

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

**ESTIMATIVA DE CONSUMO RESIDENCIAL DE ENERGIA ELÉTRICA DE OITO  
MICRORREGIÕES DO RIO GRANDE DO SUL PARA FINS DE PREVISÃO E  
DIAGNÓSTICO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Etienne Marques**  
Porto Alegre, Julho de 2007

“E eu, sim, eu me virei para todos os meus trabalhos que minhas mãos tinham feito e para a labuta em que eu tinha trabalhado arduamente para a realizar, e eis que tudo era vaidade e um esforço para alcançar o vento”.

Salomão, rei de Israel.  
Século X a.C.

**ESTIMATIVA DE CONSUMO RESIDENCIAL DE ENERGIA ELÉTRICA DE OITO  
MICRORREGIÕES DO RIO GRANDE DO SUL PARA FINS DE PREVISÃO E  
DIAGNÓSTICO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO  
TRABALHO DE CONCLUSÃO**

Palavras-chave: energia elétrica, elasticidade, desenvolvimento econômico;  
Código: JEL: Q43

Etienne Marques  
Porto Alegre, Julho de 2007

## ÍNDICE DE TABELAS E GRÁFICOS

TABELA 1. MICRORREGIÕES SELECIONADAS E SEUS RESPECTIVOS MUNICÍPIOS.....	12
TABELA 2: CLASSIFICAÇÃO DAS ELASTICIDADES-RENDAS.....	18
TABELA 3: IDESE.....	30
TABELA 4: RESULTADO DOS TESTES ADF.....	31
TABELA 5: TESTES AIC E ( $\lambda$ -TRAÇO).....	33
TABELA 6: RELAÇÃO DOS COEFICIENTES ESTIMADOS.....	33
GRÁFICO 1: PARTICIPAÇÃO DO CONSUMO SOBRE O TOTAL DAS OITO MICRORREGIÕES.....	24
GRÁFICO 2: EVOLUÇÃO DO CONSUMO RESIDENCIAL PERCAPITA (JAN/1998=100).....	25
GRÁFICO 3: EVOLUÇÃO DO PRODUTO INTERNO BRUTO PERCAPITA (JAN/1998=100).....	26
GRÁFICO 4: EVOLUÇÃO DO NÍVEL DE PREÇOS E TARIFAS (JAN/1998=100).....	28
GRÁFICO 5: PREVISÃO PARA O CONSUMO RESIDENCIAL PERCAPITA (JAN/1998=100).....	35
GRÁFICO 6: PREVISÃO PARA A RENDA PERCAPITA (JAN/1998=100).....	36
GRÁFICO 7: ELASTICIDADE-RENDAS <i>VERSUS</i> EVOLUÇÃO DO IDESE.....	37

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2. OBJETO DE ESTUDO.....</b>	<b>7</b>
2.1 O mercado de energia elétrica em destaque no âmbito acadêmico.....	7
2.1.1 Intenções do presente trabalho .....	9
2.2 Do giz à caneta: aplicações do estudo.....	10
<b>3. PANORAMA GERAL DA PESQUISA.....</b>	<b>11</b>
3.1 Ferramentas de análise .....	13
3.2 Etapas .....	13
<b>4. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
4.1 Premissa microeconômica do comportamento do consumidor de energia elétrica .....	14
4.1.1 Conceito de elasticidade da demanda .....	16
4.2 Especificação da ferramenta VAR-VECM para estimativa do modelo de demanda.....	18
4.2.1 Apresentação dos modelos VAR-VECM.....	19
4.2.2 Estimação dos modelos VAR-VECM.....	20
<b>5. BASE DE DADOS.....</b>	<b>22</b>
5.1 Consumo residencial de energia elétrica.....	23
5.1 Produto Interno Bruto .....	25
5.2 Nível de preços e tarifas .....	27
5.3 IDESE – Índice de Desenvolvimento Socioeconômico.....	28
5.4 Rumos 2015 .....	30
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>31</b>

6.1 Resultados gerados com os modelos econométricos.....	31
6.1.2 Elasticidades-renda .....	33
6.1.3 Previsão de consumo e renda percapita .....	34
6.2 Vinculação dos resultados da pesquisa com o panorama socioeconômico.....	36
6.2.1 Cachoeira do Sul .....	39
6.2.2 Campanha Central.....	40
6.2.3 Lajeado-Estrela .....	41
6.2.4 Montenegro .....	41
6.2.5 Porto Alegre .....	42
6.2.6 Santa Cruz do Sul.....	42
6.2.7 Santa Maria .....	43
6.2.8 Santiago.....	44
<b>7. CONCLUSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>47</b>

# **1. INTRODUÇÃO**

O presente trabalho tem por objetivo analisar o consumo residencial de energia elétrica e sua relação com o desenvolvimento econômico de oito microrregiões do Rio Grande do Sul. Para tanto, pretende-se recorrer à estimativa das funções de demanda de energia elétrica – bem como suas respectivas elasticidades-renda – de cada uma das microrregiões. Além disso, serão apresentadas as previsões de demanda, de médio e longo prazo, para as regiões analisadas. O passo seguinte será comparar os resultados das elasticidades-renda com a evolução histórica do Índice de Desenvolvimento Econômico (IDESE) municipal, de forma a compreender as relações, caso existam, entre grau de desenvolvimento sócio-econômico e consumo de energia elétrica.

## **2. OBJETO DE ESTUDO**

### **2.1 O mercado de energia elétrica em destaque no âmbito acadêmico**

Em anos recentes, inúmeras pesquisas foram publicadas relacionando consumo de energia e crescimento econômico. A quase totalidade dos estudos, aliado à própria obviedade intuitiva, aponta para uma forte relação entre crescimento no consumo de energia elétrica e crescimento econômico. Ferguson, Wilkinson e Hill (2000), por exemplo, analisaram o comportamento de 100 países e comprovaram, nos mesmos, o fenômeno da conjunção entre

crescimento de consumo de energia *vis-à-vis* crescimento no produto, independentemente dos níveis de desenvolvimento.

Ao analisar o comportamento do consumo de energia elétrica *versus* PIB, uma questão que se coloca freqüentemente em trabalhos aplicados é a verificação de qual variável teria precedência sobre a outra. Deste modo, procura-se avaliar se é o consumo de energia elétrica um estímulo para o crescimento econômico, ou o contrário. Nestes casos, supõe-se que há uma causalidade unidirecional. Também há a possibilidade de haver o que se chama de causalidade bi-direcional: tanto consumo de energia elétrica quanto crescimento econômico influenciam-se simultaneamente. Por fim, resta a possibilidade de não-causalidade, onde tanto consumo de energia elétrica quanto crescimento econômico não se influenciam.

No que diz respeito a este tipo de análise, Yoo (2005) avaliou o grau de causalidade entre consumo de energia e PIB na Coréia do Sul. O estudo, baseado em testes de causalidade de Granger com o uso de modelos de correção de erros vetoriais (VAR-VECM), indicou a existência de uma relação bidirecional entre consumo de energia elétrica e nível de atividade. Outras pesquisas na área foram realizadas por Yang (2000), onde encontrou causalidade bidirecional em Taiwan; e Gosh (2002) apontando a existência de uma causalidade unidirecional partindo do PIB para consumo de energia elétrica na Índia. Ainda mais recentemente, Shiu e Lan (2004) diagnosticaram, na China, causalidade unidirecional partindo do consumo de energia elétrica para o PIB.

Outras aplicações de estudos econométricos, no que tange ao mercado de energia elétrica e desempenho econômico, dizem respeito às estimativas de elasticidade-renda da demanda. Neste sentido, as estimativas mostram resultados heterogêneos entre as pesquisas. Schimdt e Lima (2004), por exemplo, realizaram estimativas de elasticidade-renda para a classe de consumo residencial no Brasil, apresentando uma elasticidade-renda de longo prazo



de 0,539 para o período 1969-1999. Modiano (1984) também estimou a demanda no mercado brasileiro, encontrando uma elasticidade-renda superior às de Schimdt e Lima (2004): 1,134. Andrade e Lobão (1997) apresentaram elasticidade-renda de longo prazo de 0,212 para o consumo residencial Brasil, no período 1963-1995.<sup>1</sup>

### **2.1.1 Intenções do presente trabalho**

Embora estudos comparativos entre crescimento econômico e comportamento de consumo de energia elétrica sejam relativamente abundantes, é menos freqüente a análise entre este mercado e o grau de desenvolvimento econômico de determinada região. Mesmo em casos em que apresentam resultados heterogêneos, tais como as análises de causalidade e estimativas de elasticidade-renda, todos os trabalhos citados anteriormente evidenciam claramente que há forte relação entre crescimento econômico e evolução do mercado de energia elétrica. No entanto, os mesmos trabalhos não costumam fazer referência a indicadores sociais que destacassem critérios de distribuição de renda e/ou acesso a bens de consumo da população analisada, relacionados com o consumo de energia de sua respectiva região econômica. É neste panorama que se insere o presente trabalho. Além de fornecer previsões de consumo, o objetivo é avaliar o comportamento do mercado de energia elétrica de oito microrregiões do Rio Grande do Sul, verificar em que níveis distintos de desenvolvimento econômico as mesmas se encontram (através de indicadores tais como a evolução histórica da renda percapita e do IDESE) e estabelecer uma possível base de comparação entre estes.

---

<sup>1</sup> Entre outros trabalhos nesta área, pode-se citar Silk e Joutz (1997) e Smith (1980). Ambos realizaram estimativas de elasticidade-renda para o consumo residencial de energia elétrica nos Estados Unidos. A elasticidade-renda de longo prazo para Silk e Joutz, gerada para o período 1949-1993 foi de 0,520. Para Smith, que realizou estimativas de curto prazo para o período 1957-1972, a elasticidade-renda estabeleceu-se em 1,53.

## 2.2 Do giz à caneta: aplicações do estudo

É possível vislumbrar três agentes econômicos cuja pesquisa pode apresentar algumas contribuições: instituições reguladoras, distribuidoras de energia elétrica e *policy makers*.

Para os dois primeiros agentes, pode-se dizer que análises aprofundadas sobre mercado local de energia elétrica têm assumido maior importância devido às transformações ocorridas no setor elétrico brasileiro no último decênio. Atualmente, grande parte da distribuição e comercialização de energia elétrica passou a ser gerido pela iniciativa privada. No entanto, dada as características de monopólio natural inerente ao mercado de distribuição de energia elétrica, o Estado, que anteriormente prestava este serviço, passou a atuar como regulador. Neste sentido, se por um lado o Estado utiliza tais estudos de mercado para elaborar ações regulatórias, as empresas distribuidoras de energia lançam mão das mesmas análises como ferramenta para tomada de decisão de investimentos, elaboração de cenários tendenciais e demais estudos estratégicos.

Quanto aos *policy makers*, a compreensão da trajetória da demanda de energia elétrica de sua região serve como uma ferramenta de apoio às políticas públicas voltadas à distribuição de renda, acesso aos bens de consumo de suas respectivas populações e perspectivas tendenciais acerca do ambiente econômico local.

### **3. PANORAMA GERAL DA PESQUISA**

O estudo pretende utilizar-se das pesquisas e dos referenciais metodológicos empregados na estimativa de consumo residencial de energia elétrica, verificando a evolução do mercado de oito microrregiões do Rio Grande do Sul. Além disso, pretende-se avaliar o desempenho da demanda sob o prisma do desenvolvimento econômico de cada microrregião. Estas microrregiões correspondem ao critério adotado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Todas as microrregiões selecionadas pertencem à área de concessão da AES Sul Distribuidora Gaúcha de Energia S.A.. Como se pode observar na Tabela 1, a disposição geográfica da área de concessão da AES Sul é suficientemente diversificada, abrangendo desde regiões tais como a metropolitana de Porto Alegre, passando por Vale dos Sinos, indo em direção à fronteira com a Argentina. De forma que é possível afirmar que as microrregiões analisadas no presente trabalho sejam representativas do panorama econômico do Estado do Rio Grande do Sul.

A AES Sul disponibiliza periodicamente séries de mercado à Fundação de Economia e Estatística, instituição a qual os dados de consumo de energia elétrica foram coletados.

**TABELA 1. MICRORREGIÕES SELECIONADAS E SEUS RESPECTIVOS MUNICÍPIOS**

<b>MICRORREGIÕES</b>	<b>MUNICÍPIOS</b>
Cachoeira do Sul	Cachoeira do Sul, Cerro Branco, Novo Cabrais, Pantano Grande, Paraíso do Sul, Passo do Sobrado, Rio Pardo;
Campanha Central	Rosário do Sul, Santa Margarida do Sul, Santana do Livramento, São Gabriel;
Lajeado-Estrela	Arroio do Meio, Bom Retiro do Sul, Boqueirão do Leão, Canudos do Vale, Capitão, Colinas, Coqueiro Baixo, Cruzeiro do Sul, Doutor Ricardo, Encantado, Estrela, Fazenda Vilanova, Forquetinha, Imigrante, Lajeado, Marques de Souza, Muçum, Nova Bréscia, Paverama, Pouso Novo, Progresso, Relvado, Roca Sales, Santa Clara do Sul, Sério, Tabai, Taquari, Teutônia, Travesseiro, Vespasiano Correa, Westfalia;
Montenegro	Alto Feliz, Barão, Bom Princípio, Brochier, Capela de Santana, Feliz, Harmonia, Linha Nova, Maratá, Montenegro, Pareci Novo, Poço das Antas, Portão, Salvador do Sul, São José do Hortêncio, São José do Sul, São Pedro da Serra, São Sebastião do Caí, São Vendelino, Tupandi, Vale Real;
Porto Alegre	Alvorada, Araricá, Cachoeirinha, Campo Bom, Canoas, Eldorado do Sul, Estância Velha, Esteio, Glorinha, Gravataí, Guaíba, Mariana Pimentel, Nova Hartz, Nova Santa Rita, Novo Hamburgo, Parobé, Porto Alegre, São Leopoldo, Sapiranga, Sapucaia do Sul, Sertão Santana, Viamão;
Santa Cruz do Sul	Arroio do Tigre, Candelária, Estrela Velha, Gramado Xavier, Herveiras, Ibarama, Lagoa Bonita do Sul, Mato Leitão, Passa Sete, Santa Cruz do Sul, Segredo, Sinimbu, Sobradinho, Vale do Sol, Venâncio Aires, Vera Cruz;
Santa Maria	Cacequi, Dilermando de Aguiar, Itaara, Jaguari, Mata, Nova Esperança do Sul, Santa Maria, São Martinho da Serra, São Pedro do Sul, São Sepé, São Vicente do Sul, Toropi, Vila Nova do Sul;
Santiago	Capão do Cipó, Itacurubi, Jarí, Júlio de Castilhos, Pinhal Grande, Quevedos, Santiago, Tupanciretã, Unistalda;

Fonte: IBGE

O trabalho busca avaliar a hipótese da existência de uma relação, não só com o crescimento do nível de atividade, mas com o grau de desenvolvimento econômico. Inicialmente se tentará validar, para as microrregiões citadas acima, o argumento sustentado pela literatura contemporânea de que existe uma relação causal entre a evolução do mercado residencial de energia elétrica e o crescimento econômico. Caso isso se comprove, serão apresentadas estimativas de elasticidade-renda e projeções de mercado, através de modelos econométricos de demanda. Em seguida, as elasticidades-renda estimadas serão comparadas com o IDESE municipal de cada microrregião, de forma a avaliar a hipótese da existência de uma relação entre desenvolvimento econômico e consumo de energia elétrica.

### 3.1 Ferramentas de análise

O método de abordagem caracteriza-se por ser indutivo, pois analisará o comportamento específico dos mercados de energia elétrica de cada microrregião para, por fim, avaliar sua correspondência com as premissas teóricas. O procedimento adotado será o estatístico, valendo-se econometria de séries de tempo, com o uso de Modelos de Correção de Erros Vetoriais (VAR-VECM) para as estimativas de demanda. Para tanto, recorreu-se à coleta de dados mensais de consumo residencial de energia elétrica e do PIB municipal de cada microrregião. O período das observações registradas corresponde aos meses de janeiro de 1998 a dezembro de 2005.

Quanto à análise da relação entre o desempenho do mercado residencial de energia elétrica e o grau de desenvolvimento de cada microrregião, serão feitas aproximações através do método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Os pacotes estatísticos EVIEWS 3.0 e Jmulti serão utilizados como ferramentas para as estimativas de VAR-VECM e MQO.

### 3.2 Etapas

O trabalho pretende ser desenvolvido através das seguintes etapas:

- **Referencial teórico:** o próximo capítulo apresenta as teorias de base para elaboração desta pesquisa. Ao mesmo tempo, discute o material bibliográfico de apoio;
- **Base de dados:** o capítulo cinco apresenta as variáveis utilizadas no trabalho, bem como faz uma breve descrição dos tratamentos empregados nas mesmas;

- **Validação e resultados dos modelos econométricos:** por fim o trabalho encerra apresentando os seguintes resultados:
  - Apresentação das elasticidades-renda;
  - Apresentação das previsões;
  - Análise dos resultados obtidos com o ambiente socioeconômico;

## **4. MARCO TEÓRICO**

Este capítulo apresenta as premissas teóricas que, conjuntamente com um levantamento bibliográfico, buscam subsidiar a análise empírica. Neste sentido, o trabalho baseia-se em duas principais teorias. A primeira estabelece axiomas acerca do comportamento microeconômico do consumidor residencial de energia elétrica. A segunda, de caráter funcional, apresenta a ferramenta matemática que busca modelar este comportamento.

### **4.1 Premissa microeconômica do comportamento do consumidor de energia elétrica**

A teoria de base parte da premissa microeconômica que deriva a curva de demanda como resultado de um problema de maximização de utilidade, sujeita a uma restrição orçamentária (Varian, 2002). Neste sentido, a demanda por energia elétrica residencial surge da necessidade de determinado indivíduo utilizar aparelhos eletroeletrônicos. Neste sentido,

incrementos na renda desse consumidor devem proporcionar um acesso a mais bens desta categoria; seja por novos produtos ou por reposição de depreciados. Em contrapartida, o consumidor é restrito tanto pela evolução do nível geral de preços de produtos eletrointensivos, quanto pela possível elevação da tarifa cobrada pelo consumo de energia elétrica.

Esta hipótese é utilizada tanto em *A Demanda por Energia Elétrica no Brasil*, de Schimdt e Lima; como por Mattos *et al*, em *Demanda Residencial de Energia Elétrica em Minas Gerais*. Estes trabalhos formalizam o comportamento do consumidor da seguinte maneira:

$$C_t = \alpha_0 Y_t^{\alpha_1} P_t^{\alpha_2} E_t^{\alpha_3}$$

que pode ser linearizada na forma:

$$\ln(C_t) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(Y_t) + \alpha_2 \ln(P_t) + \alpha_3 \ln(E_t)$$

onde:

$$\alpha_0 > 0; \alpha_1 > 0; \alpha_2 < 0; \alpha_3 < 0,$$

sendo:

$C_t$  = consumo residencial de energia elétrica, em determinado período de tempo;

$Y_t$  = nível de renda do consumidor, em determinado período de tempo;

$P_t$  = tarifa de energia elétrica, em determinado período de tempo;

$E_t$  = nível de preços de bens eletroeletrônicos, em determinado período de tempo;

Logo, espera-se que o consumidor de energia elétrica reaja positivamente (i.e: aumentando seu consumo) ao observar um incremento no seu nível de renda. No entanto,

haverá uma tendência de retração no consumo ao verificar evolução no nível de preços; seja nas tarifas de energia, seja nos bens eletrônicos.

#### 4.1.1 Conceito de elasticidade da demanda

O objetivo geral que se persegue com a elasticidade da demanda é proporcionar uma medida do grau de inter-relação entre a demanda e uma variação qualquer da renda (Gujarati, 2002). Pode-se chamar a elasticidade-renda da demanda de um bem qualquer como a sensibilidade desta ante as variações da variável explicativa utilizada no modelo. Pode-se descrever este efeito tomando o exemplo da elasticidade da renda sobre o consumo de energia. Assim:

$$\text{Elasticidade-renda} = \frac{\Delta C_t / C_t}{\Delta Y_t / Y_t} = \frac{\%C_t}{\%Y_t}$$

Esta a elasticidade-renda da energia elétrica corresponde à variação percentual do consumo de energia dada a variação de 1% na renda. Se este valor for maior do que 1 a demanda é considerada elástica, ou seja, o consumo cresce mais do que a renda. Se for igual a 1, a demanda é unitária, sugerindo que o consumo varia exatamente igual a renda. Se for menor do que 1 a demanda é inelástica e o consumo varia menos do que a renda. Se for menor do que zero, o bem deixa de ser normal e passa a ser inferior, ou seja, seu consumo diminui quando a renda aumenta.

O presente trabalho adota a função de demanda do consumidor utilizada por Shimidt e Lima (2004) e por Mattos *et al* (2005), descrita no item 4.2. O motivo se dá pelo



fato de ser uma função de demanda do tipo Cobb-Douglas<sup>2</sup>. Este tipo de função tem a vantagem de oferecer elasticidade constante: uma variação constante da demanda por consumo de energia para uma dada variação de Y, P ou E, independentemente do nível absoluto dos mesmos. No caso das funções do tipo Cobb-Douglas, a elasticidade de cada variável explicativa é o valor do coeficiente  $\alpha_i$ . Utilizando novamente o exemplo da elasticidade-renda do consumo de energia elétrica, é possível provar que a elasticidade é constante pelo fato de que:

$$\text{Elasticidade-renda} = \frac{\Delta C_t / C_t}{\Delta Y_t / Y_t} = \frac{\%C_t}{\%Y_t} = \left( \frac{\partial C_t}{\partial Y_t} \cdot \frac{Y_t}{C_t} \right),$$

que sob a função Cobb-Douglas pode ser reescrita como:

$$\text{Elasticidade-renda} = \left( \frac{\partial C_t}{\partial Y_t} \cdot \frac{Y_t}{C_t} \right) = \left( \alpha_1 (\alpha_0 Y_t^{\alpha_1-1} P_t^{\alpha_2} E_t^{\alpha_3}) \cdot \frac{Y_t}{(\alpha_0 Y_t^{\alpha_1} P_t^{\alpha_2} E_t^{\alpha_3})} \right) = \alpha_1.$$

Neste sentido, o parâmetro  $\alpha_1$ , por exemplo, indicará a sensibilidade do consumo de energia elétrica dada uma variação na renda do consumidor. Geralmente, o parâmetro indica o percentual de variação do consumo dada uma variação positiva de 1% do PIB. As possíveis elasticidades geradas estão expressas na tabela abaixo:

---

<sup>2</sup> A função de Cobb-Douglas foi desenvolvida por Paul Douglas e Charles Cobb, em 1928, para projetar uma função de produção da economia norte-americana. Para a produção, a função é  $Y = AL^\alpha K^\beta$  Onde:  $Y$  = saída  $\cdot L$  = entrada de trabalho  $\cdot K$  = entrada de capital  $\cdot A$ ,  $\alpha$  e  $\beta$  são constantes determinadas pela tecnologia. Se  $\alpha + \beta = 1$ , a função de produção tem retornos constantes à escala (se L e K forem aumentados 20%, Y aumenta 20%). Se  $\alpha + \beta$  é menor que 1, os retornos à escala estão diminuindo, e se forem maiores que 1, os retornos à escala estão aumentando. Considerando a competição perfeita,  $\alpha$  e  $\beta$  podem ser mostrados como parte da saída de trabalho ou capital.

**TABELA 2: CLASSIFICAÇÃO DAS ELASTICIDADES-RENDA**

Efeito Renda	Medição Numérica da Elasticidade-Renda	Descrição
Negativo	$\alpha_1 < 0$	A demanda do bem diminui ao aumentar a renda.
Nulo	$\alpha_1 = 0$	A demanda do bem não varia ao mudar a renda.
Positivo	$0 > \alpha_1 < 1$	A demanda do bem aumenta em menor proporção que o incremento da renda (renda-inelástica 1).
Positivo	$\alpha_1 = 1$	A demanda do bem aumenta na mesma proporção que o incremento da renda (renda-unitária).
Positivo	$1 > \alpha_1 < \infty$	A demanda do bem aumenta em maior proporção que o incremento da renda (renda-elástica 1).

## 4.2 Especificação da ferramenta VAR-VECM para estimativa do modelo de demanda

Feita a formalização do modelo teórico de demanda, procede-se às estimativas do modelo econométrico VAR (*vector autoregressive*). A utilização do VAR seguirá a metodologia proposta tanto em Johansen (1988,1991) quanto em Johansen e Juselius (1990). Conforme apresentado em Enders (2000) modelos de demanda podem ser gerados através da utilização de técnicas de VAR-VECM (*vector autoregressive with a vector error correction model*) ou dos tradicionais modelos de equações simultâneas.

Neste trabalho optou-se pela utilização dos modelos VAR-VECM, pois este modelo leva em conta as relações com as defasagens temporais das variáveis; considerando os efeitos de curto e longo prazos do fenômeno estudado. Além disso, modelos VAR-VECM oferecem flexibilidade suficiente para obter uma boa representação estatística dos dados, sem a necessidade de incluir variáveis *ad-hoc a priori*, caso fosse a solução para identificar uma ou mais equações no modelo de equações simultâneas. A técnica VAR-VECM é observada na

grande maioria dos estudos mais recentes aplicados na área. Trabalhos citados anteriormente, tais como Schmidt e Lima (2004), Yang (2000), Gosh (2002) e Yoo (2005) utilizam metodologia VAR-VECM.

#### 4.2.1 Apresentação dos modelos VAR-VECM

A abordagem do modelo VAR, proposto por Johansen, trata-se de uma ferramenta de análise de cointegração<sup>3</sup> entre as séries analisadas. Existindo esta cointegração, é possível afirmar que exista uma relação de longo prazo entre as mesmas, de modo que os coeficientes do vetor de cointegração serão as elasticidades de longo prazo da demanda por energia elétrica.

A aproximação VAR coloca todas as variáveis como endógenas num sistema que está em função não somente de seus valores passados; mas do restante de todas as outras variáveis. Assim, o modelo Cobb-Douglas de consumo de energia elétrica pode ser representado na forma VAR através do seguinte sistema:

$$\begin{aligned} C_t &= \alpha_{0c} + \sum \alpha_{1c_j} Y_{t-j} + \sum \alpha_{2c_j} P_{t-j} + \sum \alpha_{3c_j} E_{t-j} + \sum \alpha_{4c_j} C_{t-j} + \mu_{ct} \\ Y_t &= \alpha_{0y} + \sum \alpha_{1y_j} Y_{t-j} + \sum \alpha_{2y_j} P_{t-j} + \sum \alpha_{3y_j} E_{t-j} + \sum \alpha_{4y_j} C_{t-j} + \mu_{yt} \\ P_t &= \alpha_{0p} + \sum \alpha_{1p_j} Y_{t-j} + \sum \alpha_{2p_j} P_{t-j} + \sum \alpha_{3p_j} E_{t-j} + \sum \alpha_{4p_j} C_{t-j} + \mu_{pt} \\ E_t &= \alpha_{0e} + \sum \alpha_{1e_j} Y_{t-j} + \sum \alpha_{2e_j} P_{t-j} + \sum \alpha_{3e_j} E_{t-j} + \sum \alpha_{4e_j} C_{t-j} + \mu_{et} \end{aligned}$$

Onde  $j = 1$  e C, Y, P e E são as variáveis descritas no item 4.1, cujos coeficientes estão representados pelos seus respectivos  $\alpha$ . Adiciona-se o termo  $\mu$ , que descreve o vetor de

---

<sup>3</sup> Séries econômicas são ditas cointegradas de mesma ordem quando a ordem de diferenciação  $h$  de  $\Delta^h X_i = f(t_0 + h) - f(t_0)$  é a mesma para qualquer das variáveis  $x_i$ . De modo que o termo de erro  $\mu$  do modelo autoregressivo  $X_{it} = \alpha_h X_{it-h} + \mu_t$  não apresenta raiz unitária; é estatisticamente igual a zero.

errou ou inovações do sistema; podendo estar contemporaneamente correlacionado com as variáveis, mas não pode ter relação de longo prazo com as mesmas.

Neste sentido, insere-se o os modelos VAR-VECM. Conforme Engle e Granger (1987) e Johansen, um modelo de correção de erros é um VAR que possui restrições de cointegração em sua especificação, de modo a trabalhar com séries não-estacionárias, mas que têm correlação teórica. A especificação do VAR-VECM restringe o comportamento de longo prazo das variáveis endógenas, para que as mesmas não só converjam para relação de cointegração, como também identifiquem os efeitos de curto prazo. O termo de cointegração do modelo é conhecido como o vetor de correção de erro (VEC, do inglês *vector error correction*).

Como um exemplo simplificado do VEC, considere-se um modelo entre C e Y, de modo que:  $C_t = \alpha_1 Y_t$ . O modelo VEC desta relação pode ser descrito como:

$$\begin{aligned}\Delta C_t &= \theta_c (C_{t-1} - \alpha_1 Y_{t-1}) + \varepsilon_{ct} \\ \Delta Y_t &= \theta_y (C_{t-1} - \alpha_1 Y_{t-1}) + \varepsilon_{yt}\end{aligned}$$

Este termo é conhecido como corretor de erro porque os desvios do equilíbrio de longo prazo são corrigidos gradualmente por uma série de ajustes parciais de curto prazo.

#### 4.2.2 Estimação dos modelos VAR-VECM

Enders (1995) sumariza a metodologia indicada tanto por Engle e Granger (1987) quanto por Johansen (1988), de modo a aplicar os modelos VAR-VECM. Esta metodologia é seguida por trabalhos aplicados a modelos de demanda de energia elétrica tais como Schmidt e Lima (2004), Andrade e Lobão (1997), entre outros já citados. Portanto, a estimativa dos modelos VAR-VECM requer os seguintes passos:

- Passo 1: Testar a ordem de integração das variáveis. O teste aumentado de Dickey-Fuller é indicado para diagnosticar a existência de raiz unitária em uma série qualquer  $\{x\}$ , através da seguinte expressão:

$$\Delta x_t = \phi x_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_j^* \Delta x_{t-j} + \mu_t$$

onde a hipótese original ( $H_0$ ) afirma que  $\phi$  é igual a zero, versus a hipótese alternativa ( $H_a$ ) de que  $\phi$  é menor que zero. Caso  $H_a$  seja aceita para todas as séries, é possível que haja uma relação de cointegração entre as variáveis estimadas. O teste pode incluir variável de tendência e constante.

- Passo 2: Obtendo séries estatisticamente de mesma ordem, parte-se para definição do número de defasagens no VAR. Para tanto, utilizou-se o critério de informação de Akaike (AIC), conforme escolhido por Schimdt e Lima (2004). Para um modelo VAR de séries  $\{x_i\}$ , o número  $n$  de defasagens é aquele que minimiza a seguinte expressão de Akaike:

$$AIC(n) = \log \det(\tilde{\Sigma}_{\sigma}(n)) + \frac{2}{T} nK^2 \text{ onde } K \text{ refere-se à dimensão do sistema de } \{x_i\}.$$

O AIC também é utilizado para definir a presença de termos de constante e tendência no modelo.

- Passo 3: Após determinar a melhor especificação do VAR, é aplicado o modelo proposto por Johansen, cujo objetivo é encontrar os vetores de cointegração. Para tanto, usa-se o teste do traço ( $\lambda$ -traço), que indica não somente se há cointegração, mas, se houver, o número de vetores de cointegração existente.

No caso de um teste com termo de média restrito e sem tendência linear, o termo determinístico do teste tem a forma  $D = \mu_0$  (dummies sazonais); e o processo gerador pode ser escrito como  $\Delta x_t = \Pi^* \begin{bmatrix} x_{t-1} \\ 1 \end{bmatrix} + \sum_{j=1}^{p-1} \Gamma_j \Delta x_{t-j} + \mu_t$ , onde  $\Pi^* = [\Pi : \nu_0]$  é  $(K \times (K + 1))$  com  $\nu_0 = -\Pi \mu_0$  e dummies sazonais negligenciadas. O teste estatístico é obtido pelo reduzido rol de regressões aplicado a este modelo com  $rk(\Pi^*) = r_0$ . Conforme Johansen (1995) é possível construir ainda testes ( $\lambda$ -traço) com a presença de constante e tendência linear, e tendência ortogonal e relações de cointegração.

Identificando-se o(s) vetor(es) de cointegração através do Passo 4, encontram-se os coeficientes  $\alpha$  do modelo em questão. O pacote *freeware* Jmulti, desenvolvido pela *University of Humboldt*, conjuntamente com o software Eviews, foram as ferramentas utilizadas para a estimativa dos modelos.

## 5. BASE DE DADOS

Este capítulo apresenta os dados utilizados para elaboração do trabalho, principalmente no que diz respeito aos utilizados nos modelos econométricos. Visto que a periodicidade utilizada foi mensal, algumas variáveis sofreram transformação, através de

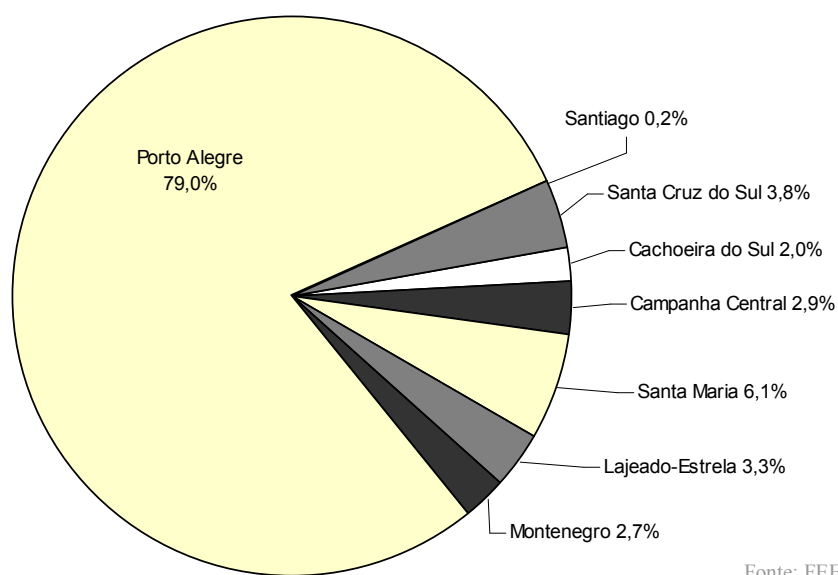
*proxies*, com o fim de se adequar ao critério temporal adotado. É o caso do PIB, por exemplo. As informações disponíveis para esta variável costumam ser anuais; logo, foi necessário recorrer a algum tipo de ajuste.

Outro exemplo de transformação diz respeito à elaboração dos modelos de demanda. Todas as variáveis empregadas (consumo residencial de energia elétrica, produto interno bruto, nível de preços de bens industrializados e tarifas) foram indexadas em janeiro de 1998 igual a 100. Além disso, as variáveis, consumo residencial e PIB estão acumuladas em 12 meses, no sentido de extrair efeitos sazonais. Tanto a descrição das variáveis, quanto as suas possíveis transformações, estão descritas em seus respectivos subtópicos.

No que diz respeito às variáveis de consumo residencial de energia elétrica e PIB, as mesmas estão expressas em seus valores percapita, isto é, o valor observado destas variáveis estão divididos pela população. Os dados da população foram extraídos da estimativa anual da população dos municípios do Estado do Rio Grande do Sul, calculado pela FEE. A seguir os dados anuais foram interpolados através do método *spline cubic* de modo incorporar os dados mensais.

## **5.1 Consumo residencial de energia elétrica**

Os dados de consumo residencial de energia elétrica das oito microrregiões analisadas foram extraídas do banco de dados da Fundação de Economia Estatística (FEE). Além disso, foi coletado o consumo residencial total de energia elétrica do Estado do Rio Grande do Sul. A periodicidade foi mensal, a partir janeiro de 1998 a dezembro de 2005, conforme apresentado na tabela abaixo.

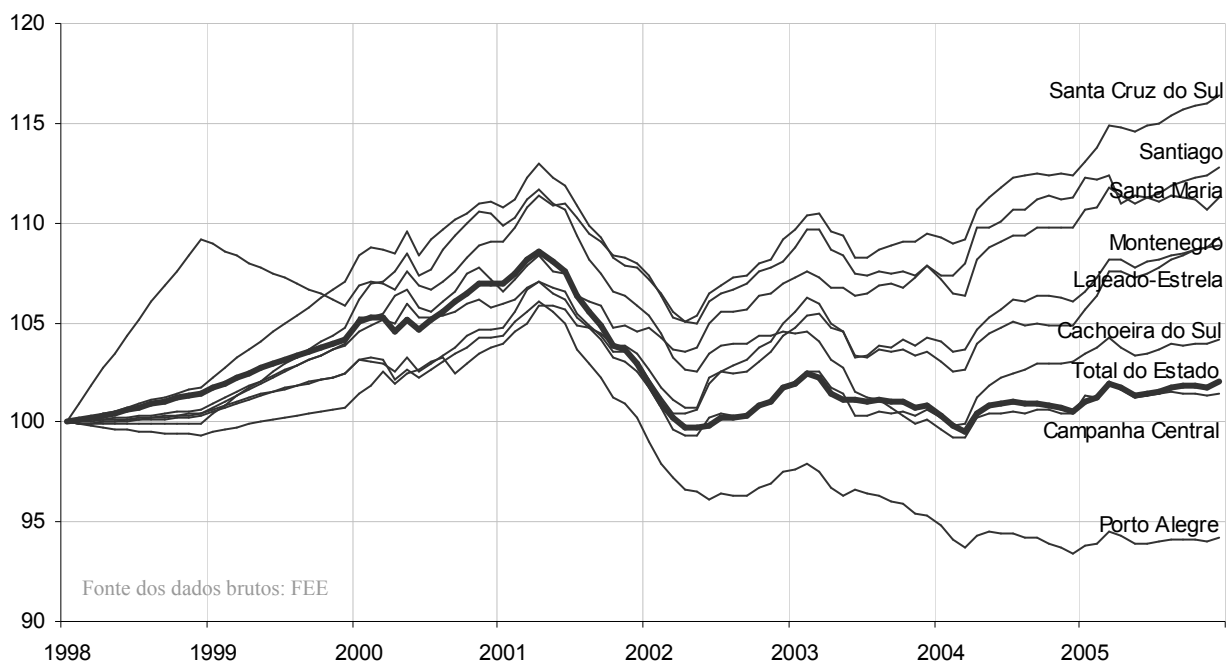


**GRÁFICO 1: PARTICIPAÇÃO DO CONSUMO SOBRE O TOTAL DAS OITO MICRORREGIÕES**

O consumo residencial das oito microrregiões corresponde a cerca de 57% do consumo residencial total do Estado. No entanto, assim como será o caso da variável PIB, existe uma significativa concentração do consumo entre as regiões. A microrregião de Porto Alegre, por exemplo, detém cerca de 80% do somatório das oito microrregiões.

Embora a microrregião de Porto Alegre apresente a maior participação no consumo residencial de energia, ela não mantém posição semelhante no que diz respeito à comparação entre taxas de crescimento. Conforme observado na tabela abaixo, a microrregião de Porto Alegre situa-se entre os três piores desempenhos, conjuntamente com as microrregiões Cachoeira do Sul e Campanha Central. Em contrapartida, Restinga Seca, que possui a menor participação no consumo total, foi a microrregião que apresentou taxas de crescimento mais robustas ao longo do período analisado.

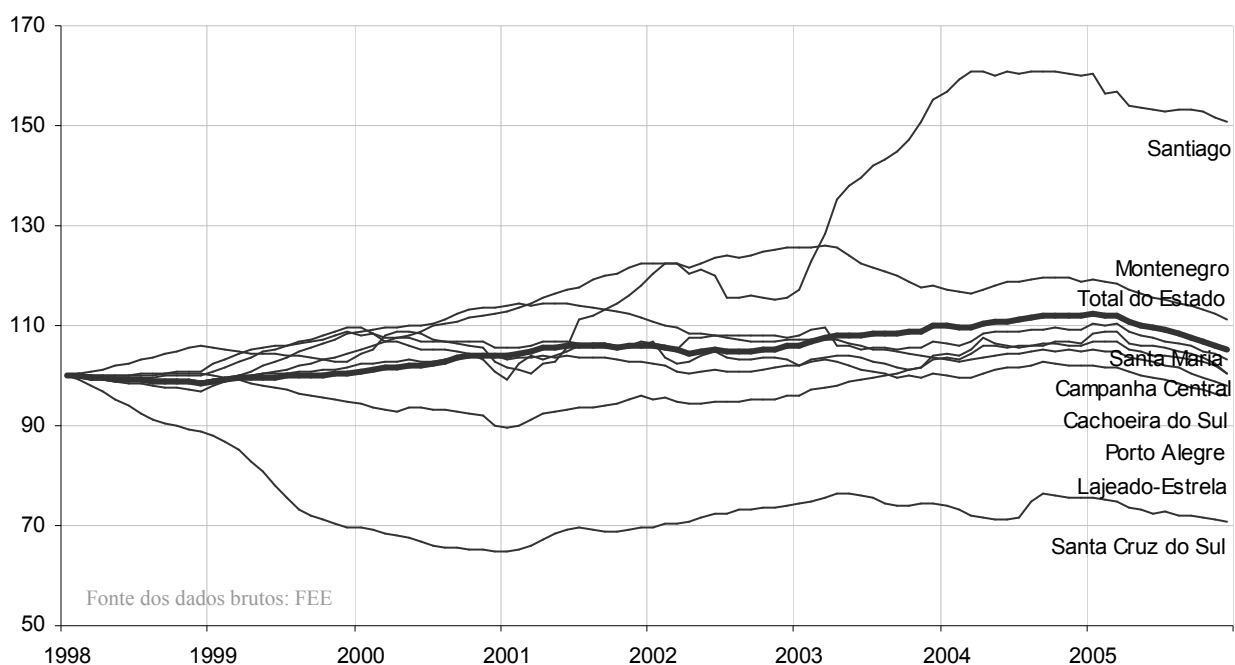




**GRÁFICO 2: EVOLUÇÃO DO CONSUMO RESIDENCIAL PERCAPITA (JAN/1998=100)**

## 5.1 Produto Interno Bruto

Em termos de grandeza, o Produto Interno Bruto das microrregiões seguem o mesmo padrão de distribuição do consumo residencial de energia. A região de Porto Alegre contempla mais da metade do total do PIB das oito microrregiões, sendo que é relativamente mais estagnada no que diz respeito à evolução da renda agregada ao longo do tempo. O gráfico abaixo apresenta esta evolução, bem como o próprio desempenho do PIB do Estado, destacado na linha cinza.



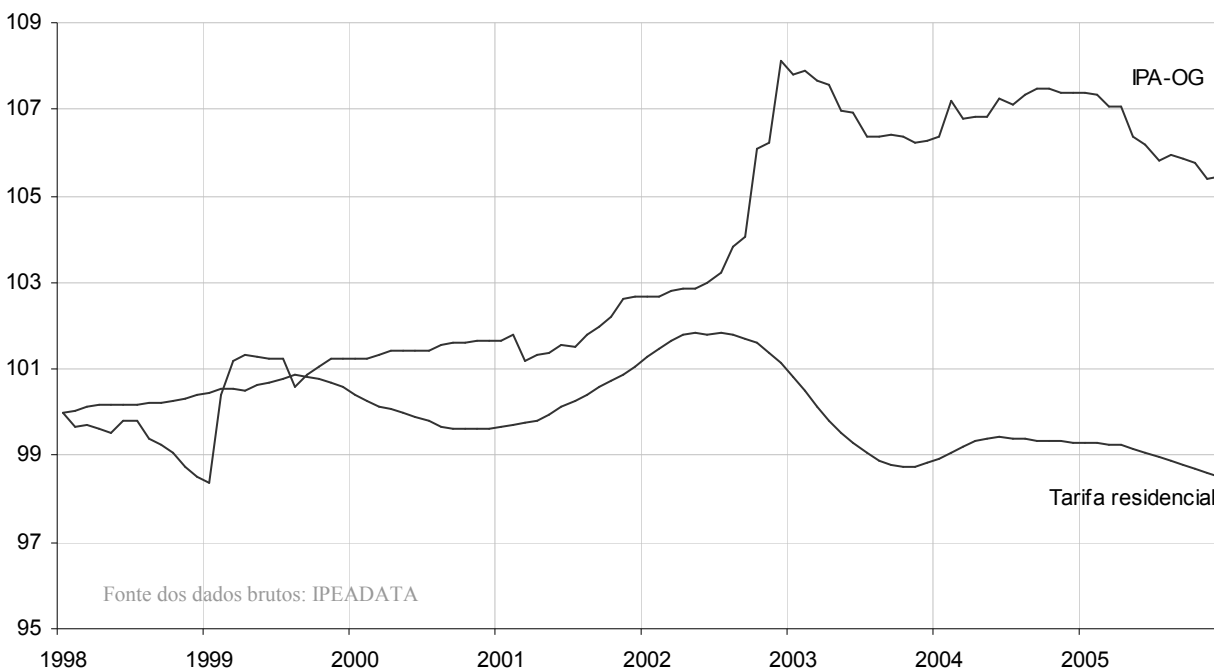
**GRÁFICO 3: EVOLUÇÃO DO PRODUTO INTERNO BRUTO PERCAPITA (JAN/1998=100)**

Os dados do PIB das microrregiões foram coletados a partir das séries anuais do PIB dos municípios gaúchos, estimada pela FEE. Assim, o PIB das microrregiões referem-se ao somatório de seus respectivos municípios, elencados na Tabela 1. Como as últimas estimativas do PIB dos municípios disponíveis pela FEE vão até 2004, utilizou-se a média da participação do município na composição do PIB do Estado, entre os anos de 2003 e 2004, para ratear o PIB municipal de 2005. Aprontada a série 1998-2005 do PIB, foi necessária convertê-la de valores nominais a preços constantes de 2005. O procedimento foi utilizar o valor monetário estimado para o ano de 2005 e regredi-lo, até 1998, em função da taxa de crescimento estimada para cada ano. Com a posse da série do PIB do Estado em valores constantes de 2005, voltou-se a utilizar a participação dos municípios para ratear esse PIB constante de cada ano.

O passo final foi encontrar uma *proxy* para tornar o PIB mensal. A metodologia consistiu nas seguintes etapas. Primeiro, verificou-se a participação dos Valores Adicionados Brutos dos setores de Serviços e Indústria de cada microrregião na composição do PIB total da microrregião. Ao mesmo tempo, foram coletados os consumos de energia elétrica comercial e industrial de cada microrregião. Em seguida, gerou-se o consumo agregado mensal de energia comercial e industrial, ponderados pela participação dos respectivos Valores Adicionados Brutos. Esta nova série foi utilizada para servir de pesos para cada mês, de modo que o PIB a preços constantes de 2005 pudesse ser rateado para cada ano. Por fim, como mencionado no início do capítulo, a série mensal utilizada foi acumulada em doze meses; evitando efeitos sazonais.

## **5.2 Nível de preços e tarifas**

Conforme metodologia empregada nas pesquisas de referência a este trabalho, a utilização dos níveis de preços de bens eletrônicos e das tarifas de consumo de energia elétrica são variáveis chave para elaboração dos modelos de demanda. As variáveis utilizadas foram o IPA-OG PI, para o nível de preços, e a tarifa média por MWh, para o nível de tarifas. Ambas as variáveis foram extraídas do banco de dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). O gráfico abaixo apresenta a evolução destas variáveis ao longo do período em estudo.



**GRÁFICO 4: EVOLUÇÃO DO NÍVEL DE PREÇOS E TARIFAS (JAN/1998=100)**

### 5.3 IDESE – Índice de Desenvolvimento Socioeconômico

O Índice de Desenvolvimento Socioeconômico (IDese) será utilizado como critério de comparação entre os resultados obtidos pelos modelos econométricos com a realidade socioeconômica de cada microrregião. O IDese é estimado pela Fundação de Economia e Estatística e possui a seguinte metodologia:

O Idese é um índice sintético, composto por 12 indicadores divididos em quatro blocos temáticos: Educação; Renda; Saneamento e Domicílios; e Saúde. Esses indicadores são transformados em índices e, então, agregados segundo os blocos aos quais pertencem, gerando, assim, quatro novos índices (um para cada bloco). O Idese é o resultado da agregação dos índices desses blocos.

Os Indicadores que compõem o Idese são transformados em índices, como se mostra a seguir:

$$I_{x,j,t} = \frac{y_{x,j,t} - LI_x}{LS_x - LI_x}$$

$I_{x,j,t}$  é o índice do indicador  $x$  da unidade geográfica  $j$  no tempo  $t$ ;

$y_{x,j,t}$  é o indicador  $x$  da unidade geográfica  $j$  no tempo  $t$ ;

$LI_x$  é o limite inferior do indicador  $x$ ;

$LS_x$  é o limite superior do indicador  $x$ .

A utilização de limites no cálculo dos índices implica que um município, Corede, ou mesmo o Estado, se possuir um indicador abaixo do limite inferior estabelecido, terá um índice 0 (zero) para esse indicador, ou seja, será classificado quanto a esse indicador como tendo desenvolvimento nulo. Analogamente, unidades geográficas que possuam um indicador maior que o limite (superior) estabelecido possuirão um índice 1 (um) para esse indicador e serão classificadas como totalmente desenvolvidas quanto a este.

A classificação quanto ao nível de desenvolvimento só é possível porque a escolha desses limites é feita com base em parâmetros internacionais (tal como adotado pela ONU em seu Índice de Desenvolvimento Humano - IDH), permitindo, assim, que as unidades geográficas às quais os índices se referem sejam classificadas quanto ao seu nível de desenvolvimento em relação a qualquer localidade (do mundo). Portanto, assim como no IDH, as unidades geográficas podem ser classificadas pelos índices (construídos dessa forma) em três grupos: baixo desenvolvimento (índices até 0,499), médio desenvolvimento (entre 0,500 e 0,799) e alto desenvolvimento (maiores ou iguais que 0,800). Além disso, esses limites, uma vez definidos, são mantidos fixos ao longo do tempo, permitindo-se análises temporais.

Uma vez obtidos os índices dos 12 indicadores de uma determinada unidade geográfica, os índices dos blocos do Idese dessa localidade serão gerados pela média aritmética ponderada dos índices dos indicadores que compõem cada bloco, utilizando-se os pesos mostrados no quadro. E, finalmente, o Idese dessa região será obtido por média aritmética (com pesos iguais de 0,25 para cada bloco) dos índices dos quatro blocos.

Fonte: [www.fee.rs.gov.br](http://www.fee.rs.gov.br)

A Tabela abaixo apresenta o IDESE municipal das oito microrregiões. Os valores observados são as médias dos IDESEs dos respectivos municípios estimados no período.

**TABELA 3: IDESE**

Microrregiões	1991	2000	2001	2002	2003
Cachoeira do Sul	0,604	0,645	0,648	0,650	0,653
Campanha Central	0,680	0,724	0,688	0,689	0,700
Lajeado-Estrela	0,622	0,668	0,660	0,665	0,669
Montenegro	0,604	0,677	0,675	0,675	0,678
Porto Alegre	0,672	0,708	0,706	0,708	0,708
Santa Cruz do Sul	0,596	0,620	0,618	0,626	0,632
Santa Maria	0,636	0,664	0,667	0,670	0,672
Santiago	0,616	0,663	0,666	0,669	0,689
Total do Estado	0,688	0,752	0,751	0,753	0,757

Fonte: FEE

## 5.4 Rumos 2015

Em dezembro de 2005, a Secretaria do Planejamento e Coordenação do Estado do Rio Grande do Sul, realizou estudos pormenorizados acerca da realidade socioeconômica do Estado, mapeando gargalos de desenvolvimento, perspectivas de longo prazo e cenários tendenciais para diversas regiões do Estado. Sob os arcabouços teóricos do *Desenvolvimento Sustentável* e *Planejamento Estratégico*, a pesquisa segmentou o Estado em cinco macrorregiões econômicas, direcionando esforços em compreender a problemática das desigualdades sociais. O estudo intitulado Rumos 2015 foi utilizado como referencial comparativo ao presente trabalho, principalmente no que diz respeito às previsões e diagnósticos efetuados para as oito microrregiões analisadas.

## 6. RESULTADOS

Após a revisão bibliográfica dos modelos, bem como a descrição do levantamento das séries econômicas utilizadas na presente pesquisa, este capítulo apresenta os resultados obtidos para as oito microrregiões. Como base de comparação, resolveu-se gerar a estimativa das elasticidades, bem como as previsões, para o total do Estado do Rio Grande do Sul. O primeiro subtítulo deste capítulo subdivide-se por apresentar o resultado das elasticidades e das previsões geradas com os modelos VAR-VECM. A seguir, apresenta-se a discussão entre o resultado obtido com os modelos e o panorama socioeconômico de cada microrregião.

### 6.1 Resultados gerados com os modelos econométricos

Antes de apresentar os coeficientes e as previsões, serão descritos aqui o resultados dos passos para elaboração dos modelos VAR-VECM, de acordo com o item 4.2.2. Inicialmente o cronograma prevê a elaboração dos testes ADF. A tabela a seguir apresenta o resultado dos testes realizado no Eviews 3.0, com a inclusão ou não dos termos de constante e tendência, a 5% e 1% de significância.

**TABELA 4: RESULTADO DOS TESTES ADF**

Microrregião	Série	Constante	Constante e tendência	Sem constante e tendência
Cachoeira do Sul	C	-4,28478	-4,26657	-4,26504
	Y	-3,06346	-2,97315	-7,37847
Campanha Central	C	-3,62516	-3,74936	-3,64146
	Y	-5,49970	-5,70854	-5,53645

Lajeado-Estrela	C	-4,67228	-4,66919	-4,50078
	Y	-3,47446	-3,89812	-3,45296
Montenegro	C	-4,86549	-4,85914	-4,61187
	Y	-1,88409	-2,75053	-1,90995
Porto Alegre	C	-3,81459	-3,83683	-3,76647
	Y	-2,12379	-2,88812	-2,13496
Santa Cruz do Sul	C	-4,24091	-4,19369	-4,04739
	Y	-3,04687	-3,25780	-2,93179
Santa Maria	C	-4,40913	-4,41850	-4,14466
	Y	-4,32233	-4,75463	-4,34062
Santiago	C	-5,30981	-5,30159	-4,87832
	Y	-3,34889	-3,32218	-3,17671
Total Global - Rio Grande do Sul	C	-3,92980	-3,93495	-3,94416
	Y	-2,74240	-3,05885	-2,74462
Tarifa residencial	P	-2,35590	-2,40256	-2,32241
IPA OG PI	E	-4,44701	-4,52276	-4,47178
Valores críticos de MacKinnon para rejeição da hipótese de raiz unitária	1%	-3,50230	-4,06020	-2,30359
	5%	-2,89280	-3,45860	-1,94360

Conforme observado, é possível afirmar, com 95% de confiança, que a grande maioria das séries pesquisadas são estacionárias em primeira diferença. Com exceção das impressas em cinza, pelo menos um dos testes apresentou estacionariedade para a série. Apenas o PIB da microrregião de Montenegro não apresentou estacionariedade a 5% de significância. No entanto, aplicando-se os testes a 10% de significância, pôde-se rejeitar a hipótese nula de raiz unitária.

A seguir, foram realizados os testes AIC, de modo a verificar o número de defasagens utilizado para cada modelo. Os testes gerados no JMulti incluíram o termo de tendência e foram gerados com um limite máximo de 6 defasagens. Por fim, foram realizados os testes do traço ( $\lambda$ -traço) para identificar o número de vetores de cointegração. A tabela abaixo apresenta os critérios de informação de Akaike e o teste do traço computados pelo JMulti, para cada microrregião.



**TABELA 5: TESTES AIC E ( $\lambda$ -TRAÇO)**

Microrregião	Teste AIC N° Defasagem	Termos adicionais	( $\lambda$ -traço) Hipótese de 1 equação de cointegração
Cachoeira do Sul	2	-	96,6%
Campanha Central	8	-	99,9%
Lajeado-Estrela	10	constante	98,8%
Montenegro	5	constante	99,9%
Porto Alegre	4	constante e tendência	99,9%
Santa Cruz do Sul	4	constante e tendência	98,6%
Santa Maria	2	constante e tendência	86,4%
Santiago	3	-	96,4%
Total Global - Rio Grande do Sul	5	constante e tendência	99,7%

### 6.1.2 Elasticidades-renda

Após os procedimentos-padrão para estimativas dos modelos econométricos, os resultados das elasticidades de longo prazo estão disponibilizados na tabela abaixo.

**TABELA 6: RELAÇÃO DOS COEFICIENTES ESTIMADOS**

Microrregião		$\alpha_1$ : Elasticidade - renda	$\alpha_2$ : Elasticidade - preço tarifa	$\alpha_3$ : Elasticidade - preço prod indust.
Cachoeira do Sul	<b>alfa</b>	<b>2,6632</b>	<b>-2,5272</b>	<b>-1,1849</b>
	desvio-padrão	3,2629	4,4063	1,7056
	estatística t	0,8162	0,5736	0,6947
Campanha Central	<b>alfa</b>	<b>-0,5708</b>	<b>-1,3179</b>	<b>-0,2577</b>
	desvio-padrão	0,3870	0,2956	0,0990
	estatística t	1,4750	4,4591	2,6021
Lajeado-Estrela	<b>alfa</b>	<b>1,5523</b>	<b>-1,9957</b>	<b>-0,1748</b>
	desvio-padrão	0,5842	1,2322	0,1544
	estatística t	2,6571	1,6196	1,1324
Montenegro	<b>alfa</b>	<b>0,5067</b>	<b>-1,6473</b>	<b>-0,3714</b>
	desvio-padrão	0,1342	0,4445	0,1435
	estatística t	3,7754	3,7059	2,5871
Porto Alegre	<b>alfa</b>	<b>0,3899</b>	<b>-0,7317</b>	<b>-0,4022</b>
	desvio-padrão	0,0766	0,2493	0,0656
	estatística t	5,0925	2,9354	6,1333
Santa Cruz do Sul	<b>alfa</b>	<b>1,5439</b>	<b>-1,7298</b>	<b>-1,5329</b>
	desvio-padrão	2,1454	2,0636	1,9126
	estatística t	0,7196	0,8383	0,8015
Santa Maria	<b>alfa</b>	<b>2,0911</b>	<b>-2,0809</b>	<b>-0,4381</b>
	desvio-padrão	1,0939	1,6240	0,4229
	estatística t	1,9117	1,2813	1,0360
Santiago	<b>alfa</b>	<b>2,0450</b>	<b>-0,2532</b>	<b>-2,4406</b>

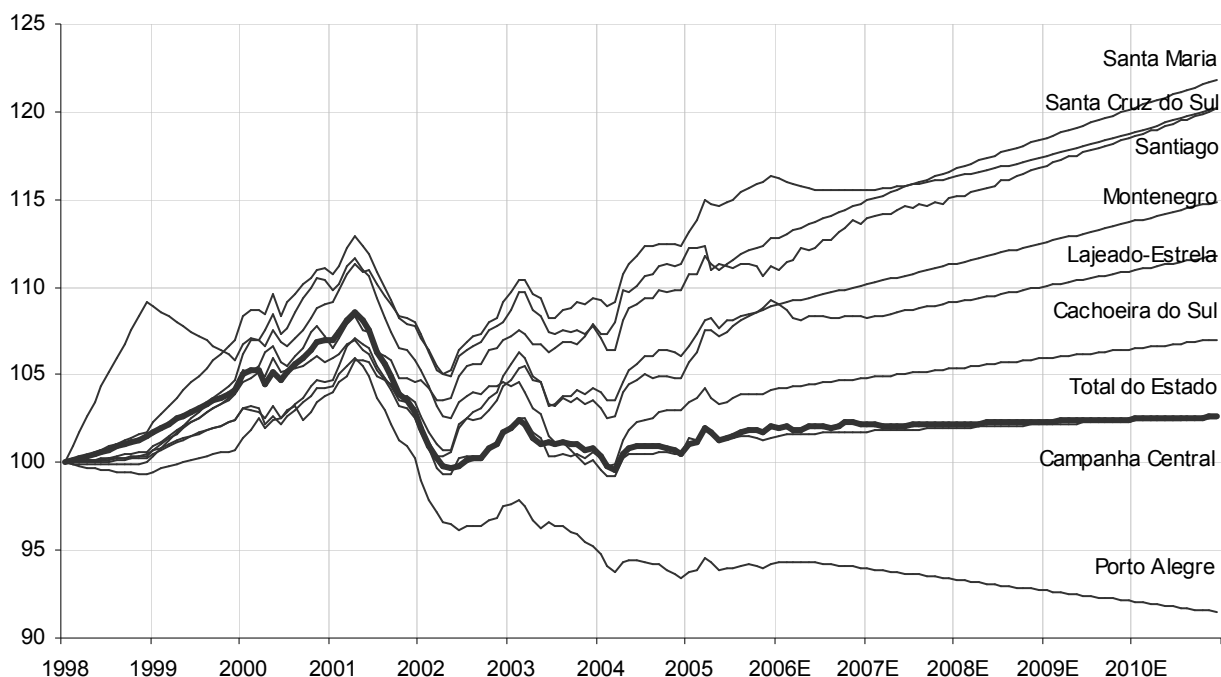
	desvio-padrão	2,6366	1,4737	3,6466
	estatística t	0,7756	0,1718	0,6693
Estado do Rio Grande do Sul	<b>alfa</b>	<b>1,2345</b>	<b>-0,7292</b>	<b>-0,2201</b>
	desvio-padrão	0,2998	0,1544	0,2052
	estatística t	4,1176	4,7237	1,0725

É possível observar que os sinais dos parâmetros estão condizentes com os esperados pela teoria, com exceção de Cachoeira do Sul, que apresentou elasticidade-renda negativa. Além disso, é possível observar que, com exceção das microrregiões de Cachoeira do Sul, Montenegro e Porto Alegre, todas as microrregiões apresentaram elasticidades-renda superiores à estimada para o total do Estado.

### 6.1.3 Previsão de consumo e renda percapita

A seguir, são apresentadas as estimativas de evolução temporal, tanto do consumo residencial quanto do PIB percapita, gerados pelos modelos econométricos.

Quanto à evolução do consumo residencial percapita, os modelos sugerem crescimento positivo para todas as microrregiões, exceto a região de Porto Alegre; que projeta queda de -3,0% acumulado no período 2006-2010. Em contrapartida, a microrregião de Santa Maria apresenta uma perspectiva otimista com relação ao seu crescimento no consumo residencial de energia elétrica: 8,0% acumulada no período 2006-2010. As perspectivas de todas as microrregiões podem ser observadas no gráfico abaixo.

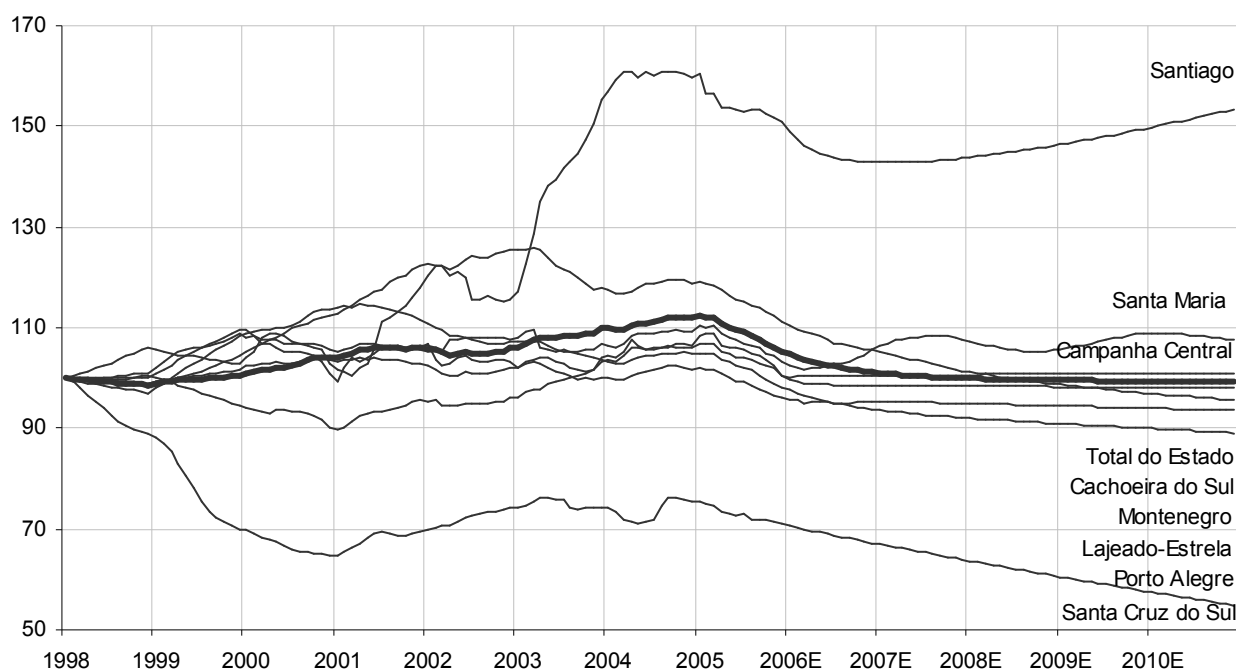


**GRÁFICO 5: PREVISÃO PARA O CONSUMO RESIDENCIAL PERCAPITA (JAN/1998=100)**

Adicionalmente foram feitas previsões de longo prazo para o comportamento da renda percapita, tanto das oito microrregiões quanto para o total do Estado. Neste sentido, destaca-se a microrregião de Santa Cruz do Sul que, registrou crescimento negativo da ordem de  $-22,3\%$  na renda percapita.

Em contraste com as tendências apresentadas no consumo de energia elétrica, que apresentaram crescimento positivo em praticamente todas as regiões analisadas; as estimativas de crescimento das séries da renda são mais pessimistas. Das oito regiões analisadas, seis apresentam queda nas taxas de crescimento da variável renda. O próprio modelo gerado para o total de Estado indica variação negativa de  $-5,3\%$  no período 2006-2010.

A evolução da renda percapita das oito microrregiões mais o total do Estado pode ser observado no gráfico abaixo.



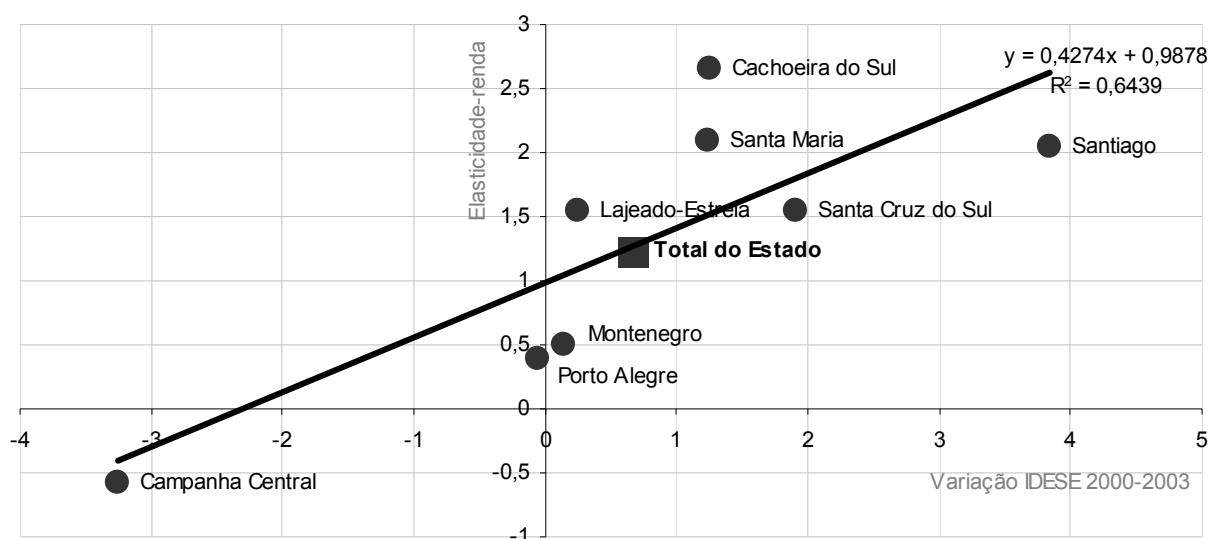
**GRÁFICO 6: PREVISÃO PARA A RENDA PERCAPITA (JAN/1998=100)**

## 6.2 Vinculação dos resultados da pesquisa com o panorama socioeconômico

De posse das estimativas dos coeficientes, bem como das previsões geradas pelos modelos econométricos, é possível estabelecer as comparações entre estes resultados com o IDESE.

Inicialmente, tomando-se por base as estimativas das elasticidades-renda apresentadas na Tabela 6 pode-se afirmar que os coeficientes estão, em média, mais altos que os observados na literatura. A elasticidade-renda de longo prazo para o total do Estado da ordem de 1,2345 é maior que a estimativa da elasticidade-renda brasileira de 1,134, calculada por Andrade (1984); a mais otimista dentre as obras de referência mencionadas.

Ainda analisando os resultados das elasticidades-renda da Tabela 6, observa-se a relativa heterogeneidade das regiões. Enquanto a microrregião de Porto Alegre apresenta elasticidade-renda de 0,3899 a microrregião de Cachoeira do Sul apresentou um  $\beta_1$  de 2,6632. No entanto, estes resultados dispersos parecem apresentar uma certa correlação com as estimativas do IDESE das respectivas microrregiões. Tomando-se as taxas de crescimento acumuladas no período 2000-2003 desse indicador, bem como as elasticidades-renda das microrregiões, é possível construir o seguinte gráfico:



**GRÁFICO 7: ELASTICIDADE-REND A VERSUS EVOLUÇÃO DO IDESE**

A linha de tendência projetada no Gráfico 7 aponta para uma correlação de média a forte, conforme indicado pelo coeficiente  $R^2 = 0,6438$ .<sup>4</sup> Além disso, tomando-se por base que o coeficiente angular da reta de tendência (0,4274) é estatisticamente diferente de zero, é possível afirmar que, para as oito regiões da pesquisa, mais o total do Estado; existe uma

<sup>4</sup> Gujarati (2000) define o índice  $R^2$  como 'uma medida do grau de ajuste de uma reta de regressão, com limites entre  $0 < R^2 < 1$ , indicando a proporção ou porcentagem da variação total de uma série qualquer explicada por uma ou demais séries.' Esta obra de referência formaliza tanto a metodologia de cálculo do  $R^2$ , quanto a própria estimativa da reta de regressão estimada no Gráfico 7.

correlação positiva entre a elasticidade-renda do consumo de energia elétrica e o desempenho do IDESE.

Embora o estudo seja inconclusivo para afirmar que o consumo residencial de energia elétrica possa ser classificado como um bem normal a superior, i.e.: com elasticidade-renda maior ou igual a unidade; é possível observar quatro comportamentos-padrão no que diz respeito a este mercado:

- Elasticidades-renda do consumo residencial de energia elétrica elevadas são indicadores de que o grau de desenvolvimento socioeconômico de uma região apresenta taxas de crescimento elevadas para o mesmo período, indicando a situação de que determinada região não se encontra em estágios finais de desenvolvimento econômico. Neste caso, o consumo residencial de energia elétrica pode ser, ao menos temporariamente, classificado como um bem normal a superior;
- Microrregiões que, em determinados períodos de tempo, apresentam queda nos indicadores sociais, tendem a apresentar coeficientes de elasticidade-renda nulas ou negativas.
- Não é possível afirmar que as microrregiões que registraram elasticidades-renda no intervalo  $[0:1]$  tenham alcançado um nível ótimo de consumo residencial de energia elétrica.
- Elasticidades-renda relativamente dentro do intervalo  $[0:1]$  são indícios de que os indicadores sociais não têm apresentado evoluções significativas, configurando-se um cenário de estacionariedade econômica.

Os tópicos seguintes apresentam uma análise mais detalhada para cada microrregião. Para tanto, além dos resultados obtidos com os modelos econométricos, as previsões de consumo e renda percapita e o IDESE; serão utilizadas – conforme mencionado no capítulo 5 – as contribuições do estudo Rumos 2015, elaborado pela Secretaria do Planejamento e Coordenação do Estado do Rio Grande do Sul.

### **6.2.1 Cachoeira do Sul**

A microrregião de Cachoeira do Sul foi a responsável por registrar a maior elasticidade-renda entre as oito regiões analisadas: 2,6632. De acordo com a análise traduzida pelo Gráfico 7, este parâmetro vai de encontro com as taxas de crescimento do IDESE para a microrregião no período em análise. Neste sentido, o estudo Rumos 2015 constatou que a evolução da população ocupada entre 1991 e 2000 alcançou taxas de 1,7% a.a., maior que o crescimento populacional (1,4% a.a.); indicando uma ampliação significativa do mercado de trabalho regional.

No entanto, as projeções de crescimento do consumo residencial e da renda percapita foram comparativamente menos expressivas, projetando, para o fim de 2010, crescimentos acumulados desde janeiro de 1998 da ordem de 7,0% e 98,0%, respectivamente. A projeção, portanto é contrária à estabelecida pelo Rumos 2015, principalmente no que diz respeito ao crescimento do PIB percapita. O diagnóstico da Secretaria do Planejamento é de que o comportamento da renda percapita seja, até 2015, seja consideravelmente mais elevada que a do Rio Grande do Sul, classificando-se entre as maiores do Estado.

### **6.2.2 Campanha Central**

A microrregião caracteriza-se pela baixa densidade populacional, pela concentração fundiária, bem como uma forte participação em bovinocultura. Juntos, os quatro municípios que compõem a microrregião detêm cerca de um décimo dos rebanhos do Estado. No entanto, a região apresenta déficits em sua matriz industrial, concentrando-se em atividades ligadas ao setor primário, apresentando pouco dinamismo.

Este diagnóstico acompanha o parecer elaborado pelo Rumos 2015. O estudo indicou que a renda percapita cresceu 0,2% a.a., ao longo da década de 90. Ou seja, em termos de absorção produzido pela atividade econômica, a microrregião não acompanhou a taxa de crescimento gaúcha, mantendo uma renda percapita média de cerca de 41% inferior ao do Estado, no período 1998-2005.

Os indicadores de desenvolvimento econômico andam na mesma trajetória. A taxa de analfabetismo de cerca de 8% é maior que a média estadual. Indicadores de mortalidade infantil encontram-se entre os mais elevados do Estado. Situações como essa conduziram a um agravamento do ambiente econômico da região, refletido por uma queda nas taxas de crescimento do IDESE ao longo do tempo. A estimativa do modelo econométrico para a região registrou elasticidade-renda negativa (-0,5708), convergindo para este panorama pessimista. Quanto às previsões, o modelo apontou para um crescimento do consumo residencial percapita de energia elétrica da ordem de 2,6%, acumulado no período 1998-2010, projetando potencialidades de melhoria no aspecto da infra-estrutura social básica.



### **6.2.3 Lajeado-Estrela**

Os 31 municípios que compõem a microrregião de Lajeado-Estrela apresentaram uma renda real percapita média de cerca de 29% superior à verificada no Estado. No entanto, de acordo com as estimativas do IDESE, a localidade permaneceu relativamente estagnada no que diz respeito à melhoria de suas características socioeconômicas. Mesmo assim, a evolução do consumo residencial de energia elétrica apresentou algum dinamismo, registrando elasticidade-renda acima da unidade. Quanto às previsões geradas pelo modelo econométrico, estimou-se um crescimento acumulado de 2,5%, no consumo residencial de energia elétrica, e -2,3%, para o PIB percapita, entre 1998 e 2010.

### **6.2.4 Montenegro**

A microrregião de Montenegro apresentou a maior evolução do IDESE no período 1991-2000, comparativamente às demais microrregiões analisadas. Essa informação é refletida pelo Rumos 2015, apontando a localidade como uma das mais dinâmicas do Estado. De acordo com o estudo, houve um diferencial positivo de 6,5% entre a evolução população economicamente ativa e o crescimento demográfico. Esse desempenho do mercado de trabalho refletiu-se em pequenos aumentos dos níveis de renda percapita regional, de 0,5%a.a. entre 1991 e 2000 e, embora a participação na renda média gaúcha ter decrescido no período (de cerca de 29% a mais que a média estadual, passando para, aproximadamente, 23%) a economia local persiste como uma das mais elevadas do Estado.

No entanto, os resultados desse índice em anos posteriores apresentaram relativa estagnação. Em virtude desse fato, a sensibilidade do consumo residencial de energia elétrica

frente à variação da riqueza agregada dessa economia apresentou-se dentro dos limites [0:1], caracterizando-se por um consumo normal. A previsão para o PIB percapita gerado pelo modelo econométrico acompanha essa tendência, indicando evolução da renda ainda menor que a projetada para o Estado.

#### **6.2.5 Porto Alegre**

Como era de se esperar, a microrregião de Porto Alegre correspondeu a economia com o maior volume de consumo residencial percapita de energia elétrica, ao longo do período em questão. Nesse sentido, incrementos em um consumo que já é relativamente elevado tornam-se cada vez menos perceptíveis, em termos de taxas de crescimento. O modelo para a microrregião apontou elasticidade-renda de 0,3899, acompanhando de perto o observado em Montenegro. O fato preocupante veio das previsões: a microrregião destacou-se como a segunda pior em termos de evolução do PIB percapita até 2010. Segundo as estimativas, excluindo-se modificações exógenas no sistema, através de políticas que promovam o crescimento econômico; a renda percapita da microrregião tenderá a decrescer 8,7% no período 1998-2010.

#### **6.2.6 Santa Cruz do Sul**

A microrregião de Santa Cruz do Sul capitaliza cerca de 30% da produção de fumo do Estado. De acordo com o Rumos 2015, houve crescimento da atividade produzida de 1,2%a.a. no período 1991-2000. No entanto, foi registrada queda na produtividade: 1,8 para 1,6 ton/ha no período. A atividade é caracterizada por agricultura familiar ligada a indústrias próximas de transformação, e que geram baixo poder aquisitivo para a comunidade. O estudo

indicou a presença de desigualdades internas, quando se considera o dinamismo das cidades ligadas ao setor dominante e as pequenas propriedades rurais integradas.

O diagnóstico do estudo Rumos 2015 é corroborado pelos resultados da presente pesquisa. A microrregião de Santa Cruz do Sul apresentou pior previsão de renda pessoal até 2010: queda de 22,3% no período 1998-2010. No entanto, devido à elasticidade-renda gerado pelo modelo econométrico ter-se situado em 1,5439, espera-se que o consumo residencial de energia elétrica ainda possua potencialidades de crescimento percapita. A previsão de demanda direcionou-se nesse sentido, registrando *forecast* de 3,5% de crescimento no período 1998-2010.

#### **6.2.7 Santa Maria**

Situada na região central do Rio Grande do Sul, a microrregião de Santa Maria, apresentou uma evolução da renda percapita semelhante ao verificado no total do Estado, porém mantendo uma renda percapita mensal média de, aproximadamente, R\$ 684; 38% abaixo do Rio Grande do Sul. O município que dá nome à microrregião caracteriza-se por ser um pólo urbano com expressiva participação do setor de serviços na composição do PIB municipal.

Os indicadores registrados no IDESE indicam que a microrregião apresentou evolução positiva de 1,2% no período 1991-2003. Além a estimativa de elasticidade-renda apresentar dinamismo no acesso da população ao consumo de energia elétrica, o parecer do estudo Rumos 2015 apresenta para alguma evolução dos aspectos socioeconômicos da região. De acordo com o estudo, a população ocupada na microrregião e arredores cresceu à taxa de 1,8%a.a. entre 1991 e 2000; semelhante ao total do Estado. Ainda, o crescimento do emprego

com carteira assinada chegou quase a 2% a.a., sendo a maior parte das oportunidades geradas pelo setor terciário e administração pública.

#### **6.2.8 Santiago**

A microrregião destacou-se como a mais dinâmica, em termos de evolução do consumo residencial de energia elétrica e PIB percapita, dentre as oito microrregiões analisadas. Para essas duas variáveis, as previsões geradas pelo modelo econométrico estimou crescimentos de 8,3% e 3,1% entre 1998 e 2010, respectivamente.

Além disso, a microrregião apresentou evolução de 3,8% no IDESE: a mais alta dentre as oito microrregiões. O consumo percapita de energia elétrica foi sensível a esta evolução da renda, sendo que no período de análise (1998-2005) a elasticidade-renda situou-se entre as mais altas da pesquisa: 2,0450. Esta evolução significativa deveu-se ao dinamismo econômico promovido pelas culturas da soja e do trigo, num ambiente de forte presença de agricultura familiar; caracterizando uma distribuição mais igualitária de renda agrícola.

## 7. CONCLUSÃO

Este trabalho buscou trazer contribuições acerca da compreensão de um bem classificado pela literatura como normal, em termos de elasticidade-renda, e básico, sob o ponto de vista da infra-estrutura social; comercializado em microrregiões situadas numa economia eminentemente subdesenvolvida, mas com características distintas entre si.

Os resultados obtidos com os modelos econométricos corroboraram este contexto, apresentando elasticidades-renda significativamente heterogêneas. No entanto, ao comparar as elasticidades com o desempenho do IDESE, foi possível observar uma certa relação positiva entre a melhoria de indicadores sociais com incrementos no consumo residencial percapita de energia elétrica, ao longo do tempo.

A ferramenta VAR-VECM possibilitou gerar previsões tanto do consumo residencial de energia elétrica, quanto do desempenho do PIB percapita para as regiões analisadas. No que se refere a esta última variável, as previsões revelaram-se relativamente pessimistas. Com exceção de duas microrregiões, todas as demais tenderam a acompanhar a expectativa de evolução do PIB percapita do Estado do Rio Grande do Sul. Por sua vez, os modelos apontam para um crescimento inexpressivo da renda para os próximos anos.

O estudo foi insuficiente no que diz respeito a confrontar-se com a prerrogativa teórica de que o consumo residencial de energia elétrica comporta-se necessariamente como um bem normal. Pelo fato de grande parte da literatura especializada debruçar-se sobre economias classificadas como desenvolvidas, e, ao mesmo tempo, pelo reduzido tamanho da

amostra coletada; não foi possível comprovar divergências deste pressuposto microeconômico, ao menos no longo prazo.

Em contrapartida, pesquisas vinculando mercados de bens essenciais como *proxies* de desenvolvimento econômico de microrregiões, tendem a se tornar mais freqüentes, devido tanto a crescente disponibilidade de séries temporais regionalizadas, quanto ao desenvolvimento de ferramentas e técnicas de análise que conduzam a modelos teóricos cada vez mais aderentes ao ambiente em questão.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- ANDRADE, T. & LOBÃO, W. **Elasticidade-renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil**. Texto para discussão n. 489, RJ, IPEA. (1997)
- ENDERS, W. **Applied Econometric Time Series**. Nova Iorque. Wiley. 1995.
- ENGLE, ROBERT F., GRANGER, C.W.J. (1987) Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing, **Econometrica** 55, 251–276.
- ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, SECRETARIA DA COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO. **Rumos 2015: Um plano de desenvolvimento para o Estado**. [www.scp.rs.gov.br](http://www.scp.rs.gov.br). Acessado em 17/10/2006.
- ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA SIEGFRIED EMANUEL HEUSER. **FEEDADOS – BANCO DE DADOS FEE**. [www.fee.rs.gov.br](http://www.fee.rs.gov.br). Acessado em 02/09/2006.
- FERGUSON, R., WILKINSON, W., HILL, R. Electricity use and economic development. **Energy Policy** v.28, p. 923-934. 2000.
- GUJARATI, D. **Econometria Básica**. São Paulo. Makron Books. 2000.
- GHOSH, S. Electricity consumption and economic growth in India. **Energy Policy** 30, 125–129. 2002
- JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors, **Journal of Economic Dynamics and Control** 12: 231-254. 1988.
- JOHANSEN, S. **Likelihood-based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models**, Oxford University Press, Oxford. 1995.

MODIANO, E. M. **Elasticidade-renda e preço da demanda de energia elétrica no Brasil.**

Texto para discussão no 68, Departamento de economia - PUC/RJ. 1984.

SCHIMDT, C. A. J., LIMA, M. A. M. A demanda por energia elétrica no Brasil. **Revista Brasileira de Economia.** 58(1):67-98. (2004).

SHIU, A., LAM, P.-L. Electricity consumption and economic growth in China. **Energy Policy** 32, 47–54. 2004.

SILK, J. I., JOUTZ, F. L. Short and long-run elasticities in US residential electricity demand. **Energy Economics** 19 p.493-513. 1997.

SMITH, K. Estimating the price elasticity of US electricity demand. **Energy Economics** p.81-85. 1980.

VARIAN, H. **Microeconomia – Princípios Básicos.** São Paulo. Elsevier 6 ed. 2003.

YANG, H.Y. A note on the causal relationship between energy and GDP in Taiwan. **Energy Economics** 22, 309–317. 2000.

YOO, S.H. Electricity consumption and economic growth: evidence from Korea. **Energy Economics** 33, 1627–1632. 2005.