

TEXTO PARA DISCUSSÃO

Nº 68

Elasticidade-Renda e Preços da
Demanda de Energia Elétrica
no Brasil

Eduardo Marco Modiano



PUC-Rio – Departamento de Economia
www.econ.puc-rio.br

Maio de 1984

1. Introdução

Neste artigo, pretende-se analisar a evolução do consumo e dos preços da energia elétrica por classes de consumidores. Uma avaliação precisa da sensibilidade das demandas a nível de atividade da economia e aos preços diferenciados por classes de consumidores é imprescindível para o delineamento das políticas de conservação e substituição energética e para o dimensionamento da capacidade produtiva quando se vislumbram modificações drásticas na trajetória de crescimento da economia. Uma tentativa preliminar de incorporar a energia elétrica num modelo que contempla simultaneamente a substituição entre fontes alternativas para a geração de energia e as inter-relações do setor energético com as variáveis macroeconômicas é discutida por Modiano (1983) no âmbito de um modelo integrado energia/economia. Os resultados aqui obtidos deverão servir, portanto, para um maior detalhamento do subsetor de energia elétrica do modelo integrado.

Em seguida a esta introdução, a seção 2 analisa a evolução histórica do consumo e da tarifa média de energia elétrica das classes residencial, industrial, comercial e outros, no período 1963/1981. A seção 3 pretende avaliar quantitativamente a res posta da demanda de energia elétrica às variações da renda real e da tarifa real para as quatro classes distintas de consumidores. Com tal propósito são especificados e testados para o período 1966/81¹ econometricamente dois modelos convencionais de determinação da demanda. Finalmente, a seção 4 conclui este trabalho.

2. Evolução do Consumo e dos Preços da Energia Elétrica²

O consumo de energia elétrica no Brasil cresceu à taxa média de 9,9% aa entre 1963 e 1981. Destaca-se dentre os setores consumidores o setor industrial, cujo consumo apresentou uma taxa média de crescimento de 10,5% aa. Os setores residencial, comercial e outros cresceram no mesmo período às taxas médias de 9,5%, 9,0% e 9,0% aa, respectivamente. A evolução do consumo de energia elétrica por classes de consumidores encontra na Figura 1. A Tabela 1 apresenta as taxas de crescimento do consumo para períodos selecionados.

A análise da Tabela 1 revela que o crescimento do consumo das distintas categorias não foi uniforme no período 1963/81. Assim, no período de 1963 a 1967 a expansão do consumo residencial à taxa média de 6,9% aa domina o crescimento do consumo de energia elétrica. Enquanto o consumo dos setores comercial e outros têm um crescimento médio da ordem de 5,8% aa, o consumo industrial apresenta uma taxa média de expansão de apenas 4,7% aa nos mesmos anos. Caracterizam este

¹ A redução do período da amostra para efeitos de estimação deve-se à incompatibilidade entre as séries históricas para a evolução do produto interno bruto anteriores e posteriores a 1966.

² Os dados utilizados para a análise desta seção e para a estimação econométrica da seção 3 encontram-se nas Tabelas I e II do Apêndice.

período um crescimento relativamente baixo do PIB e uma elevação substancial das tarifas de energia elétrica em termos reais conforme se observa na Figura 2. Para os setores residencial, comercial e outros, as tarifas médias em termos reais aumentaram aproximadamente 110% entre 1963 e 1967. No caso do setor industrial a trajetória da tarifa real é distinta. Embora demonstre um aumento da ordem de 80% no mesmo período, é atingido um pico no ano de 1965.

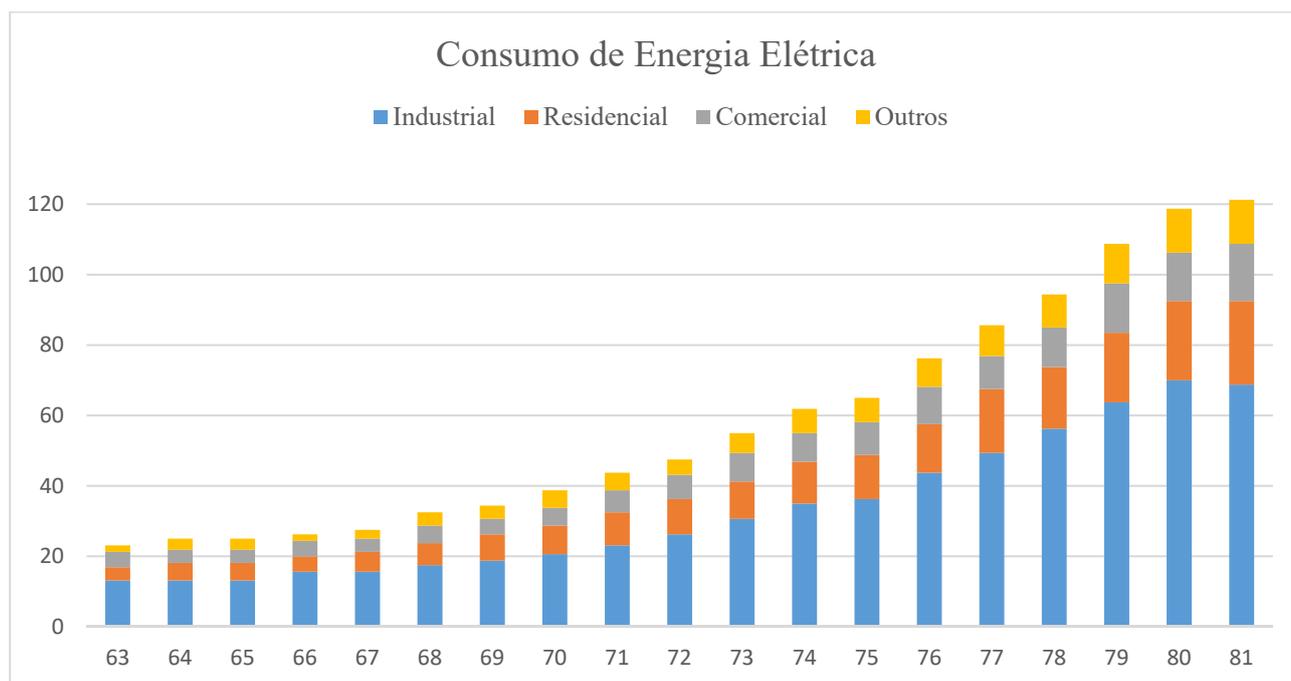
Tabela 1
Taxas Médias Anuais de Crescimento do Consumo de Energia Elétrica

Categoria	1963/81	1963/67	1968/73	1974/76	1977/80	1981
Residencial	9,50%	6,91%	9,92%	9,74%	12,13%	6,37
Industrial	10,46%	4,65%	13,55%	13,53%	12,56%	-0,78%
Comercial	9,02%	5,8%	11,57%	10,15%	8,78%	4,54
Outros	8,98%	5,84%	9,50%	9,74%	11,15%	7,71
Total	9,88%	5,47%	11,95%	11,87%	11,85%	2,18%

No período do “milagre econômico” que vai de 1968 a 1973, o crescimento do consumo total de energia da ordem de 12% aa é dominado por uma expansão do consumo industrial de aproximadamente 13,6% aa. No mesmo período o consumo dos setores residencial, comercial e outros cresce às taxas médias de 9,9%, 11,6% e 9,5% aa, respectivamente. Pode ser em grande parte atribuído à expansão do setor industrial no período (% aa) o aumento observado do consumo setorial de energia elétrica. Observa-se na Figura 2 que a tarifa média para o setor industrial se mantém praticamente estável em termos reais neste período. Para os setores residencial, comercial e outros as tarifas de energia elétrica seguem a tendência ascendente observada anteriormente. Assim, em termos reais, as tarifas médias são em 1973 de 40 a 45% superiores aos níveis de 1968.

No período 1974/76, apesar do amortecimento do processo de crescimento econômico, a expansão do consumo de energia elétrica mantém o mesmo ritmo e o mesmo perfil do período anterior. A uma ligeira redução das tarifas em termos reais em 1974, segue-se uma recomposição no ano de 1975 e novamente um pequeno declínio em 1976. Em média as tarifas de energia elétrica mantem-se em termos reais aproximadamente nos mesmos níveis do período precedente segundo indica também a Figura 2.

Figura 1



O período de 1977 a 1980 caracteriza-se por um crescimento acelerado do consumo residencial de energia elétrica à taxa média de 12,1% aa. A tarifa média em termos reais para o consumo residencial, em queda acentuada no período, reduz-se em 32% entre 1976 e 1980, contribuindo, possivelmente, para estimular o consumo nestas proporções. No mesmo período as taxas médias de crescimento do consumo de energia elétrica dos setores industrial, comercial e outros foram da ordem de 12,6%, 8,8% e 11,2% aa, respectivamente. As tarifas médias aplicadas a estes setores neste período também indicam declínio em relação ao período precedente, embora menos acentuado do que no caso do consumo residencial.

Com a retração da atividade econômica no ano de 1981 que resultou numa queda de 3,5% no PIB, o consumo de energia elétrica cresce à modesta taxa de 2,2% em relação ao ano anterior. O aumento observado da tarifa em termos reais para o setor industrial da ordem de 18% em relação a 1980 e a contração da produção industrial contribuíram para uma redução do consumo setorial de energia elétrica de 0,8%. Apesar da queda do nível de atividade, os setores residencial, comercial e outros mostram crescimento do consumo de energia elétrica de 6,4%, 4,5% e 7,7%. Elevações mais modestas das tarifas reais em relação ao setor industrial são observadas também para os setores comercial e outros em 1981, enquanto que a tarifa residencial sofre nova redução em termos reais.

Figura 2

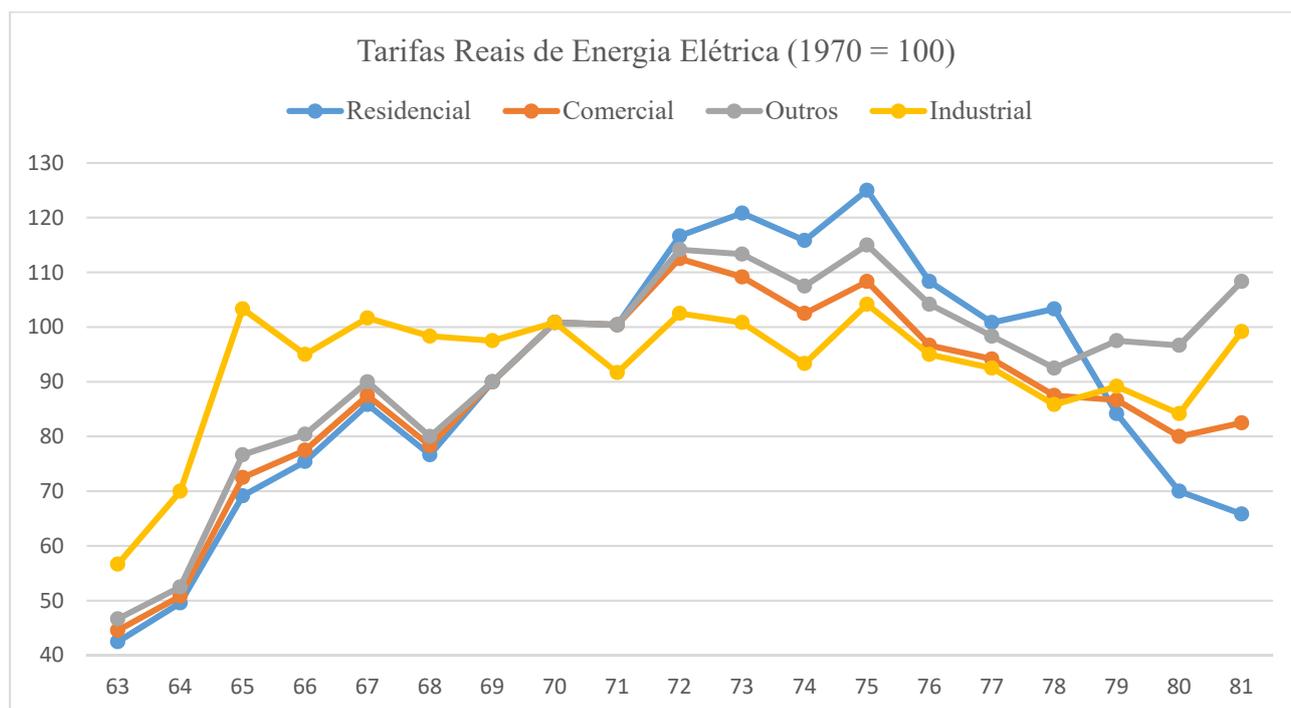


Tabela 2

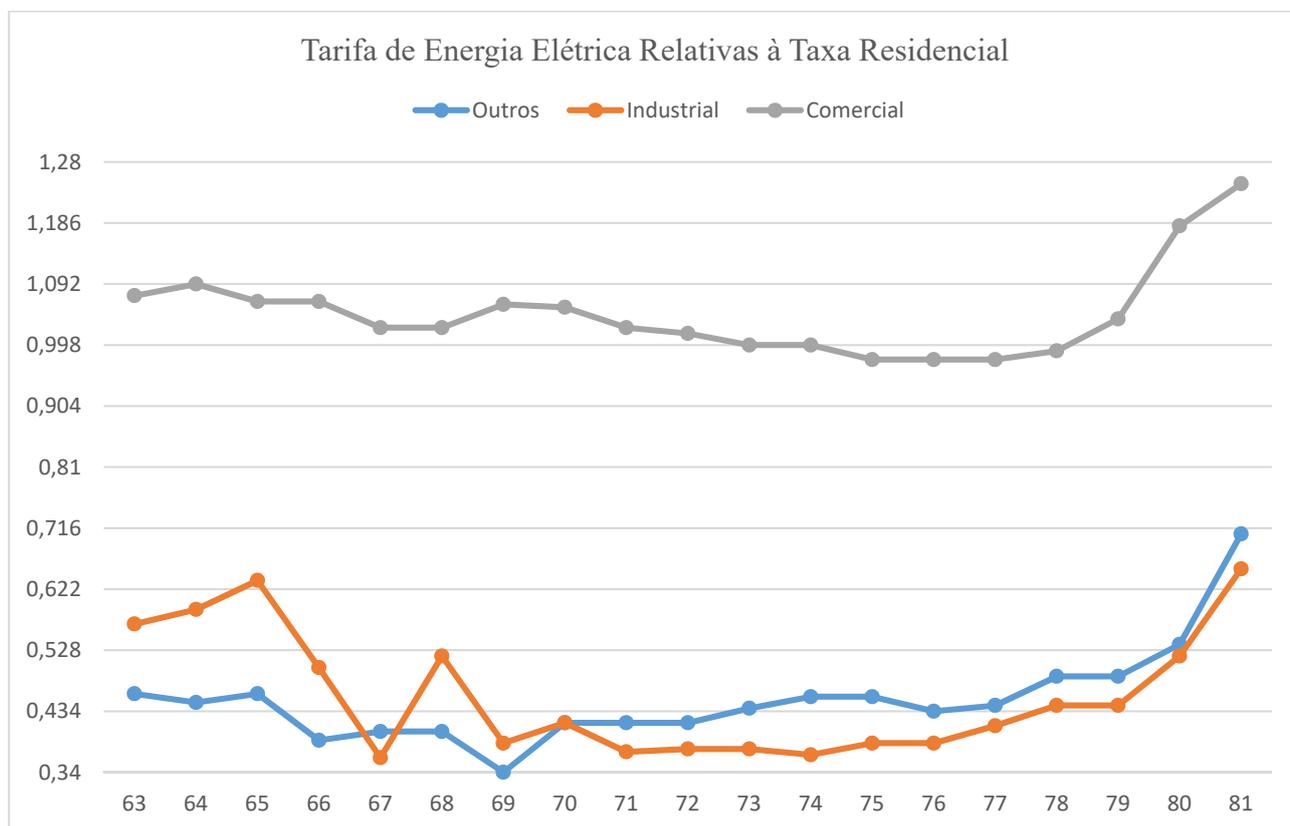
Composição do Consumo de Energia Elétrica

Categoria	Anos Seleccionados						
	1963	1967	1970	1973	1976	1980	1981
Residencial	21,41	22,61	22,25	20,25	19,12	19,31	20,10
Industrial	51,09	49,53	51,20	53,93	56,36	57,81	56,13
Comercial	13,49	13,66	13,80	13,39	12,78	11,44	11,70
Outros	14,01	14,21	12,76	12,44	11,74	11,45	12,07
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

As modificações observadas no padrão setorial de crescimento do consumo de energia elétrica provocam alterações no perfil de consumo conforme demonstra a Tabela 2. Enquanto em 1963 o consumo industrial correspondia a 51% do consumo total, este percentual atinge gradativamente 57,8% em 1980. O consumo residencial situa-se em todo o período entre 19% e 23% do consumo total. A participação do consumo residencial em modesta ascensão na década de sessenta cede espaço à expansão do consumo industrial, declinando ligeiramente na década de setenta. A participação do consumo comercial mantém-se praticamente estável em torno de 13,5% até meados da década de

setenta. No final da década a participação do consumo comercial no consumo total passa para a faixa de 11 a 12%. Com relação à categoria de outros consumidores a participação setorial no consumo de energia elétrica demonstra tendência ligeiramente declinante no período, situando-se entre 11 e 14% do consumo global.

Figura 3



A Figura 3 apresenta as tarifas setoriais de energia elétrica relativas à tarifa média para o setor residencial. Observa-se que até 1980 a tarifa média para consumo comercial acompanha *pari-passu* a tarifa aplicada ao setor residencial. A partir de 1980 observa-se um descolamento com a tarifa comercial tornando-se 26% superior à tarifa residencial em 1981. As tarifas aplicadas aos setores industrial e outros são era todo o período substancial, mente inferiores àquelas aplicadas para o consumo residencial e comercial. No período 1967/1980 as tarifas para o consumo industrial e outros setores situaram-se ura mínimo de 35% e um máximo de 48% da tarifa média para o consumo residencial. Assim, em relação à tarifa residencial, a política tarifária do período gerou um subsídio implícito ao consumo industrial e aos “outros” consumidores da ordem de 52 a 65% era termos *ad-valorem*. Acompanhando a elevação da tarifa relativa para o consumo comercial, a partir de 1980 observa-se uma redução da taxa de subsídio ao consumo industrial e aos “outros” consumidores para 37% e 32% respectiva mente era 1981. Observe-se na Figura 3 que, no caso do consumo industrial, esta tímida redução do subsídio apenas restabelece em 1981 a relação de preços observada em 1965.

3. Estimacão das Elasticidades-Preço e Renda

Nesta seo são estimadas as elasticidades-preço-e-renda da demanda por energia elétrica para as quatro classes de consumidores contempladas na análise da seo 2. Cora tal propósito são estimados dois modelos alternativos para o consumo de energia elétrica, ambos pressupondo que a oferta é infinitamente elástica. Para o primeiro modelo supõe-se que o ajustamento do consumo  demanda  instantâneo. A demanda por energia elétrica é dada por:

$$\log q^i = a_{0i} + a_{1i} \log y + a_{2i} \log p^i \quad (1)$$

$$i = 1, 2, 3 \text{ e } 4$$

$$a_{1i} > 0 \text{ e } a_{2i} < 0$$

onde q^i denota a demanda por energia elétrica da classe i , y a renda real da economia e p^i a tarifa média real para a classe consumidora i . Neste caso a_{1i} e a_{2i} medem respectivamente as elasticidades-renda e preço da classe i .

No segundo modelo admite-se o ajustamento parcial do consumo  demanda através da relao:

$$\log q^i - \log q_{-1}^i = \lambda_i [\log q^i - \log q_{-1}^i] \quad (2)$$

$$i = 1, 2, 3 \text{ e } 4$$

$$0 < \lambda_i < 1$$

onde q^i representa o consumo efetivo de energia elétrica da classe i e λ_i o respectivo coeficiente de ajustamento.

Substituindo-se (1) em (2) obtm-se o segundo modelo testado, ou seja:

$$\log q^i = \lambda_i a_{0i} + \lambda_i a_{1i} \log y + \lambda_i a_{2i} \log p_i + (1 - \lambda_i) \log q_{-1}^i \quad (3)$$

$$i = 1, 2, 3 \text{ e } 4$$

$$0 < \lambda_i < 1; a_{1i} > 0 \text{ e } a_{2i} < 0$$

Na equao (3) os parâmetros $\lambda_i a_{1i}$ e $\lambda_i a_{2i}$ representam respectivamente as elasticidades-renda-e-preço de curto prazo enquanto que $\lambda_i a_{1i}/(1 - \lambda_i)$ e $\lambda_i a_{2i}/(1 - \lambda_i)$ indicam as elasticidades-renda-e-preço de longo prazo da demanda por energia elétrica da classe consumidora i .

A Tabela 3 apresenta os resultados da estimacão econométrica do modelo de ajustamento instantâneo (1) para as classes residencial, industrial, comercial e outros no período de 1966 a 1981. Observa-se na Tabela 3 que,  exceo do-setor industrial, as distintas classes de consumidores demonstram significativa sensibilidade às tarifas reais ao nível de 5%. Com relao ao efeito da renda real em todos os casos  possível rejeitar a hipótese de elasticidade unitária em favor da hipótese alternativa de que a elasticidade-renda seja superior a unidade, ao nível de 5% de significância.

Os resultados obtidos com o modelo de ajustamento parcial (3) para as diversas classes de consumidores de energia elétrica encontram-se também na Tabela 3. Observa-se que, neste caso, apenas o setor industrial demonstra significativa sensibilidade às tarifas reais ao nível de 5%. A

elasticidade-preço de caso, apenas o setor industrial demonstra significativa sensibilidade às tarifas reais ao nível de 5%. A elasticidade-preço de curto prazo do consumo industrial de energia elétrica é estimada em -0,45 enquanto que no longo prazo esta elasticidade eleva-se para -1,22. Ainda, para o consumo industrial as elasticidades-renda de curto e longo prazo são estimadas em 0,50 e 1,36, respectivamente.

Uma vez que a formulação do modelo integrado energia/economia descrito por Modiano (1982, 1983) depende crucialmente da existência de elasticidades-preço das demandas por formas finais de energia, foram recentemente adotadas para as demandas de energia elétrica as especificações de ajustamento instantâneo para as classes residencial, comercial e outros e o modelo de ajustamento parcial para o setor industrial. No entanto, admite-se que as estimativas obtidas possam estar aviesadas pela existência de simultaneidade na determinação dos preços e do consumo de energia elétrica. Parece plausível a hipótese de que a política tarifária de energia elétrica, ao invés de refletir exclusivamente os custos de produção, tenha objetivos secundários, como por exemplo; a estabilização da receita em termos reais; o autofinanciamento do investimento setorial; ou a arrecadação tributária. A consideração destas metas na fixação das tarifas reais pode inclusive justificar as perdas de significância das variáveis de preço quando da inclusão do consumo do período anterior como variável explicativa do consumo corrente das classes residencial, comercial e outros. O teste desta hipótese requereria, no entanto, um modelo de determinação do consumo de energia elétrica consideravelmente mais detalhado.

Convém ressaltar que uma avaliação precisa das elasticidades-preço do consumo setorial de energia elétrica é imprescindível para a análise de políticas tarifárias alternativas. Por exemplo, aceitando-se as especificações adotadas no modelo integrado energia/economia, as elasticidades-preço seriam da ordem de 0,46, 0,45, 0,23 e 0,42 para as classes residencial, industrial (curto prazo), comercial e outros, respectivamente. Neste caso, a igualdade inter-setorial das receitas marginais³ geraria os valores de 0,96, 0,85 e 0,35 respectivamente para as tarifas médias das classes industrial, comercial e outras, em relação à tarifa residencial. Note-se que estas relações entre as tarifas médias são bastante diversas daquelas verificadas para o período 1963/81 na Figura 3.

³ No caso de demandas com elasticidades-preço constantes a equalização entre as receitas marginais nos mercados consumidores requer que $p_i/p_j = (1 - \sigma_j)/(1 - \sigma_i)$, onde p_i e p_j representam os preços cobrados nos mercados i e j , respectivamente com elasticidade-preço em valor absoluto iguais a σ_i e σ_j .

Tabela 3
 Estimativas do Consumo de Energia Elétrica
 Ajustamento Instantâneo: 1966/81
 Ajustamento Parcial: 1967/81

	Consumo (log q)	Constante (c)	Renda Real (log y)	Tarifa Real (log p)	Consumo Passado (log [q-i])
RESIDENCIAL	R ² = 0,99 DW = 1,83 SE = 0,037 RHO = 0,03	4,074 (27,13)	1,116 (38,88)	-0,457 (-7,489)	
	R ² = 0,999 DW = 1,909 SE = 0,018 RHO = 0,260	1,230 (2,795)	0,332 (2,690)	-0,118 (-1,979)	0,707 (6,547)
INDUSTRIAL	R ² = 0,99 DW = 1,40 SE = 0,040 RHO = 0,78	2,081 (2,689)	1,665 (10,92)	-0,001 (-0,007)	
	R ² = 0,997 DW = 1,890 SE = 0,031 RHO = -0,376	1,203 (5,269)	0,502 (4,630)	-0,451 (-2,475)	0,631 (8,385)
COMERCIAL	R ² = 1,00 DW = 1,42 SE = 0,032 RHO = 0,003	3,363 (27,47)	1,147 (49,59)	-0,225 (-3,128)	
	R ² = 0,999 DW = 1,680 SE = 0,012 RHO = 0,244	1,338 (5,432)	0,362 (3,770)	-0,062 (-1,616)	0,661 (8,387)
OUTROS	R ² = 0,98 DW = 1,35 SE = 0,070 RHO = 0,20	2,580 (9,288)	1,243 (25,43)	-0,423 (-2,994)	
	R ² = 0,995 DW = 1,402 SE = 0,034 RHO = -0,687	*0,525 (*1,595)	0,260 (1,637)	-0,039 (-0,482)	0,803 (6,321)

* Equações estimadas pelo método de mínimos quadrados com correção para correlação serial pelo método de Corchranne – Orcutt.

4. Conclusões

Na seção 2 procedeu-se a uma análise da evolução histórica do consumo e dos preços da energia elétrica no período de 1963/81 das classes residencial, industrial, comercial e outros consumidores. Demonstrou-se que a expansão do consumo não foi uniforme neste período e foram identificados os subperíodos em que o crescimento é dominado pelas distintas categorias de consumidores. Ainda nesta seção foram discutidas as trajetórias das tarifas médias em termos reais aplicadas as diferentes classes. Identificados os subperíodos de ascensão, estabilidade e declínio das tarifas reais especulou-se sobre o impacto das tarifas sobre os níveis de consumo observados e sobre as implicações em termos da com posição setorial do consumo de energia elétrica. Tomando como base a tarifa residencial, foram também apresentadas as tarifas relativas para as classes industrial, comercial e de “outros” consumidores no período 1963/81. Demonstrou-se a existência em todo o período de um subsídio implícito à utilização industrial e de outros consumidores de grandes proporções chegando a atingir 65% da tarifa residencial.

Na seção 3 foram estimadas as elasticidades-renda-e-preço das diferentes classes de consumidores, segundo duas especificações alternativas para a determinação do consumo de energia elétrica. Estimativas estatisticamente significativas da sensibilidade do consumo às tarifas reais de energia elétrica foram obtidas com o modelo de ajustamento instantâneo para as classes residencial comercial e outros e com o modelo de ajustamento parcial para a classe industrial com relação ao consumo residencial, a utilização comercial demonstra menor sensibilidade à tarifa média. As utilizações industriais no curto prazo e de outros consumidores demonstram sensibilidade aos preços comparável em magnitude de cias se residencial. No longo prazo os resultados obtidos sugerem uma elasticidade-preço do consumo de energia elétrica superior à unidade para o setor industrial. Todas as classes demonstram significativa sensibilidade à evolução da renda real da economia. No longo prazo, as estimativas sugerem elasticidade-renda superior à unidade para todas as classes de consumidores.

Reconhecidas as limitações dos modelos adotados, conjecturou-se sobre as possíveis implicações dos resultados aqui obtidos, apontando-se uma possível discrepância entre as tarifas relativas observadas no período e aquelas que resultariam de uma estratégia de mascunização da receita setorial.

Apêndice

Tabela I
Consumo de Energia Elétrica

Ano / Classe	Residencial	Industrial	Comercial	Outros	Total
1963	4843	11555	3051	3169	22618
1964	5123	11958	3126	3314	23521
1965	5320	12108	3372	3468	24268
1966	5739	13597	3570	3588	26494
1967	6327	13861	3824	3976	27988
1968	7070	16116	4325	3888	31399
1969	7763	17266	4778	4707	34514
1970	8522	19613	5286	4889	38310
1971	9398	22302	5802	5534	43036
1972	10117	25056	6525	6179	47877
1973	11159	29714	7377	6852	55102
1974	12301	33678	8310	7649	61938
1975	13264	35616	9076	8057	66013
1976	14748	43479	9859	9056	77142
1977	17133	49155	10534	10163	86985
1978	18946	55663	11390	11187	97186
1979	21131	63776	12603	12344	109854
1980	23310	69787	13806	13823	120726
1981	24794	69243	14433	14889	123359

Tabela II
Tarifas Médias de Energia Elétrica

Ano / Classe	Residencial	Industrial	Comercial	Outros
1963	7.66	4.27	7.92	3.44
1964	16.13	9.35	16.97	7.04
1965	34.51	21.71	35.55	15.68
1966	56.87	28.09	57.82	22.05
1967	79.62	38.13	79.16	31.60
1968	87.51	45.03	86.36	35.26
1969	117.31	53.93	119.12	48.54
1970	156.90	65.91	157.48	65.04
1971	197.57	72.45	197.09	81.47
1972	256.38	95.60	251.45	107.62
1973	293.53	109.06	283.52	128.35
1974	355.52	130.30	342.17	159.75
1975	484.77	185.35	458.78	218.91
1976	620.29	237.06	584.65	264.80
1977	817.95	331.90	772.68	350.67
1978	1048.04	453.47	1009.15	499.25
1979	1533.74	671.68	1532.59	728.57
1980	2648.00	1335.00	3016.51	1509.83
1981	5299.00	3344.68	6688.04	3594.20