	399.210.443	507.546.918	497.866.330	538.738.482	482.144.319	501.443.883	516.878.134	516.535.401	504.983.090	513.110.656	515.607.685	484.364.040
2003	419.733.238	528.714.084	534.938.796	529.704.621	516.991.630	531.701.564	493.000.183	499.763.306	534.593.376	540.872.844	500.979.751	507.898.355
2004	445.596.214	531.869.030	553.530.395	556.426.545	506.831.750	595.321.336	544.875.387	543.419.506	558.194.971	524.418.389	514.085.755	564.298.471

### **DISCREPÂNCIAS DAS PREVISÕES DO MOD-06 (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1994	-	-	3.507.036	6.318.368	-14.142.578	5.558.432	18.848.841	2.215.911	-11.263.018	18.871.334	-15.202.673	-3.210.472
1995	5.168.956	-5.844.992	7.027.334	-9.179.645	6.626.733	-11.601.837	-6.767.982	-18.538.102	-3.048.742	15.551.247	3.383.225	-4.359.801
1996	-9.111.682	11.508.040	-9.785.485	-9.923.826	17.177.635	-8.918.442	-2.613.369	434.268	723.304	-10.818.078	11.032.859	-1.304.420
1997	779.765	12.832.269	-9.163.943	7.804.880	6.952.483	4.663.234	-10.882.936	-5.609.897	1.471.067	-10.639.874	-17.332.221	15.474.329
1998	-6.747.540	2.234.732	994.207	18.200.744	-6.624.243	-5.193.284	2.427.600	1.381.308	-6.671.644	-19.626.517	-555.446	7.227.816
1999	-3.918.738	-11.439.686	-6.035.006	-232.350	-193.304	-3.563.870	-2.366.815	-6.157.352	17.395.520	1.423.302	-10.229.651	8.709.938
2000	12.250.343	-14.145.941	-8.284.656	4.485.326	8.728.060	21.393.941	166.795	-1.447.539	2.249.403	15.396.978	11.713.895	-12.848.917
2001	-14.881.549	-746.780	13.599.464	15.422.901	4.354.754	-248.416	-14.064.046	2.857.812	11.948.820	-32.618.833	14.087.194	-6.347.233
2002	12.165.238	-3.494.657	-2.406.062	4.932.433	937.871	13.518.528	2.234.814	6.258.560	-16.218.726	6.129.923	-17.150.718	2.461.684
2003	14.640.396	7.082.213	12.406.354	-13.251.761	-17.591.746	-12.162.417	18.897.829	-2.459.112	-9.353.528	4.798.496	1.008.495	6.665.795
2004	-8.036.720	11.257.168	32.614.740	-23.721.751	57.795.085	-55.841.205	10.208.268	9.924.089	-40.915.156	-7.415.908	23.708.788	-47.773.505

APÊNDICE K – Previsões, resíduos e discrepâncias dos métodos de combinação utilizados

**PREVISÕES GERADAS COM O MODELO DE COMBINAÇÃO (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1995	-	-	-	-	365.570.738	351.440.115	339.569.398	311.355.564	330.560.098	352.271.219	359.829.020	335.543.654
1996	279.367.234	361.067.883	327.933.240	345.881.878	377.992.005	337.876.758	370.631.518	379.922.624	361.475.181	348.022.548	384.650.604	357.516.380
1997	328.561.665	388.527.992	382.629.589	403.151.747	420.229.885	382.664.678	398.956.963	398.543.061	396.455.090	427.161.721	362.463.674	375.044.955
1998	329.215.859	398.707.484	394.684.717	404.982.430	404.503.638	395.467.044	414.913.611	411.197.383	409.911.865	400.185.512	380.557.291	409.644.493
1999	326.379.873	401.135.015	411.818.936	408.186.166	427.223.818	408.047.093	430.118.363	429.166.786	432.693.457	435.862.133	420.684.926	428.579.717
2000	371.258.319	450.595.497	459.494.561	443.195.582	458.022.285	461.136.646	472.447.878	460.184.143	444.788.709	479.853.368	489.251.819	456.364.117
2001	366.162.853	423.807.817	503.501.010	504.256.293	500.999.964	476.218.075	493.110.681	458.064.121	475.925.805	465.475.000	491.463.532	467.844.629
2002	420.972.322	508.402.572	497.809.306	541.808.042	482.048.044	519.529.565	525.414.829	527.504.397	493.430.858	507.314.974	501.451.182	475.076.517
2003	435.864.944	548.579.260	545.031.348	523.330.573	493.729.713	507.081.834	497.933.865	506.636.355	522.990.266	539.426.434	499.618.422	521.647.729
2004	462.118.798	538.408.437	570.361.696	566.006.518	468.127.989	630.381.962	516.796.908	543.840.931	557.539.221	514.337.170	492.428.700	587.403.156

**RESÍDUOS DO MODELO DE COMBINAÇÃO (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1995	-	-	-	-	-4.659.803	3.977.027	4.113.884	11.114.343	6.365.578	11.243.498	-11.670.916	-10.076.641
1996	5.666.800	9.326.800	1.757.389	9.581.122	4.125.961	-4.607.894	-243.104	5.773.698	-9.900.069	1.882.325	10.046.886	-4.097.916
1997	-17.180.131	5.854.167	-4.897.179	2.991.048	-15.184.591	1.427.778	1.544.597	6.011.604	3.243.919	-672.268	11.687.130	11.678.640
1998	-11.180.813	5.540.569	815.291	2.088.720	-13.320.240	4.730.041	2.726.886	-6.371.697	-2.496.652	6.819.902	11.963.141	-5.073.387
1999	-1.118.443	6.290.292	9.055.393	7.571.653	-1.213.615	3.227.708	-1.286.109	-5.197.574	5.772.473	-9.446.652	-6.940.319	8.478.852
2000	-3.055.139	-15.675.096	12.700.407	6.828.552	-4.284.580	-6.218.262	-15.821.219	-736.138	10.269.085	-6.331.490	-7.620.686	-12.171.750
2001	9.989.841	9.996.959	4.426.438	-7.756.473	-22.510.414	12.325.758	-548.286	8.390.781	-389.846	1.218.641	17.810.918	-7.699.191
2002	-9.596.579	-4.350.385	-2.349.059	1.862.839	1.034.169	-4.567.148	-6.301.905	-4.710.443	-4.666.465	11.925.606	-2.994.214	11.749.234
2003	-1.491.267	-12.783.053	2.313.766	-6.877.700	5.670.220	12.457.314	13.964.146	-9.332.141	2.249.573	6.244.859	2.369.853	-7.083.558

**DISCREPÂNCIAS DAS PREVISÕES DO MODELO DE COMBINAÇÃO (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1995	-	-	-	-	-4.659.826	3.977.047	4.113.869	11.114.288	6.365.572	11.243.539	-11.670.921	-10.076.658
1996	5.666.748	9.326.880	1.757.374	9.581.101	4.125.996	-4.607.899	-243.113	5.773.722	-9.900.072	1.882.313	10.046.892	-4.097.916
1997	-17.180.175	5.854.238	-4.897.179	2.991.060	-15.184.569	1.427.771	1.544.594	6.011.606	3.243.918	-672.234	11.687.085	11.678.608
1998	-1.118.085	5.540.626	815.305	2.088.716	-13.320.254	4.730.052	2.726.901	-6.371.700	-2.496.656	6.819.905	11.963.111	-5.073.385
1999	-1.118.492	6.290.335	9.055.419	7.571.650	-1.213.612	3.227.710	-1.286.105	-5.197.579	5.772.481	-9.446.637	-6.940.347	8.478.867
2000	-3.055.181	-15.675.039	12.700.437	6.828.550	-4.284.587	-6.218.257	-15.821.202	-736.144	10.269.074	-6.331.462	-7.620.672	-12.171.766
2001	9.989.755	9.996.982	4.426.497	-7.756.428	-22.510.420	12.325.753	-548.276	8.390.749	-389.854	1.218.647	17.810.922	-7.699.199
2002	-9.596.641	-4.350.311	-2.349.039	1.862.873	1.034.146	-4.567.154	-6.301.881	-4.710.436	-4.666.494	11.925.605	-2.994.215	11.749.207
2003	-1.491.310	-12.782.963	2.313.802	-6.877.713	5.670.171	12.457.314	13.964.148	-9.332.161	2.249.582	6.244.906	2.369.824	-7.083.579
2004	-24.559.304	4.717.761	15.783.439	-33.301.724	96.498.846	-90.901.831	38.286.747	9.502.664	-40.259.406	2.665.311	45.365.843	-70.878.190

**PREVISÕES GERADAS COM A COMBINAÇÃO POR MÉDIA PONDERADA (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1995	-	-	392.185.333	339.978.764	354.124.413	361.946.731	352.977.109	331.179.853	337.614.522	356.462.369	343.540.158	325.466.994
1996	288.506.862	368.470.815	345.742.640	354.363.899	374.628.286	332.821.799	372.334.031	376.004.828	357.133.844	361.915.680	379.120.709	349.859.112
1997	312.784.305	381.089.701	386.827.515	390.352.712	406.420.314	383.064.420	404.479.910	407.698.926	397.264.702	433.298.070	395.499.888	375.285.188
1998	326.768.572	397.115.888	404.059.158	393.272.981	393.714.659	400.571.479	414.367.173	400.792.344	415.538.199	413.461.748	385.993.629	410.419.285
1999	327.765.117	407.089.684	421.749.182	421.806.931	425.721.176	415.631.628	426.212.278	424.084.475	428.178.224	427.150.277	421.205.018	434.445.423
2000	359.822.891	436.809.551	474.159.714	454.065.992	444.726.738	447.748.493	453.362.910	468.082.009	453.456.750	465.739.036	472.110.716	457.912.018
2001	385.952.029	433.253.313	492.011.499	486.497.148	492.703.179	484.148.303	502.411.112	466.807.093	473.955.694	487.881.868	490.443.624	460.424.888
2002	400.056.505	495.626.275	505.245.399	539.466.634	488.484.948	502.898.950	521.425.029	511.573.609	503.886.687	507.629.844	516.478.017	480.699.898
2003	434.409.663	526.910.093	539.555.225	531.988.074	512.038.276	529.918.342	504.898.531	494.199.072	530.146.848	545.422.377	507.708.494	502.850.447
2004	439.108.419	534.962.787	566.904.536	577.919.323	491.537.209	605.701.181	540.126.895	543.212.525	546.251.976	522.714.687	507.731.750	564.925.491

**DISCREPÂNCIAS DAS PREVISÕES DA COMBINAÇÃO POR MÉDIA PONDERADA (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1995	-	-	20.126	-1.750.907	6.786.499	-6.529.569	-9.293.842	-8.710.000	-688.852	7.052.390	4.617.941	1.859
1996	-3.472.880	1.923.948	-16.052.026	1.099.080	7.489.715	447.060	-1.945.626	9.691.518	-5.558.735	-12.010.819	15.576.787	3.559.352
1997	-1.402.815	13.292.529	-9.095.105	15.790.095	-1.374.998	1.028.029	-3.978.353	-3.144.259	2.434.306	-6.808.583	-21.349.129	11.438.375
1998	-8.733.571	7.132.222	-8.559.136	13.798.165	-2.531.275	-374.383	3.273.339	4.033.339	-8.122.990	-6.456.331	6.526.773	-5.848.177
1999	-2.503.736	335.666	-874.827	-6.049.115	289.030	-4.356.825	2.619.980	-115.268	10.287.714	-734.781	-7.460.439	2.613.161
2000	8.380.248	-1.889.093	-1.964.716	-4.041.860	9.010.960	7.169.896	3.263.766	-8.634.010	1.601.034	7.782.870	9.520.431	-13.719.666
2001	-9.799.421	551.486	15.916.008	10.002.717	-14.213.635	4.395.525	-9.848.707	-352.222	1.580.257	-21.188.221	18.830.830	-279.458
2002	11.319.176	8425985.558	-9.785.132	4.204.281	-5.402.758	12.063.461	-2.312.081	11.220.352	-15.122.323	11.610.735	-18.021.050	6.125.826
2003	-36.029	8.886.204	7.789.925	-15.535.214	-12.638.392	-10.379.195	6.999.481	3.105.122	-4.907.000	248.963	-5.720.248	11.713.703
2004	-1.548.925	8.163.411	19.240.599	-45.214.529	73.089.626	-66.221.050	14.956.760	10.131.070	-28.972.161	-5.712.206	30.062.793	-48.400.525

**PREVISÕES GERADAS COM A COMBINAÇÃO POR MÉDIA PONDERADA PARA 12 MESES À FRENTE (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2004	431.923.452	538.290.024	552.514.072	532.704.794	551.191.258	539.826.885	555.843.440	551.239.773	533.311.613	555.619.949	531.284.777	515.791.092

**DISCREPÂNCIAS DAS PREVISÕES DA COMBINAÇÃO POR MÉDIA PONDERADA PARA 12 MESES À FRENTE (kWh)**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2004	5.636.042	4.836.175	33.631.063	0,236	13.435.577	-346.754	-759.785	2.103.822	-16.031.798	-38.617.468	6.509.766	733.874



APÊNDICE L – Valores constantes utilizados para calcular os limites de controle

**VALORES DE  $d_2$  e  $d_3$  PARA CONSTRUÇÃO DO GRÁFICO R DA AMPLITUDE**

<b>n</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
<b><math>d_2</math></b>	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078	3,173	3,258	3,336
<b><math>d_3</math></b>	0,853	0,888	0,880	0,864	0,848	0,833	0,820	0,808	0,797	0,787	0,778	0,770
<b>n</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>
<b><math>d_2</math></b>	3,407	3,472	3,532	3,588	3,640	3,689	3,735	3,778	3,819	3,858	3,895	3,931
<b><math>d_3</math></b>	0,763	0,756	0,750	0,744	0,739	0,734	0,729	0,724	0,720	0,716	0,712	0,708

Fonte: MONTGOMERY, 2004, p.489.