



**“ANÁLISE DA ELASTICIDADE-RENDA DO CONSUMO
TOTAL DE ENERGIA ELÉTRICA E DA ELASTICIDADE
RENDA E PREÇO DA DEMANDA RESIDENCIAL DE
ENERGIA ELÉTRICA DA AES ELETROPAULO”**

ELIAS BARQUETE ALBARELLO

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
FEA - Faculdade de Economia e Administração
Programa de Estudos Pós-Graduados em Administração

1. Objetivo

Este trabalho apresenta dois objetivos: I) uma análise empírica da elasticidade-renda da demanda total por eletricidade, concentrando-se na estimação da elasticidade-renda da área de atuação da AES Eletropaulo; II) uma análise da evolução do consumo residencial, introduzindo estimativas preliminares das elasticidades renda e preço da sua demanda agregada.

2. Introdução.

Tradicionalmente, o comportamento da carga da AES Eletropaulo tem sido bem explicado pelo nível da atividade geral da economia, este último representado pelo Produto Interno Bruto nacional (PIB). A medida usual desse relacionamento é a elasticidade da carga da empresa em relação ao produto nacional, entendida como a reação de quantidade a alterações da atividade econômica.

A idéia central deste estudo é mostrar como o conjunto de usuários do serviço reage às tarifas médias a eles cobradas, bem como qual o efeito que a variação dos rendimentos médios das pessoas ocupadas e do aumento de clientes tem sobre as quantidades consumidas neste serviço. Como as tarifas, os rendimentos e o incremento dos novos clientes sofreram significativas modificações no período analisado, é importante isolar os efeitos que essas variações provocaram no consumo residencial, para melhor compreender como o consumo se comportará no futuro diante de um dado cenário sócio-econômico prospectivo.

Nesta avaliação, para a estimação da função da demanda residencial de eletricidade, foram utilizadas séries de dados relativos ao período 1995–2006, referentes ao consumo total e residencial da empresa, às médias anuais do rendimento assalariado nominal efetivamente recebido pela população ocupada da região metropolitana de São Paulo (PME/IBGE), aos valores médios anuais da tarifa de energia elétrica da classe residencial e do número de consumidores residenciais anuais (contas emitidas).

Para o desenvolvimento deste trabalho, serão utilizados modelos econométricos e técnicas estatísticas disponíveis no software Eviews – versão 5.1.

3. Análise Exploratória dos Dados

A maior parte das análises do presente trabalho se concentra na utilização dos dados do número de consumidores e consumo de energia elétrica da AES Eletropaulo e dos principais indicadores correlacionados, especificamente PIB e Renda Nominal da população ocupada da RMSP, referentes ao período de 1991 e 2006.

4. Variáveis (tabela abaixo)

Variável	Código	Significado	Tipo	Unidade de Medida
PIB(séries antiga e nova)	N/A	Produto Interno Bruto	Variável Quantitativa	R\$ mil
Consumo Total	N/A	Consumo Total de Energia Elétrica, considerando todas as classes (residencial, comercial, industrial, poderes públicos)	Variável Quantitativa	MWh
Consumo Residencial	N/A	Consumo Total de Energia Elétrica, considerando somente a classe residencial.	Variável Quantitativa	MWh
Renda Nominal	N/A	Rendimento médio nominal da população ocupada na Região Metropolitana de São Paulo	Variável Quantitativa	R\$
Consumidores Líquidos	N/A	Número de consumidores residenciais de energia elétrica	Variável Quantitativa	N/A

I. Análise da Elasticidade-Renda do Consumo Total de Energia Elétrica

1. Tabelas de dados

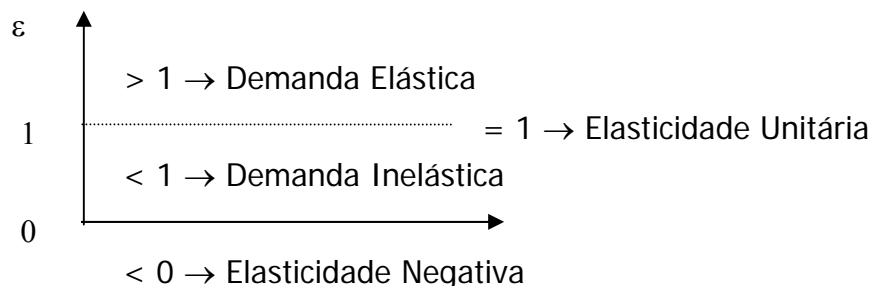
Anos	Carga ELPA (MWh)	PIB Brasil		Taxas Anuais de Crescimento (%)			Elasticidades no ponto (Anuais)	
		Antigo 1990=100	Novo (1991=100)	Carga ELPA	PIB Brasil		Carga ELPA	
				ELPA	Antigo	Novo	c/ PIB antigo	c/ PIB novo
1.991	33.748	101,03	100,00					
1.992	32.962	100,49	99,53	-2,33	-0,54	-0,47	4,315	4,986
1.993	34.231	105,43	104,18	3,85	4,92	4,67	0,782	0,826
1.994	35.007	111,60	109,73	2,27	5,85	5,33	0,387	0,425
1.995	36.943	116,31	114,58	5,53	4,22	4,42	1,310	1,252
1.996	37.706	119,41	117,04	2,07	2,66	2,15	0,776	0,960
1.997	38.990	123,31	120,99	3,41	3,27	3,37	1,042	1,009
1.998	39.298	123,48	121,04	0,79	0,13	0,04	5,993	22,237
1.999	38.983	124,45	121,34	-0,80	0,79	0,25	-1,019	-3,168
2.000	41.611	129,88	126,57	6,74	4,36	4,31	1,546	1,565
2.001	36.724	131,58	128,23	-11,74	1,31	1,31	-8,971	-8,946
2.002	37.469	134,12	131,64	2,03	1,93	2,66	1,050	0,763
2.003	38.981	134,85	133,15	4,04	0,55	1,15	7,362	3,512
2.004	40.716	141,51	140,76	4,45	4,94	5,71	0,901	0,780
2.005	42.138	144,74	144,90	3,49	2,28	2,94	1,532	1,186
2.006	43.516	148,88	150,27	3,27	2,86	3,70	1,145	0,883

2 - Teoria Econômica

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. Pode-se chamar a elasticidade-renda da demanda de um bem (ϵ) como a sensibilidade desta ante as variações da renda, podendo ser definida como:

$$\epsilon = \frac{\frac{\Delta GWh}{GWh}}{\frac{\Delta Renda}{Renda}} = \frac{\%GWh}{\%Renda}$$

Assim, 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.



No quadro a seguir, estão exibidas as principais relações da elasticidade-renda da demanda.

Quadro 1 - Resumo das Principais Relações

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

1 - (Conforme Sullivan e Sheffrin, 2000, Ed. LTC).

Entre os fatores que afetam a elasticidade-renda, destacam-se:

i. Necessidade do Bem

Um bem pode ser qualificado como essencial ou bem de luxo. Usualmente, quando um bem é considerado essencial, a elasticidade-renda é baixa. Variações na renda (positivas ou negativas) não afetam o consumo de forma acentuada, o que se revela através de uma elasticidade baixa.

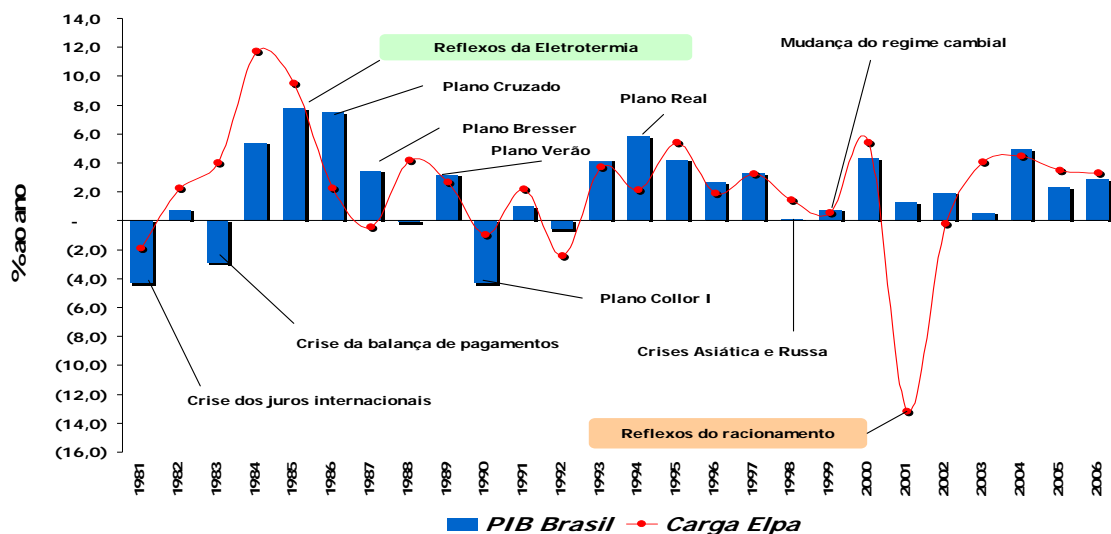
Bens de luxo, por sua vez, apresentam elasticidades-renda altas. Assim como um alto crescimento na renda permite a apropriação deste tipo de bens, um decréscimo na renda gera queda no consumo.

A energia elétrica, entre outros bens, costuma ser caracterizada como um bem essencial, como reconhecem o Ministério da Infraestrutura, a Secretaria Nacional de Energia e a Eletrobrás, em seu Plano Diretor de Meio Ambiente do Setor Elétrico (1990).

Períodos marcados por alto crescimento da renda costumam apresentar demanda inelástica, principalmente se o bem for essencial. Isto significa que dada pouca variação no consumo do bem, uma alta taxa de crescimento da renda propiciará uma elasticidade baixa, em função de sua própria formulação matemática.

O Ministério da Infraestrutura, a Secretaria Nacional de Energia e a Eletrobrás, em seu Plano Diretor de Meio Ambiente do Setor Elétrico (1990) estimam a elasticidade-renda superior a 1 para a década de 80 e os autores a explicam como consequência do baixo crescimento econômico da década.

No Novo Modelo do Setor Elétrico (2004), entretanto, é sugerida uma taxa igual a 1,5 para o período entre 1996 e 2003. Tal resultado é influenciado pelas baixas taxas de crescimento realizadas nos anos 1998 (crises externas), 1999 (desvalorização cambial), 2001 (acionamento de energia), 2002 (recuperação) e 2003 (início do governo Lula), conforme ilustração a seguir:



Usualmente, o nível de renda de uma região está associado com o grau de desenvolvimento atingido. Locais que partiram de níveis mais baixos de desenvolvimento costumam apresentar taxas mais altas de consumo em virtude da rápida expansão econômica a qual estão sujeitos. A AES Eletropaulo atende a uma das regiões mais desenvolvidas do país, com boa infraestrutura inclusive em relação ao acesso à energia elétrica, mas que vem sofrendo os reflexos negativos do longo processo de desconcentração da produção nacional em prol de outras regiões do país e do interior do Estado.

Segundo o IBGE, o Estado de São Paulo vem perdendo participação no PIB nacional. A indústria tem migrado para outros Estados, que eventualmente possam apresentar vantagens de custos, como incentivos fiscais.

A Região Metropolitana, por sua vez, também tem perdido participação para os municípios localizados no interior do Estado, decorrência da desconcentração industrial, ou seja, da reversão da polarização industrial da região. As mudanças estruturais da economia da região têm ampliado a importância do município de São Paulo como centro de serviços e de negócios, alterando assim as suas funções.

Outro fator relevante refere-se ao fato de que a área de atuação da empresa abrange 24 dos 39 municípios da Região Metropolitana de São Paulo, com uma população de 16,2 milhões de habitantes numa área de apenas 4.526 km², o que resulta numa altíssima densidade demográfica de 3.605 hab/km², além de um elevado grau de urbanização e um rendimento médio dos trabalhadores superior em 13% à média nacional.

ii. Substitutibilidade do Bem

Bens facilmente substituíveis podem apresentar elasticidade-renda maior do que 1. O decréscimo na renda pode incentivar o consumidor a procurar fontes alternativas para substituir o consumo do bem, principalmente se ele for essencial.

As fontes alternativas à energia elétrica são representadas principalmente pelo gás natural, em expansão no Estado de São Paulo. Dentro da área de atuação da AES Eletropaulo verifica-se já há algum tempo a ocorrência de crescentes disponibilidades de gás canalizado, atuando de modo mais intenso do que em outras regiões como forma concorrente e substituta da eletricidade e inibindo os aumentos da energia elétrica em uma série de usos industriais importantes.

iii. Curto ou Longo Prazo

No longo prazo, é possível que novos produtos substituam o bem em questão, tornando a elasticidade-renda maior quanto mais longo o período estudado.

Nos Estados Unidos, a elasticidade-renda é igual a 0,06 no curto prazo e 0,52 no longo prazo.

Para o Brasil, a elasticidade-renda para a classe residencial, industrial e comercial, no longo prazo, os valores encontrados para o período entre 1969 e 1999 foram 0,54, 1,72 e

0,64, respectivamente. Tal resultado mostra que mesmo no longo prazo, a elasticidade da demanda de eletricidade se mostrou inferior a 1, exceto para a classe industrial.

3 - Medição da Elasticidade da Carga da AES Eletropaulo em relação ao PIB

Os modelos do quadro 1 podem ser adotados para estimar as elasticidades-renda da eletricidade.

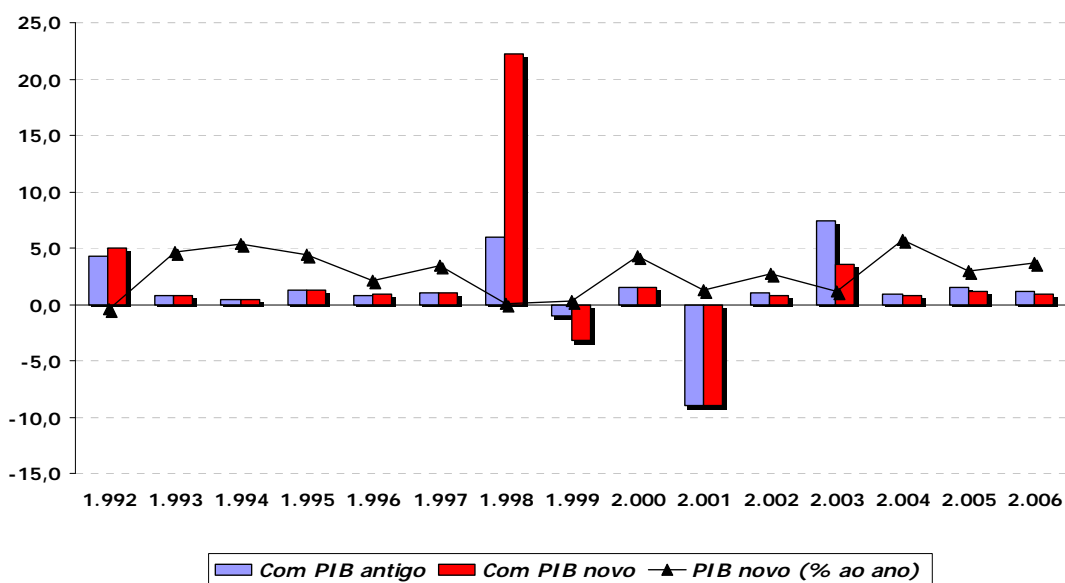
Quadro 1 - Resumo das formas funcionais para os modelos econométricos (H,G e J, página 137)

Modelo	Especificação	Inclinação	Elasticidade
Linear	$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_t + e_t$	β_2	$\beta_2(mX_t/mY_t)$
Recíproco	$Y_t = \beta_1 + \beta_2 \tilde{t}(\beta_1) + e_t$	β_2/mX_t^2	$\beta_2/mX_t mY_t$
Log-log	$\ln(Y_t) = \beta_1 + \beta_2 \ln(X_t) + e_t$	$\beta_2(mY_t/mX_t)$	β_2
Log-linear	$\ln(Y_t) = \beta_1 + \beta_2 X_t + e_t$	$\beta_2 mY_t$	$\beta_2 mX_t$
Linear-log	$Y_t = \beta_1 + \beta_2 \ln(X_t) + e_t$	β_2/mX_t	β_2/mY_t
Log-inverso	$\ln Y_t = \beta_1 - \beta_2(1/X_t) + e_t$	$\beta_2(mY_t/mX_t^2)$	β_2/mX_t
Quadrático	$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_t + \beta_3 X_t^2 + e_t$	$\beta_2 + 2\beta_3 mX_t$	$(\beta_2 mX_t + 2\beta_3 mX_t^2)/mY_t$

Com base nas séries históricas da carga da empresa e nas duas séries do PIB, para o período 1991-2006, foi construída a Tabela 2 que exhibe as taxas anuais de crescimento e as correspondentes elasticidades em um ano.

O estudo prático da curva de demanda da empresa com respeito à atividade econômica não revela um comportamento estável e requer um exame consciencioso dos fatos subjacentes às relações estabelecidas. As elasticidades anuais resultantes, visualizadas na Figura 3, mostraram-se elásticas em alguns anos, inelásticas em outros, e muito próximas da unidade em dois anos. Quais as razões para isso?

FIGURA 3



Algumas razões básicas podem ser mencionadas: a eletricidade, caracterizada como um bem essencial à produção e ao consumo, responde de modo inelástico a altos crescimentos da renda ou do produto econômico e tem um comportamento elástico a pequenos aumentos; também o baixo grau de substituíbilidade da energia elétrica em muitos usos finais inibe a procura por bens alternativos, em situações de fraca atividade da economia e nas reduções da renda; há ainda uma inércia natural entre a ocorrência da demanda por eletricidade e a realização do fato econômico (bens podem ser produzidos, mas ficam estocados e não geram o fato econômico equivalente à demanda elétrica; a posse e os hábitos de uso de muitos equipamentos domésticos permanecem em condição normal de uso mesmo diante reduções na renda, vice-versa nas expansões da renda a posse e uso de novos equipamentos não se dá de modo instantâneo; etc.).

Nas simulações efetuadas, quando se utiliza a nova série do PIB, dois pontos ficaram nítidos: houve melhorias na qualidade dos ajustamentos e resultaram elasticidades menores. Os coeficientes de determinação das regressões (R2) melhoraram em cerca de 20% e as elasticidades resultantes ficaram menores em valores entre 0,15 a 0,25, como apontado na Tabela 3.

TABELA 3
Elasticidades e Taxas de crescimento do PIB e da Carga AES Eletropaulo - 2006

Período de análise - 1994 a 2006 (sem 2001)	PIB (%a.a.)	Elasticidade	Carga (% a.a.)
Ao nível da taxa realizada de 2006 PIB antigo (1)	2,86	1,201	3,43
Ao nível da taxa realizada de 2006 PIB novo (2)	3,70	0,956	3,54
Variação (2-1)	0,84	-0,24	0,10
<hr/>			
Período de análise - 1994 a 2006 (sem 2000 e 2001)	PIB (%a.a.)	Elasticidade	Carga (% a.a.)
Ao nível da taxa realizada de 2006 PIB antigo (1)	2,86	1,082	3,09
Ao nível da taxa realizada de 2006 PIB novo (2)	3,70	0,924	3,42
Variação (2-1)	0,84	-0,16	0,33
<hr/>			
Período de análise - 1991 a 2006 (sem 2001)	PIB (%a.a.)	Elasticidade	Carga (% a.a.)
Ao nível da taxa realizada de 2006 PIB antigo (1)	2,86	1,065	3,05
Ao nível da taxa realizada de 2006 PIB novo (2)	3,70	0,917	3,39
Variação (2-1)	0,84	-0,15	0,35
<hr/>			
Período de análise - 1991 a 2006 (sem 2000 e 2001)	PIB (%a.a.)	Elasticidade	Carga (% a.a.)
Ao nível da taxa realizada de 2006 PIB antigo (1)	2,86	1,008	2,88
Ao nível da taxa realizada de 2006 PIB novo (2)	3,70	0,856	3,17
Variação (2-1)	0,84	-0,15	0,29

Um exame das estimativas para o ano de 2007, o confronto do resultado que foi considerado no ciclo de planejamento passado, com as atuais avaliações, revela apenas diferenças marginais, como pode ser vista na Tabela 4. Os resultados do ciclo de planejamento passado foram calculados ainda sob a égide e premissas de crescimento do PIB antigo, abrangendo o período de 1990 a 2005 e com uma tomada de decisão que descartava os anos de 2000 e 2001. As avaliações atuais consideradas neste confronto decorreram da análise do período de 1991 a 2006, utilizando a série nova do PIB e

mantendo a decisão de descartar os anos de 2000 e 2001. Numa análise de sensibilidade foram adotadas três hipóteses de crescimento econômico, todas dentro de recentes manifestações do mercado.

TABELA 4
Elasticidades e estimativas das Taxas de Crescimento da Carga e do PIB - 2007

Descrição	Taxas de Crescimento do PIB	Elasticidades	Taxas de Crescimento da Carga
Ciclo de planejamento anterior e PIB antigo conforme premissa Budget	3,64	0,857	3,12
Avaliação atual com PIB novo (expectativa baixa), período 1991/2006 e sem 2000 e 2001	4,00	0,813	3,25
Avaliação atual com PIB novo (expectativa média), período 1991/2006 e sem 2000 e 2001	4,20	0,788	3,31
Avaliação atual com PIB novo (expectativa alta), período 1991/2006 e sem 2000 e 2001	4,40	0,764	3,36

No ciclo anterior de planejamento, apesar da adoção do período de 1990/2005 sem os anos de 2000 e 2001 ter sido uma decisão gerencial, coube ao grupo técnico de análise de mercado da empresa informar adequadamente os centros de decisão, apontando sempre um elenco de alternativas de ocorrência possíveis. Da mesma forma, as novas avaliações devem sempre oferecer um conjunto de resultados prováveis para informação e subsídio às futuras decisões.

4. Considerações Finais

Face às características mencionadas da área de concessão da AES Eletropaulo, é natural concluir que sua elasticidade-renda apresenta valor inferior à unidade. Aliás, a elasticidade-renda da AES Eletropaulo seria ainda mais baixa não fosse a importância do setor de comércio e serviços na sua área de atuação, o qual representa 27% da energia elétrica, que tradicionalmente tem sido um segmento dinâmico e elástico em relação à renda.

O fato da demanda ser inelástica em relação à expansão da economia pode causar uma certa estranheza. Entretanto, em alguns períodos de sua história ela foi elástica, assim como é comum encontrar elasticidades-renda maiores do que a unidade para as demais concessionárias, cuja área de concessão abriga indústrias nascentes, para o Estado e Região Sudeste que, apesar de perderem participação no PIB, ainda apresentam um interior em expansão, e para o Brasil, cujo consumo de eletricidade tem crescido a taxas mais altas principalmente no interior.

Entre as causas principais de tal resultado para a demanda por consumo de eletricidade da AES Eletropaulo, destacam-se a natureza essencial da energia elétrica em cidades urbanizadas e industrializadas, o desenvolvimento em infra-estrutura e renda, além da desconcentração industrial ocorrida na área de concessão, a competitividade do gás natural ainda em crescimento e a ausência de outros substitutos consideráveis.

Na maioria absoluta dos ajustes efetuados a utilização da nova série do PIB melhorou a relação da carga com a atividade econômica, dado que o poder de explicação das regressões com o novo PIB sempre foi superior ao das regressões com o PIB antigo;

II – Análise da Elasticidade-Renda e Preço da Demanda Residencial de Energia Elétrica

1. Tabelas de dados

Ano	Consumo Residencial	PIB SP	Renda	Dummy	Renda Real
1991	8.714.497	483.130	565,65	1	
1992	8.808.775	471.393	551,91	1	
1993	9.019.000	499.306	584,59	1	
1994	9.336.000	526.384	616,29	1	
1995	10.346.000	552.047	646,34	1	1.335,79
1996	11.183.000	563.843	791,33	1	1.455,27
1997	11.655.000	586.076	850,16	1	1.478,93
1998	12.120.000	587.356	883,75	1	1.517,80
1999	12.348.864	586.356	856,32	1	1.366,35
2000	12.599.582	607.769	891,95	1	1.365,78
2001	10.466.754	614.968	912,08	0	1.271,20
2002	10.237.203	624.414	972,91	0	1.203,64
2003	10.726.852	626.889	996,50	0	1.127,27
2004	11.207.102	679.479	1.031,07	0	1.104,37
2005	11.690.889	703.728	1.105,38	0	1.135,26
2006	12.398.448	732.108	1.181,38	0	1.181,38

2. Análise da evolução do consumo residencial e de suas variáveis explicativas

Ao longo do período de estudo, o comportamento da classe residencial foi afetado por eventos que perturbaram fortemente a sua trajetória natural, como: o racionamento de energia elétrica, em 2001 e 2002; os volumes das vendas de energias interruptíveis, a partir de 2002; a absorção de parcelas dos consumos industrial e comercial, decorrentes da aplicação da Resolução CAT 79 (reclassificação dos consumidores comerciais e industriais em residenciais, por não apresentarem CNPJ de acordo com a atividade), após 2004; e, as adições dos programas de recuperação das perdas comerciais.

Neste contexto, a exclusão das parcelas da energia interruptível e do consumo proveniente da CAT 79 foi necessária para tornar as séries de consumo e consumidores razoavelmente comparáveis com as séries de renda e preço. No caso das adições do programa de recuperação das perdas comerciais não foi possível a obtenção exata dos volumes decorrentes dos vários programas desenvolvidos pela empresa.

O quadro 1 apresenta os valores do consumo e dos consumidores residenciais do faturamento normal e os líquidos, onde estão descontadas as parcelas do consumo da CAT 79 e das energias interruptíveis.

Quadro 1. AES Eletropaulo - Consumo Residencial 1995/06

Anos	Consumo Faturado		Consumo da CAT 79 MWh	Consumo Interruptível MWh	Consumo Líquido		Consumidores Líquidos	
	MWh	% ao ano			MWh	% ao ano	mil	% ao ano
1995	10.346.000				10.346.000		3.608,0	
1996	11.183.000	8,1%			11.183.000	8,1%	3.747,5	3,9%
1997	11.655.000	4,2%			11.655.000	4,2%	3.836,0	2,4%
1998	12.120.000	4,0%			12.120.000	4,0%	3.914,0	2,0%
1999	12.348.864	1,9%			12.348.864	1,9%	3.983,5	1,8%
2000	12.599.582	2,0%			12.599.582	2,0%	4.137,5	3,9%
2001	10.466.754	-16,9%			10.466.754	-16,9%	4.205,0	1,6%
2002	10.237.203	-2,2%			10.237.203	-2,2%	4.374,4	4,0%
2003	10.726.861	4,8%		9	10.726.852	4,8%	4.543,8	3,9%
2004	11.257.877	5,0%	50.677	98	11.207.102	4,5%	4.648,2	2,3%
2005	11.862.992	5,4%	172.000	103	11.690.889	4,3%	4.802,3	3,3%
2006	12.687.378	6,9%	288.824	106	12.398.448	6,1%	4.985,6	3,8%

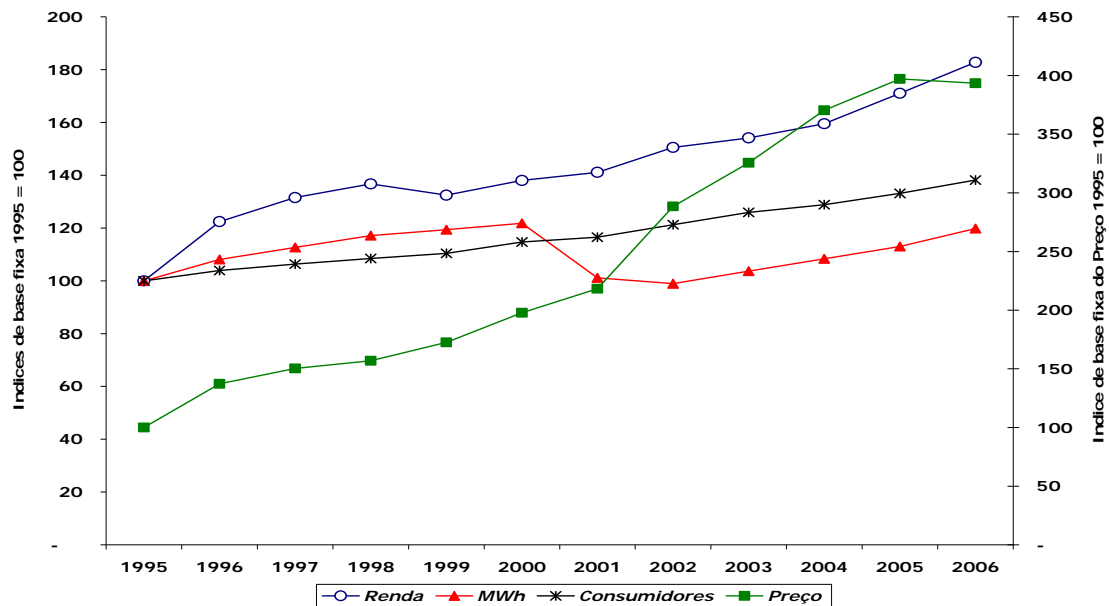
O consumo residencial faturado da empresa evoluiu, em média 4,02%, no período que antecedeu o racionamento (1995 a 2000) e 5,75% entre 2003 e 2006. Neste último período, quando descontados os efeitos da CAT 79 e da interruptível a taxa média anual, embora recue para 4,95%, ainda é maior em quase 1% à dos anos anteriores ao racionamento, refletindo o esquecimento das dificuldades do racionamento, o bom momento do mercado de trabalho, as melhorias no crédito e os reflexos do processo da reestruturação tarifária na classe residencial.

Considerando que o atendimento aos domicílios da área de atuação da empresa está muito próximo ao pleno atendimento fica claro que o aumento na utilização da eletricidade nas residências tem contribuído bastante para o dinamismo da classe nos últimos anos. Esta ampliação, muito provavelmente, se deve ao distanciamento da memória do racionamento (com maior uso dos equipamentos existentes) e da entrada de novos equipamentos no ambiente doméstico. Isto permitido, nos anos mais recentes, tanto pelas constantes melhorias no mercado de trabalho que proporcionaram ganhos reais nos salários e reduções firmes nos níveis de desemprego (com substancial crescimento nos índices de confiança quanto ao futuro), quanto na diminuição do sinal tarifário aos usuários residenciais.

Uma dificuldade é que não se sabe o quanto do consumo pode ser atribuído como uma retomada dos hábitos de consumo anteriores ao racionamento na medida em que restrições vividas em 2001 e 2002 vão sendo esquecidas. De certa forma, isto prejudicou a utilização dos usuais valores reais de rendimento e preço nas avaliações, levando ao emprego de valores nominais até que se consiga avaliar adequadamente os efeitos da memória do racionamento no consumo.

A Figura 1 exhibe ano a ano como o consumo, consumidores, rendimento nominal e tarifa nominal evoluíram no período analisado.

Figura 1
Evolução do consumo (líquido), consumidores residenciais, rendimento médio e tarifa média -1995/2006



3. Estimação da demanda residencial de energia elétrica

Nesta seção será apresentado e discutido o modelo adotado para estimação da demanda residencial da AES Eletropaulo, com base nos dados anuais do período 1995/ 2006, com o qual será possível estimar a reação do consumo ante às variações de cada uma das variáveis explicativas e também fazer previsões das quantidades demandadas futuras desta classe.

Para atingir estes objetivos, foi construído um modelo teórico baseado nos seguintes pressupostos:

- para todos os consumidores ligados à rede de distribuição, assume-se que toda quantidade demandada é fornecida, ou seja, de uma forma geral ou para grande parte dos consumidores, admite-se que não existe o problema de demanda reprimida e que a oferta de eletricidade seja infinitamente elástica.
- com relação ao comportamento da demanda residencial ao longo do tempo, considera-se que o mesmo é influenciado por três variáveis básicas: a tarifa média, o rendimento assalariado e o número de ligações. Em tese, espera-se que reaja negativamente aos aumentos de preço e, positivamente, aos aumentos do rendimento assalariado e do número de ligações. Devido à quebra da trajetória histórica do consumo residencial pelas restrições de oferta durante o racionamento, foi introduzida uma variável binária para interpretar este fato. A forma especificativa foi a seguinte função não linear:

$$C_t = K \cdot P_t^\alpha \cdot Y_t^\beta \cdot N_t^\delta \cdot D_t^\sigma$$

$K > 0, \alpha < 0, \beta > 0, \delta > 0 \text{ e } \sigma > 0$

Onde:

C_t : consumo residencial de energia elétrica no tempo t ;

P_t : tarifa média residencial nominal no tempo t ;

Y_t : rendimento assalariado nominal efetivamente recebido das pessoas ocupadas da RMSB no tempo t ;

N_t : número de consumidores residenciais no tempo t ;

D_t : variável binária “dummy” no tempo t ; e,

K, α, β, δ e σ : coeficientes estimados.

Os parâmetros α, β, δ , representam as reações do consumo frente às variações no preço, no rendimento e no número de ligações.

Como a finalidade desta seção é apenas a introdução da avaliação segmentada e explicitação dos fatores que influenciam a demanda residencial de energia elétrica, foi adotado o método clássico dos mínimos quadrados ordinários, sob as hipóteses do modelo linear geral. Numa etapa mais avançada dos estudos, com o aperfeiçoamento das séries de consumo e visando resultados estatísticos mais robustos, devem ser aplicados modelos de dois estágios e também a modelagem de um vetor autoregressivo (VAR).

Os resultados referentes às estimações efetuadas constam do quadro 2.

Quadro 2
Estimação da demanda residencial

Variável Explicativa	(a)	(b)
K	-2,785747 (-0,572669) *	-
P_t	-0,146757 (-1,612465) *	-0,105950 (-1,955125)
Y_t	0,411192 (2,921079)	0,421002 (3,148306)
N_t	1,106204 (3,127629)	0,905430 (2,026366)
D_t	0,221564 (8,270194)	0,221441 (8,636593)
Testes e Diagnósticos do Ajuste		
R ² ajustado	0,9337	0,9393
F - teste	39,71831	-
Durbin-Watson	2,058660	2,063472
Critério Akaike	-4,77664	-4,89753
Critério Schwarz	-4,57460	-4,73589

Notas: Os valores entre parênteses representam as estatísticas-t de cada um dos coeficientes. O símbolo * ressalta que a hipótese nula dos testes t e F é aceita e as dos demais testes são rejeitadas ao nível de significância de 5%.

De uma forma geral, os resultados obtidos pelo método clássico são expressivos, sendo que o melhor resultado é o do caso (b), onde a hipótese de nulidade é rejeitada para todos os casos com níveis de significância inferiores a 5%; as estimativas dos coeficientes apresentam os sinais teoricamente esperados, negativo para o preço e positivos para o rendimento e o número de consumidores; e não apresentam problemas quanto à autocorrelação serial.

Como esperado, verifica-se que a demanda residencial, embora sensível às variações do rendimento e da tarifa, é bastante inelástica a estas variáveis explicativas e quase perfeitamente elástica quanto ao número de consumidores.

4. Comentários Finais

Este trabalho dá os passos iniciais na busca de melhorias na compreensão da formação do crescimento da demanda residencial de energia elétrica da AES Eletropaulo, pela avaliação segmentada e explícita da composição do seu crescimento e pela estimação de valores preliminares das elasticidades preço e renda da eletricidade.

A despeito de apresentar resultados satisfatórios do ponto de vista dos ajustamentos efetuados, os resultados ainda são provisórios, porquanto a impossibilidade de depurar completamente a base de dados do consumo residencial para eliminar as influências do racionamento e os efeitos dos intensos programas de recuperação das perdas comerciais, sugere a adoção de alguma cautela na utilização dos resultados finais alcançados.

A depuração de influências estranhas ao comportamento natural da classe, com a utilização de recursos econométricos mais avançados e com um maior detalhamento do consumo e das variáveis explicativas como, por exemplo, a abertura do consumo e dos rendimentos por faixas de usuários, poderá contribuir significativamente para uma melhor análise dos fatores que mais contribuem para esta análise.

Modelos Utilizados

MODELO (a)

Dependent Variable: LOG(MWH)
 Method: Least Squares
 Date: 07/07/07 Time: 06:46
 Sample (adjusted): 1995 2006
 Included observations: 12 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	(2,78575)	4.864.499	(0,5727)	0.5848
LOG(NCR)	1,10620	0.353688	3,1276	0.0167
LOG(RENDA)	0,41119	0.140767	2,9211	0.0223
LOG(PRECO)	(0,14676)	0.091014	(1,6125)	0.1509
DUMMY	0,22156	0.026791	8,2702	0.0001
R-squared	0.957799	Mean dependent var	1.624.790	
Adjusted R-squared	0.933684	S.D. dependent var	0.074440	
S.E. of regression	0.019170	Akaike info criterion	-4.776.644	
Sum squared resid	0.002572	Schwarz criterion	-4.574.600	
Log likelihood	3.365.987	F-statistic	3.971.831	
Durbin-Watson stat	2.058.660	Prob(F-statistic)	0.000067	

MODELO (b)

Dependent Variable: LOG(MWH)

Method: Least Squares

Date: 07/07/07 Time: 07:01

Sample (adjusted): 1995 2006

Included observations: 12 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(NCR)	0,90543	0.044682	2,02637	0.0000
LOG(RENDA)	0,421002	0.133723	3,14831	0.0136
LOG(PRECO)	-0,10595	0.054191	(1,95513)	0.0863
DUMMY	0,221441	0.025640	8,63659	0.0000
R-squared	0.955822	Mean dependent var	1.624.790	
Adjusted R-squared	0.939255	S.D. dependent var	0.074440	
S.E. of regression	0.018347	Akaike info criterion	-4.897.525	
Sum squared resid	0.002693	Schwarz criterion	-4.735.890	
Log likelihood	3.338.515	Durbin-Watson stat	2.063.472	

Bibliografia:

Almeida, F.R - " Nota técnica: estudo do comportamento da carga própria de energia elétrica da AES Eletropaulo - Relatório Final de Projeto, 2006

Modiano E. M. Elasticidade renda e preços da demanda de energia elétrica no Brasil. Rio de Janeiro: Departamento de Economia da PUC, maio de 1994 (Texto para Discussão, 68)

Thompson A. Andrade e Wladir J. A. Lobão. Elasticidade Renda e Preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil. IPEA, junho de 1997 (Texto para Discussão, 489)