



GRUPO VII

GRUPO DE ESTUDO DE PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS – GPL

A DISTRIBUIÇÃO DE RENDA NA PREVISÃO DE MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA DAS RESIDÊNCIAS

Nelson Leon *

José Francisco M. Pessanha

Diego Oneto Bosignoli

ELETROBRÁS

CEPEL

CEPEL

RESUMO

A inter-relação entre o estoque de eletrodomésticos, o rendimento das famílias e o consumo de energia elétrica nas residências para cada faixa de rendimento domiciliar forma a base do modelo de projeção do consumo de energia elétrica da classe residencial e subclasse residencial rural para um horizonte decenal. Estas relações microeconômicas estão associadas aos cenários macroeconômicos e demográficos, tanto na definição da variável que especifica a Renda Adequada pelos Domicílios, como na relação entre os domicílios e as unidades consumidoras de energia elétrica. Por fim, destaca-se que a conservação de energia é tratada pelas limitações dos orçamentos familiares.

PALAVRAS-CHAVE

Projeções de mercado, classe residencial, residencial rural, conservação de energia, distribuição de renda

1.0 - INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica nas unidades consumidoras residenciais (E) pode ser expresso pela identidade $E=NC \cdot E/NC$, onde NC e E/NC são as duas variáveis explicativas do consumo, respectivamente, o nº de unidades consumidoras residenciais e o consumo médio das unidades consumidoras (engloba a classe residencial e a subclasse residencial rural). Esta identidade mostrou-se adequada para compreender a dinâmica durante período histórico 1985-2003 do consumo de eletricidade nas residências (LEON & PESSANHA, 2005a). A mesma identidade permite formular projeções decenais do consumo de energia elétrica nas residências a partir das premissas demográficas e macroeconômicas. O quantitativo das unidades consumidoras tem sua dinâmica futura relacionada ao nº de domicílios que devem ser atendidos e o consumo médio das unidades consumidoras está associado ao rendimento dos domicílios (famílias).

Os censos demográficos e demais pesquisas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) classificam os domicílios segundo as distintas condições de ocupação. Destes domicílios, os ocupados, fechados e de uso ocasional são unidades consumidoras potenciais da classe residencial e residencial rural LEON & PESSANHA (2005b). De acordo com o censo de 2000, estes domicílios totalizaram 88,9% do total dos domicílios (IBGE, 2000).

O ritmo de crescimento do mercado potencial (DOM_t) é definido pelo crescimento do nº de domicílios ocupados, fechados e de uso ocasional, cuja dinâmica de evolução relaciona-se diretamente com o crescimento populacional, a redução da fecundidade e os novos estilos de vida, que têm contribuído para formar arranjos familiares com baixas densidades domiciliares (BERQUÓ, 1998) e um crescente aumento dos domicílios de uso ocasional registrado pelos censos. Por sua vez, a evolução da taxa de atendimento é ditada pelas políticas públicas de governo – Resolução ANEEL nº 223/2002 e “Programa Luz para Todos” – e ações das concessionárias voltadas para a universalização do fornecimento de energia elétrica.

O consumo médio por unidade consumidora ($CPC=E/NC$) depende basicamente do estoque de eletrodomésticos nos domicílios e de como estes aparelhos são utilizados (JANNUZI & SWISHER, 1997). Sabe-se que a componente demográfica também pode explicar o consumo médio das residências, como por exemplo, a evolução

da densidade domiciliar (BØENG, 2007). A inter-relação entre as variáveis demográficas e os indicadores do consumo de energia elétrica nas residências mostra um cruzamento de variáveis explicativas, na qual a composição do consumo residencial exige uma construção mais complexa para representar estas duas variáveis, conforme elaborada neste trabalho.

A análise do histórico recente (1985-2003) realizada por LEON & PESSANHA (2005a) mostra que, a partir do início do processo de estabilização da economia em 1994, o consumo de eletricidade se ajusta a uma nova dinâmica, na qual a evolução do consumo por unidade consumidora é determinada pelo binômio, rendimento das famílias e tarifas. A hipótese do modelo é que a difusão dos eletrodomésticos *vis-à-vis* o comprometimento do orçamento familiar com os gastos de energia elétrica determina a dinâmica de evolução do consumo médio das residências.

O objetivo do presente trabalho consiste em apresentar um modelo para projeção do consumo de energia elétrica nas residências, que considera o crescimento do nº de domicílios, as metas de universalização, os cenários de crescimento da economia, o consumo das famílias e a distribuição de renda. O modelo desenvolvido é calibrado ao histórico recente e aplicado para projetar o consumo em cada Grande Região geográfica ou subsistema elétrico. Por fim os resultados são agregados para compor o mercado de energia elétrica e neste trabalho os resultados que constam estão agregados para o Sistema Interligado Nacional (SIN). Este artigo está organizado em seis seções, sendo a primeira esta introdução. Na seção 2 é apresentado um modelo para projeção do nº de domicílios ocupados e fechados por faixa de rendimento. Na seção 3 é descrito o modelo para projeção do nº de unidades consumidoras residenciais por faixa de rendimento. A projeção do CPC por faixa de rendimento é apresentada na seção 4. A consolidação da projeção é tratada na seção 5. Por fim, na seção 6 são apresentadas as principais conclusões do trabalho.

2.0 – Nº DE DOMICÍLIOS POR FAIXA DE RENDIMENTO DOMICILIAR

2.1 – ESTIMATIVAS PARA O PERÍODO HISTÓRICO (1992-2005)

Para compor séries históricas de domicílios ocupados distribuídos por faixa de rendimento necessita-se que estes sejam expressos em uma mesma moeda. Com os microdados da coleção de PNADs do período 1992 – 2005, a série histórica foi ajustada com os rendimentos expressos em moeda de setembro de 2005 e recalcularam-se as estatísticas por faixa de rendimento em nº de salários mínimos de maio de 2005.

Nas séries ajustadas o nº total de domicílios foi revisto, pois não incluíam os domicílios fechados e a cobertura excluía as áreas rurais da Região Norte até 2003. Esta revisão consistiu no ajuste das séries ao total de domicílios ocupados e fechados estimados por LEON *et al* (2006) a partir dos resultados dos censos de 1980, 1991 e 2000. Tal ajuste implica em assumir a hipótese de que na Região Norte o rendimento médio dos domicílios rurais seja igual ao dos domicílios urbanos até 2003, quando a PNAD passa cobrir todo o território nacional. O tamanho do contingente populacional nestas áreas não é significativo e o escopo final deste trabalho é formular uma previsão de consumo de energia elétrica para o Sistema Interligado Nacional (SIN) e, portanto, apenas os Estados do Pará e Tocantins são afetados por esta hipótese.

Utilizando-se a estrutura de distribuição dos domicílios por faixa de rendimento das PNADs repartiu-se o total estimado de domicílios ocupados e fechados, construindo séries históricas destes domicílios por faixa de rendimento que são apresentadas na Tabela 1. De acordo RAMOS & MENDONÇA (2005) estas séries históricas caracterizam a distribuição de renda dos domicílios, pois informam o tipo de renda (monetária), a unidade que recebe esta renda (domicílio ocupado e fechado) e o universo de referência (Brasil-SIN) .

Tabela 1- Brasil (SIN): Percentual de domicílios por faixa de rendimento

	Até R\$300,00	R\$300,00 a R\$600,00	R\$600,00 a R\$900,00	R\$900,00 a R\$1500,00	R\$1500,00 a R\$3000,00	R\$3000,00 a R\$6000,00	> R\$6000,00	Rendimento médio domiciliar em R\$	Índice de Gini	R ₁₀₊₄₀ ⁻
1992	22	22	15	17	13	6	2	1216	0,5420	16,8
1993	21	23	15	17	13	6	3	1303	0,5630	19,1
1995	15	20	16	18	17	9	5	1675	0,5594	18,9
1996	16	20	14	17	18	9	5	1686	0,5631	19,7
1997	16	19	15	17	17	9	5	1672	0,5629	19,5
1998	15	20	15	18	17	8	4	1665	0,5592	18,9
1999	16	21	16	18	16	8	4	1561	0,5537	18,4
2001	16	21	15	18	16	8	4	1546	0,5521	18,3
2002	15	22	16	19	16	7	4	1541	0,5454	17,3
2003	16	22	17	18	15	7	3	1416	0,5384	17,1
2004	14	22	17	19	16	7	3	1443	0,5269	15,7
2005	14	21	16	20	17	7	3	1517	0,5232	15,3

As faixas sem rendimento e sem declaração foram omitidas e os percentuais não atingem 100%. Os rendimentos e as respectivas faixas estão expressos em moeda de setembro de 2005 e com salário mínimo de R\$ 300,00

A dinâmica da distribuição de renda no período 1996-2005 caracteriza-se pela perda da soma das participações das faixas inferiores a R\$ 900,00 juntamente com o crescimento da participação das faixas entre R\$ 900,00 e R\$ 3000,00 e pela redução da participação das faixas superiores a R\$ 3000,00. Este movimento foi responsável pela melhoria na distribuição de renda, confirmada pelo índice de Gini e pela razão entre a renda dos domicílios 10% mais ricos e a renda dos domicílios 40% mais pobres ($R_{10+/40^-}$). Os indicadores de desigualdade obtidos apesar de seguirem a mesma tendência aos encontrados pelo IPEA (2006), **possuem valores diferentes**, pois estes últimos índices são expressos em valores per capita e são ligeiramente mais elevados que os apresentados na **Tabela 1**.

2.2 – PROJEÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE RENDA (2006-2016)

Segundo a hipótese de Kusnetz a desigualdade é uma função da renda média podendo ser crescente ou decrescente, segundo o “estágio de desenvolvimento de um país”. A partir desta hipótese foram calculadas as correlações do rendimento médio com as participações das faixas, o que resultou em valores significativos, como indicado na Tabela 2. As correlações apresentadas mostram que quando o rendimento médio cresce, as faixas de maior rendimento ganham participação e as de menor rendimento perdem. O movimento no sentido inverso acontece quando o rendimento médio decresce. Nas duas situações, as faixas centrais absorvem esta migração, resultando nas menores correlações apresentadas na Tabela 2. Com base nestes resultados foi escolhido o rendimento médio como variável explicativa da distribuição de renda.

Tabela 2 - Correlações do rendimento médio com as participações das faixas no período 1992-2005

Até R\$300,00	de R\$300,00 a R\$600,00	de R\$600,00 a R\$900,00	de R\$900,00 a R\$1500,00	de R\$1500,00 a R\$3000,00	de R\$3000,00 a R\$6000,00	> R\$6000,00
-0,7849	-0,9000	-0,1317	0,1534	0,9265	0,9771	0,9842

O método utilizado para projetar a distribuição do nº de domicílios pelas faixas de rendimento domiciliar consiste no ajuste de um modelo de regressão logística multinomial com efeito fixo (McCULLAGH, 1980). A variável dependente é a participação do nº de domicílios acumulada por faixa de rendimento e as variáveis independentes incluem o rendimento médio domiciliar (**RMD**) e um conjunto de variáveis *dummies*, representativas das faixas de rendimento. Este modelo fornece projeções das participações do nº de domicílios ocupados e fechados por faixa de rendimento até o fim do horizonte de planejamento (Tabela 3).

A projeção do rendimento médio domiciliar (**RMD**) é estabelecida pela parcela do PIB apropriada pelas famílias (**PIB .%RAD**) dividida pelo nº domicílios ocupados e fechados (**Ndom**), i.e., $RMD = PIB . \%RAD / Ndom$.

O quociente da renda dos domicílios pelo PIB define o percentual da “Renda Apropriada pelos Domicílios” (**%RAD**). O valor deste quociente é projetado até 2016 utilizando as mesmas taxas de crescimento do “Consumo das Famílias”, obtidas dos cenários macroeconômicos (PIB sob a ótica do consumo).

Tabela 3 – Brasil (SIN): Percentual do N° de domicílios por faixa de rendimento (Cenário de referência)

	Até R\$300,00	R\$300,00 a R\$600,00	R\$600,00 a R\$900,00	R\$900,00 a R\$1500,00	R\$1500,00 a R\$3000,00	R\$3000,00 a R\$6000,00	> R\$6000,00	Índice de Gini	R10+/40-
2006	14	21	16	20	17	7	3	0,5297	15,33
2007	13	21	16	20	17	8	4	0,5409	15,33
2011	12	20	16	20	18	8	4	0,5376	15,38
2016	12	19	16	20	19	9	5	0,5348	15,44

Nota: as faixas sem rendimento e a faixa sem declaração foram omitidas e os percentuais não atingem 100%

A projeção da distribuição de renda mostra uma redução da pobreza, pois se verifica a diminuição do percentual de domicílios nas duas primeiras faixas de rendimento e o aumento nas duas últimas. No entanto, não há uma melhora da justiça social como indicado pelo índice de Gini. Por fim, destaca-se que a relação $R_{10+/40^-}$ permaneceu constante durante todo período de projeção. O salto do índice de Gini entre 2006 e 2007 parece ser resultante da taxa de crescimento real do consumo das famílias no cenário macroeconômico do IE/UFRJ. Esta taxa refletiu no aumento do rendimento médio em 4,2%, o que gerou uma concentração da renda nas faixas de rendimentos mais elevadas (Tabela 3).

2.3 – PROJEÇÃO DO RENDIMENTO MÉDIO DOMICILIAR POR FAIXA

Historicamente o rendimento médio de cada faixa de rendimento tem se comportado de forma aparentemente estável, conforme indicado na Figura 1. As trajetórias dos rendimentos médios por faixa cresceram ligeiramente até 2004 e somente em 2005 percebe-se uma alta significativa nos rendimentos médios das primeiras faixas.

Na projeção da distribuição de renda fixaram-se os rendimentos médios por faixa no entorno dos valores observados no último ano do histórico, pois não temos hipóteses sobre como os programas de governo afetam, principalmente, os rendimentos das primeiras faixas.

A partir das considerações acima, conclui-se que a distribuição de renda é mensurada pelas participações do nº de domicílios por faixa de rendimento e que o crescimento do rendimento médio está associado a uma distribuição

de renda que em princípio reduz a pobreza. Mantido o percentual do Consumo das famílias em relação ao PIB, a taxa de crescimento do rendimento médio é determinada pela diferença entre as taxas de crescimento do PIB e do nº de domicílios.

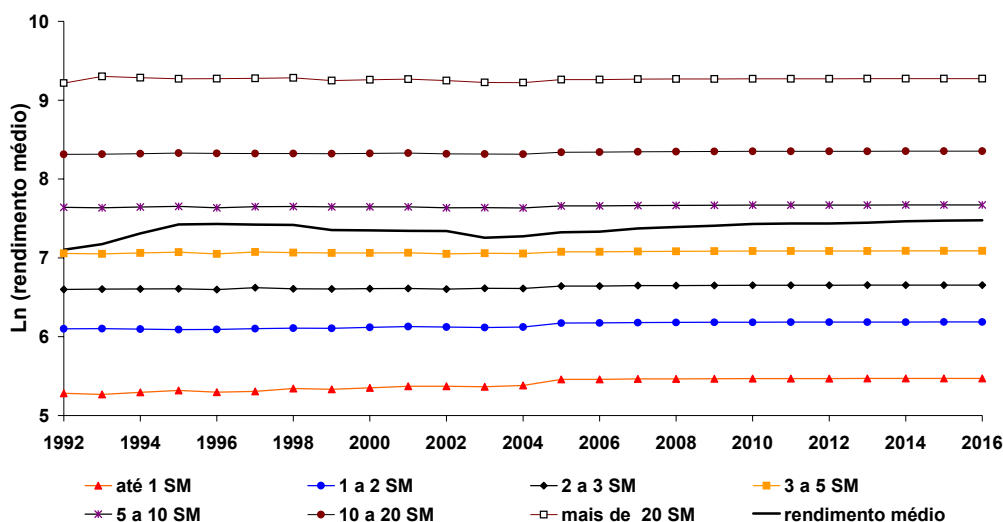


Figura 1- Histórico e projeção dos rendimentos médios por faixa

3 – ESTIMATIVA E PROJEÇÃO DE UNIDADES CONSUMIDORAS RESIDENCIAIS POR FAIXA

3.1 – ESTIMATIVAS PARA O PERÍODO 1992-2005

A elaboração destas estimativas baseia-se no índice de atendimento das PNADs. Este índice informa a proporção dos domicílios ocupados com iluminação elétrica em cada faixa de rendimento. Nas faixas de rendimento em que este índice alcançou 100%, admite-se que o atendimento nestas faixas já se encontra universalizado. Na análise dos resultados das PNADs, verificou-se que a universalização do atendimento atinge inicialmente as faixas de maior rendimento domiciliar e ao longo do tempo a universalização avança na direção das faixas de menor rendimento, conforme indicado na Tabela 4.

Tabela 4 – Subsistemas: Faixas de rendimento domiciliar com atendimento universalizado

	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Nordeste Interligado	Norte Interligado
1992	> 1500	> 3000	> 3000	> 3000	> 3000
1995	> 1500	> 1500	> 3000	> 3000	> 3000
1998	> 1500	> 1500	> 1500	> 3000	> 3000
1999	> 900	> 900	> 1500	> 3000	> 3000
2003	> 600	> 900	> 1500	> 3000	> 3000
2005	> 600	> 900	> 1500	> 3000	> 3000

Nas faixas de rendimento já universalizadas, o nº de unidades consumidoras é igual ao respectivo nº de domicílios ocupados e fechados, e o total de unidades consumidoras nas faixas de rendimento ainda não universalizadas (NC_{fnu}) é calculado pela seguinte fórmula:

$$NC_{fnu} = NC_{tot} - NC_{fu} - NC_{oca} \quad (1)$$

onde NC_{tot} é o total de unidades consumidoras residenciais, NC_{fu} é o total de unidades consumidoras nas faixas de rendimento já universalizadas e NC_{oca} é o total de domicílios de uso ocasional atendidos.

A estimação do nº de unidades consumidoras da j -ésima faixa de rendimento não universalizada ($NC(j)$, $j=1, J$), consiste em repartir o total de unidades consumidoras nas faixas não universalizadas (NC_{fnu}) com base na distribuição do nº de domicílios ocupados com iluminação elétrica por faixa de rendimento, obtidas a partir das PNADs.

Inicialmente determina-se o total de domicílios com iluminação elétrica nas faixas não universalizadas (ND_{fnu}), conforme indicado abaixo:

$$ND_{fnu} = ND_{tot} - ND_{fu} \quad (2)$$

onde ND_{tot} é o total de domicílios PNAD com iluminação elétrica e ND_{fu} é o total de domicílios PNAD com iluminação elétrica nas faixas já universalizadas.

Em seguida, calcula-se a proporção dos domicílios com iluminação elétrica da *j*-ésima faixa não universalizada ($ND(j)$) no total de domicílios das faixas não universalizadas (ND_{fmu}):

$$\Phi(j) = \frac{ND(j)}{ND_{fmu}} \Rightarrow ND_{fmu} = \sum_{j=1}^J ND(j) \quad (3)$$

Por fim, a estimativa anual do nº de unidades consumidoras da *j*-ésima faixa não universalizada é determinado pelo produto abaixo:

$$NC(j) = \Phi(j) \cdot NC_{fmu} \Rightarrow NC_{fmu} = \sum_{j=1}^J NC(j) \quad (4)$$

3.2 – PROJEÇÕES PARA O PERÍODO 2006-2016

Na projeção do nº de unidades consumidoras residenciais os critérios são os mesmos utilizados na estimação para o período histórico, mas admite-se que o atendimento a todos os consumidores potenciais das faixas ainda não universalizadas se realize nos anos limites estipulados pelas metas de universalização previstas na Resolução ANEEL nº 223/2002. Os resultados encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Brasil (SIN): Projeção do total de unidades consumidoras residenciais (em mil unidades)

	Até 300,00	300 a 600	600 a 900	900 a 1500	1500 a 3000	3000 a 6000	> 6000	Sem rendimento	Rendimento não declarado	Uso ocasional	Total
2006	5.660	9.790	7.581	9.233	8.734	3.759	1.778	470	838	3.240	51.082
2011	6.201	11.288	9.064	11.204	10.922	5.038	2.524	635	870	4.350	62.097
2016	7.290	13.407	10.867	13.490	12.949	6.152	3.137	808	994	5.792	74.886

Limites das faixas de rendimentos expressos em Reais (R\$) de setembro de 2005

4 – ESTIMATIVA E PROJEÇÃO DO CONSUMO MÉDIO POR FAIXA DE RENDIMENTO DOMICILIAR

4.1 – ESTIMATIVAS PARA O PERÍODO 1992-2005

As PNADs informam se os domicílios possuem os eletrodomésticos e não os seus quantitativos. A retabulação destas pesquisas permite conhecer a difusão de uma variedade de aparelhos eletrodomésticos por faixa de rendimento domiciliar: TV em cores, TV preto e branco, geladeira de 1 e de 2 portas, *freezers*, máquina de lavar roupa, iluminação elétrica, microcomputador e rádio.

Estes aparelhos não correspondem ao total de eletrodomésticos utilizados nos domicílios, mas com exceção da máquina de lavar roupa e do microcomputador, estes são os eletrodomésticos de grande difusão na – ECD – Escala de Capacidade de Consumo Domiciliar (TAFNER & FERREIRA, 2005). Dessa maneira, estes aparelhos são suficientes para construir um indicador que represente o consumo de energia elétrica em todas as faixas de rendimento domiciliar.

Tabela 6 - Brasil (SIN): Índice de difusão por faixa de rendimento domiciliar

	Até 300	300 a 600	600 a 900	900 a 1500	1500 a 3000	3000 a 6000	> 6000	Sem rendimento	Rendimento não declarado	Índice Médio
1992	10	19	27	37	50	64	71	15	31	32
1993	9	18	27	37	51	63	71	18	35	33
1995	10	16	25	35	47	62	71	20	43	36
1996	12	19	29	37	50	63	72	22	42	38
1997	13	22	31	40	52	64	72	26	47	40
1998	13	22	31	41	53	65	73	24	49	40
1999	14	23	32	42	55	66	73	24	50	41
2001	16	24	33	43	55	66	72	24	54	41
2002	16	24	32	43	56	66	72	27	55	42
2003	17	26	35	45	57	66	72	27	55	42
2004	16	25	34	44	57	66	71	28	56	43
2005	17	26	35	44	56	66	71	29	56	43

Limites das faixas de rendimento expressos em Reais (R\$) de setembro de 2005.

A escala ECD, baseada na Pesquisas de Padrões de Vida (PPVs 1996/1997), considera o grau de difusão dos eletrodomésticos como *proxy* do rendimento domiciliar, assim como as escalas ABA/Abipime que medem a posição socioeconômica tendo em vista a propensão de consumir bens e serviços em geral. A difusão dos eletrodomésticos também é uma *proxy* do consumo médio de energia elétrica (CPC) por faixa de rendimento domiciliar. Assim, esta inter-relação entre o rendimento domiciliar, o CPC e a difusão dos eletrodomésticos é o que permite estabelecer o consumo médio por faixa de rendimento domiciliar por modelos econométricos.

Primeiramente, excluindo a posse dos rádios, calcula-se o índice de difusão pela média geométrica dos índices de difusão dos eletrodomésticos. A série histórica dos índices de difusão por faixa de rendimento domiciliar é apresentada na Tabela 6. Este índice foi objeto de distintas formulações, por exemplo, foi examinada a inclusão dos consumos típicos destes eletrodomésticos como ponderadores na formação do índice de difusão, mas a média geométrica produziu o melhor ajuste.

A estimativa da série histórica do consumo médio por faixa de rendimento domiciliar foi realizada com o auxílio de uma função que relaciona o consumo médio na j -ésima faixa de rendimento e no ano t , $CPC(j,t)$, com o respectivo índice de difusão, $d(j,t)$:

$$CPC(j,t) = \beta_0 + \beta_1 \cdot d(j,t) + \beta_2 \cdot R(t) \quad (5)$$

Na equação (5), $R(t)$ é uma variável *dummy* que assume valor unitário a partir do primeiro ano do racionamento, i.e., para $t \geq 2001$. Observa-se que na equação acima se admite a hipótese de que os coeficientes β_0 , β_1 e β_2 são os mesmos para todas as faixas de rendimento. Estes coeficientes foram estimados por métodos econométricos considerando-se os valores históricos anuais do CPC e do índice de difusão médio apresentado na Tabela 6. As estimativas dos CPCs por faixa de rendimento domiciliar são apresentadas na Tabela 7.

Tabelas 7 - Brasil (SIN): Estimativas do CPC por faixa de rendimento domiciliar

	Até 300	300 a 600	600 a 900	900 a 1500	1500 a 3000	3000 a 6000	> 6000	Sem rendimento	Rendimento não declarado	CPC médio
1992	80	104	131	166	215	266	293	96	177	156
1993	77	100	132	165	214	259	287	108	172	155
1994	75	95	123	156	201	248	279	107	179	154
1995	80	97	126	161	208	261	295	116	206	168
1996	85	108	136	167	212	261	293	119	192	174
1997	88	115	146	179	221	267	297	135	212	181
1998	93	119	151	184	229	273	303	129	224	186
1999	92	120	151	185	232	274	298	126	221	183
2000	94	120	150	183	228	268	292	125	225	180
2001	66	91	122	156	203	245	270	92	206	152
2002	62	87	113	148	194	231	254	96	194	144
2003	67	93	122	154	198	232	253	97	196	145
2004	65	90	119	152	197	230	249	99	201	145
2005	68	94	122	154	197	233	255	102	201	148
Crescimento 1992/2000 (%)	19,2	14,3	12,9	9,8	6,9	1,7	0,9	31,3	46,3	14,9
Taxa anual (%)	2,2	1,7	1,5	1,2	0,8	0,2	0,1	3,5	4,9	1,7

Limites das faixas de rendimentos expressos em Reais (R\$) de setembro de 2005.

4.2 – PROJEÇÃO DO CONSUMO MÉDIO POR FAIXA DE RENDIMENTO DOMICILIAR (2006-2016)

A projeção é realizada em duas etapas distintas. A primeira etapa projeta a difusão dos eletrodomésticos nas residências, enquanto a segunda quantifica o efeito da conservação de energia. Nesta última considera-se tanto a evolução dos rendimentos de transformação do estoque de eletrodomésticos, quanto o comportamento do consumidor que se reflete no nº de horas de utilização dos aparelhos eletrodomésticos.

A análise do histórico mostra uma clara tendência de crescimento do índice difusão em todas as faixas de rendimento (Tabela 6), indicando que este crescimento independe do rendimento domiciliar da faixa, cuja trajetória de evolução é praticamente constante no período (Figura 1). A projeção tendencial do índice de difusão, $d(j,t)$, para cada faixa de rendimento j é implementada pelo ajuste de uma função logística à série temporal do próprio índice no período histórico:

$$d(j,t) = k_j / (1 + e^{a_j + b_j t}) \quad (6)$$

onde a_j e b_j são coeficientes estimados por meio de um modelo de regressão linear para cada faixa de rendimento j , enquanto k_j é uma constante de ajuste que evita a descontinuidade entre a projeção e a série histórica.

Tabela 8 - Brasil (SIN): Projeções do índice de difusão por faixa de rendimento domiciliar

	Até 300	300 a 600	600 a 900	900 a 1500	1500 a 3000	3000 a 6000	> 6000	Sem rendimento	Rendimento não declarado	Índice Médio
2006	18	27	35	45	57	66	71	30	57	44
2011	22	31	40	50	60	67	71	36	63	50
2016	28	37	45	55	62	69	72	43	68	56

Limites das faixas de rendimento expressos em Reais (R\$) de setembro de 2005.

Obtidas as projeções dos índices de difusão apresentadas na Tabela 8, a projeção tendencial do CPC por faixa de rendimento é realizada pela equação (5). Os CPCs resultantes por faixa de rendimento atingem valores substancialmente elevados e teoricamente incompatíveis com os rendimentos médios das faixas ilustrados na Figura 1. Por exemplo, na faixa de até 1 salário mínimo (R\$ 300,00) o CPC cresceria cerca de 60% no final do período de projeção. Mantida o nível tarifário corrente, tal crescimento implicaria em uma elevação da mesma magnitude nos gastos das famílias com energia elétrica, o que parece pouco plausível.

No entanto, nota-se que no período histórico 1992/2000 com as mesmas tendências de crescimento da difusão dos eletrodomésticos nas faixas de rendimento, o CPC global cresceu cerca de 15% ou 1,7% ao ano (Tabela 7), sendo que nas faixas de menor rendimento verificam-se as maiores taxas de crescimento dos CPCs. Por exemplo, na faixa até 1 salário mínimo o crescimento foi de 20% no período. Apesar da grande difusão dos eletrodomésticos por faixa de rendimento o CPC não acompanhou este crescimento, provavelmente em função do efeito da conservação de energia elétrica, pois não se verificou nenhuma substituição da energia elétrica no setor residencial (Balanço Energético Nacional).

A componente tecnológica da conservação de energia no setor residencial se expressa na redução do consumo específico dos novos eletrodomésticos que renovam gradualmente o estoque de eletrodomésticos nas residências, incorporando equipamentos mais eficientes. Esta dinâmica atua no sentido de reduzir o consumo médio dos aparelhos e em conseqüência o consumo médio das residências. A outra componente, relacionada aos hábitos de consumo, representa a forma e a intensidade do uso da iluminação e de outros usos da energia elétrica nas residências e é a componente sensível ao preço da energia.

Tabela 9 - Brasil (SIN): Projeções do CPC por faixa de rendimento domiciliar

	Até 300	300 a 600	600 a 900	900 a 1500	1500 a 3000	3000 a 6000	> 6000	Sem rendimento	Rendimento não declarado	Consumo médio
2006	68	94	122	153	195	226	246	102	198	143
2011	75	101	130	164	206	231	248	110	220	156
2016	82	109	140	177	218	236	250	118	239	166

Limites das faixas de rendimento expressos em Reais (R\$) de setembro de 2005.

O efeito da combinação destas duas componentes resulta no peso das despesas com energia elétrica nos orçamentos familiares, sendo mais significativo nas faixas de menor rendimento domiciliar.

As projeções dos CPCs por faixa de rendimento são apresentadas na Tabela 9 e o consumo médio é a média dos CPCs ponderados pelos respectivos nº de unidades consumidoras mostrados na Tabela 5. A hipótese assumida na projeção do consumo da energia elétrica é que mantido o preço da energia, admite-se que o crescimento do CPC por faixa de rendimento não ultrapasse o crescimento médio global do rendimento domiciliar. Admite-se por hipótese que o consumo médio dos domicílios de uso ocasional atendidos é igual ao consumo médio das outras faixas de rendimento.

5 – PROJEÇÃO DO CONSUMO

Determinar a projeção do consumo de energia elétrica nos domicílios brasileiros é multiplicar o nº de unidades consumidoras pelo consumo médio das residências e pelo nº de meses do ano. Nesta projeção não está distinguido o consumo da classe residencial da subclasse residencial rural. Na repartição da projeção do consumo entre estas duas classes admite-se a mesma estrutura da distribuição do consumo médio por faixa de rendimento. A partir das projeções do nº de domicílios urbanos e rurais, o nº de unidades consumidoras na subclasse residencial rural é obtido admitindo-se que o número de consumidores residenciais rurais seja da mesma ordem de grandeza do número de consumidores rurais e que as metas de universalização são conhecidas. Esta hipótese é verificada sabendo-se que os consumidores da classe residencial já estão universalizados (Tabela 10).

Tabela 10 – Brasil (SIN): Estimação do histórico e projeção das previsões nas residências

	Subclasse residencial rural			Consumidores residenciais rurais (%)	Taxa de urbanização dos domicílios (%)	Classe residencial		
	Nº de unidades consumidoras	Taxa de atendimento (%)	Consumo (MWh)			Nº de unidades consumidoras	Taxa de atendimento (%)	Consumo (MWh)
1992	824.877	10	1.516.366	2,9	78,2	27.483.546	95,4	50.522.836
2005	2.724.297	33	4.719.455	5,5	84,9	46.364.000	100	80.319.000
2006	2.983.856	36	5.099.484	5,8	85,3	48.094.460	100	82.849.920
2011	5.019.468	61	9.301.866	8,1	87,2	57.077.169	100	105.773.003
2016	8.468.085	100	16.632.562	11,3	88,7	66.418.108	100	130.454.916

Total de domicílios e unidades consumidoras em 1º de julho de cada ano

Quanto à projeção da distribuição de renda (Tabela 3), os indicadores de desigualdade não seguem a recente queda apontada pelo IPEA (2006). Em conseqüência, a projeção do consumo de energia é conservadora, pois uma redução da desigualdade deve aumentar a difusão de eletrodomésticos nas primeiras classes de rendimento.

Os resultados da projeção referem-se a um crescimento do PIB de 3,8% a.a. até 2016. O mercado resultante é factível, pois os consumos são compatíveis com os rendimentos familiares. Os elementos que compõem este mercado formam um balanço entre a difusão de eletrodomésticos, a evolução da eficiência energética e um hábito de consumo menos perdulário.

Os desafios mais evidentes podem ser visualizados na tabela 10 e mostram a necessidade de eletrificar 5,7 milhões de domicílios rurais para que as metas de universalização sejam cumpridas. Isto, apesar do crescimento da urbanização que reduz o nº de domicílios rurais. Adicionalmente, mais de 20 milhões de domicílios urbanos devem ser ligados à rede nos próximos 10 anos, apesar de se estimar que a classe residencial tenha sido universalizada em 2001.

6 – CONCLUSÕES

O modelo apresentado projeta o consumo de energia elétrica nas residências urbanas e rurais. A sua formulação integram os cenários macroeconômicos e as projeções demográficas nas relações microeconômicas explicativas do consumo de energia elétrica nas residências, relações estas que associam a difusão dos eletrodomésticos aos rendimentos domiciliares e possibilitam incorporar os efeitos da conservação de energia nas projeções de mercado, associando os efeitos tecnológico e sobre o hábito de consumo na restrição dos orçamentos familiares, onde estes efeitos são revelados.

A diferenciação destes dois efeitos pode ser incorporada no modelo apresentado, explicitando o componente tecnológico (evolução dos rendimentos de transformação) com o uso dos modelos de sucateamento. O efeito tecnológico é cenarizável com base em difusões alternativas (distribuição de renda).

Por fim, destaca-se que o modelo apresentado baseia-se em pesquisa de abrangência nacional realizadas anualmente, possibilitando uma calibragem anual do modelo, internalizando a evolução dos parâmetros divulgados nestas pesquisas e nos dados setoriais.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) BERQUÓ, E. Arranjos Familiares no Brasil: Uma Visão Demográfica In Novais, F. e Schwarcz, L. História da Vida Privada no Brasil, Contrastes da Intimidade Contemporânea. V.4, São Paulo, Cia das Letras, 1998.
- (2) BØENG, A.C. Methods for calculating energy consumption in Norwegian households, Disponível em http://www.ssb.no/ocg/4g_boeng_india.ppt, Acessado em 16/03/2007.
- (3) IBGE Sinopse Preliminar do Censo Demográfico de 2000, Rio de Janeiro, V. 7, 2000.
- (4) IPEA Sobre a Recente Queda da Desigualdade no Brasil, Nota Técnica nº 9, Brasília 30 de agosto de 2006.
- (5) JANNUZZI, G. M. SWISHER, J.N.P., Planejamento Integrado de Recursos Energéticos: Meio Ambiente, Conservação de Energia e Fontes Renováveis, Campinas, Autores Associados, 1997.
- (6) LEON, N.; PESSANHA, J.F.M. Dinâmica da evolução do consumo de energia no setor residencial. In: XVIII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, 2005, Curitiba. 2005a.
- (7) LEON, Nelson; PESSANHA, J.F.M. Projeções da população e do número de domicílios: uma incerteza para a projeção do mercado de energia elétrica em um horizonte de dez anos ?. In: Workshop Demografia dos Negócios, Salvador. 2005b.
- (8) LEON, N.; PESSANHA, J.F.M.; RIBEIRO, P.M. Estimativas intercensitárias e projeções do número de domicílios para os estudos de previsão do mercado de energia elétrica da classe residencial. In: X Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica, Florianópolis. 2006.
- (9) McCULLAGH, P. Regression Models for Ordinal Data, Journal of the Royal Statistical Society, series B, v. 42, n.2, pp.109-142, 1980.
- (10) RAMOS, L.; MENDONÇA, R. Pobreza e desigualdade de renda no Brasil, in GIAMBIAGI, F. *et al.* Economia Brasileira Contemporânea (1945-2004), Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- (11) TAFNER, P; FERREIRA, M.C. Renda e consumo de bens duráveis no Brasil: a aplicação da escala ECD nas regiões urbanas no Sudeste e Nordeste 1998/1997, Revista de Economia, Editora UFPR, v. 31, n. 1(29), pp. 63-82, jan./jun. 2005.