

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Sociais Aplicadas - CSA
Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas - PCE

EDER LUIS TOMOKAZU KAMITANI

**DEMANDA RESIDENCIAL POR ELETRICIDADE NO PARANÁ: UM ESTUDO
UTILIZANDO DADOS EM PAINEL**

Maringá/2012

EDER LUIS TOMOKAZU KAMITANI

**DEMANDA RESIDENCIAL POR ELETRICIDADE NO PARANÁ: UM ESTUDO
UTILIZANDO DADOS EM PAINEL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Teoria Econômica.

Orientador:

Prof. Dr. José Luiz Parré

Maringá/2012

K15d Kamitani, Eder Luis Tomokazu

Demanda residencial por eletricidade no Paraná: um estudo utilizando dados em painel [dissertação] / Eder Luis Tomokazu Kamitani; orientador José Luiz Parré. – Maringá, 2012.

76 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Sociais Aplicadas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas.

EDER LUIS TOMOKAZU KAMITANI

**DEMANDA RESIDENCIAL POR ELETRICIDADE NO PARANÁ: UM ESTUDO
UTILIZANDO DADOS EM PAINEL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Teoria Econômica. Sob apreciação da seguinte banca examinadora:

Aprovado em ____ de _____ de 2012

Professor Doutor José Luiz Parré
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Professora Doutora Marina Silva da Cunha
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Professor Doutor Jefferson Andronio Ramundo Staduto
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE

Agradecimentos

Para que essa obra fosse possível, foi necessário o apoio de muita gente. Aqui nestes agradecimentos conseguirei apenas mostrar, de maneira bastante esmaecida, minha gratidão infinita.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por tudo: pela vida, pela oportunidade e por me dar força e lucidez para superar este desafio. A minha família, em especial a minha mãe, que fez de tudo que esteve ao alcance para que eu tivesse as melhores oportunidades na vida.

Agradeço o apoio moral e financeiro dos meus amigos e ex-colegas do Banco do Brasil. Não fosse a ajuda deles num momento particularmente difícil da minha vida e a experiência do mestrado teria sido furtada de mim. Esse singelo agradecimento é o mínimo que posso fazer para refletir como nunca esquecerei o imenso ato de solidariedade que empreenderam em minha vida.

Ao meu orientador Dr. José Luiz Parré pela compreensão e paciência. Às professoras doutoras Márcia Istake e Marina Silva da Cunha pela participação em minha banca de qualificação: suas valorosas críticas ajudaram a nortear essa dissertação. Ao prof. Dr. Jefferson Andronio Ramundo Staduto pela valorosa participação em minha banca.

Aos colegas de Mestrado, por me induzirem a um verdadeiro conhecimento humano. Em específico, agradeço meus amigos Claudeci Silva, Renato Nataniel Wasquez e Walberti Saith por me servirem de exemplo e referência. Agradeço a Denise, da Secretária do PCE, pela atenção e presteza.

A Vera Lúcia Baron, da Copel, pela disponibilização de dados de consumo e tarifa. Ao CNPQ, pelo apoio financeiro durante o primeiro ano. Aos meus colegas da Eletrosul, pela paciência e pelo convívio.

Resumo

A eletricidade é um bem cuja produção e consumo ocorrem simultaneamente devido as características do bem. Desse modo, é salutar compreender o comportamento da demanda da eletricidade para que a oferta seja suficiente, sem que haja desperdícios ou escassez. O principal objetivo desse trabalho é estimar a elasticidade-renda e elasticidade-preço para demanda residencial por eletricidade. Para tanto, o trabalho utiliza um banco de dados em painel formado por 399 municípios do Paraná, para o período 1999-2009. A utilização de dados permite controlar efeitos individuais relativos aos municípios e suas características intrínsecas. Duas metodologias foram utilizadas: painéis de dados com efeitos fixos e com efeitos aleatórios. Complementarmente, foram calculados modelos com *dummies* relativas aos anos e para as mesorregiões geográficas. Os resultados apontaram melhor ajuste dos modelos de dados em painel, corroborando a idéia de que fatores locais podem influenciar a demanda residencial por eletricidade. As elasticidades-renda e elasticidades-preço obtidas apontam pouca influência do preço e da renda no consumo residencial de eletricidade. As elasticidades-renda e elasticidades-preço obtidas apontam baixa influência do preço e da renda no consumo residencial de eletricidade.

Palavra Chaves: Demanda Residencial por Eletricidade, Paraná, Elasticidades

Abstract

Electricity is a commodity whose production and consumption occur simultaneously due to the characteristics of good. Thus, is salutary to understand the behavior of electricity demand for that supply is sufficient, without waste or outages. The main objective of this study is to estimate the income elasticity and price elasticity for residential demand for electricity. Thus, the study uses a database panel of 399 municipalities of Paraná, for the period 1999-2009. The use of the methodology allows you to control individual effects for the municipalities and their intrinsic characteristics. Two methods were used: panel data fixed effects and random effects. In addition, models were run with dummies for the years and for geographical mesorregion. The results showed a better adjustment of panel data models, supporting the idea that local factors may influence the residential demand for electricity. The income elasticities and price elasticities obtained show low influence of price and income in residential consumption of electricity.

Key Words: Residential Demand for Electricity, Paraná, Elasticities

Sumário

LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE SIGLAS.....	12
1. Introdução	13
1.1 Considerações iniciais	13
1.2 Objetivos	17
2. Oferta e demanda de energia elétrica	18
2.1 Características do bem eletricidade e oferta de energia elétrica	18
2.2 Breve histórico da oferta de energia elétrica no estado do Paraná.....	19
2.2.1 A oferta de eletricidade no Paraná	24
2.3 A demanda residencial por eletricidade no Paraná	25
2.4 A questão tarifária no Brasil	28
2.4.1 A metodologia do custo histórico contábil.....	28
2.4.2 Metodologia do custo marginal	29
2.4.3. Da equalização tarifária a adoção da metodologia do preço teto	30
2.4.4. A metodologia do preço-teto	31
2.4.5. Tarifas sociais e democratização do acesso a eletricidade	31
2.5 Programas de eletrificação rural	34
3. Revisão de literatura	36
3.1 Estudos Internacionais sobre Demanda por Eletricidade.....	36
3.2 Estudos sobre demanda por eletricidade no Brasil.....	40
4. Metodologia	44
4.1 Fonte dos dados.....	44
4.1.2 Forma econométrica.....	45
4.2 Método econométrico.....	46
4.2.3 Teste de Hausman	48
5. Resultados.....	49
5.1 Análise descritiva	49

5.2. Estimativas.....	56
5.2.1. Estimativa com efeitos fixos	56
5.1.2 Estimativas com efeitos aleatórios	57
5.1.3 Teste de especificação de Hausman	58
5.1.4 Painel de dados com efeitos fixos após correções	58
5.1.5 Regressão com painel de dados incluindo <i>dummies</i> relativos aos anos.....	59
5.1.6 Regressão incluindo <i>dummies</i> relativos às mesorregiões e à grau de urbanização	61
5.1.7 Regressão com variável relativa à razão entre população e número de unidades consumidoras.....	63
5.2 Elasticidades preço e renda da eletricidade para demanda residencial	64
6. Considerações finais	69
Referências	71

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Características do bem eletricidade.....	18
TABELA 2 - Tarifa Baixa Renda Copel 1999-2005.....	33
TABELA 3 – Tarifa Baixa Renda Copel 2006-2008.....	33
TABELA 4 – Tarifa Baixa Renda Copel 2009.....	34
TABELA 5 – Identificação de variáveis.....	49
TABELA 6 – Municípios com menor grau de urbanização e consumo residencial per capita de eletricidade.....	53
TABELA 7 – Variações de renda per capita por mesorregiões paranaenses entre 1999 e 2009.....	53
TABELA 8 – Variação de consumo residencial per capita de eletricidade por mesorregiões.....	54
TABELA 9 - Regressão utilizando dados em painel com efeitos fixos.....	56
TABELA 10 – Regressão utilizando dados em painel com efeitos aleatórios.....	57
TABELA 11 – Regressão com efeitos fixos e correção de heterocedasticidade e de autocorrelação.....	58
TABELA 12 - Regressão com efeitos fixos incluindo <i>dummies</i> relativos aos anos.....	60
TABELA 13 - Regressão com efeitos fixos incluindo <i>dummy</i> para grau de urbanização.....	61
TABELA 14 – Regressão com efeitos aleatórios incluindo <i>dummies</i> relativas às mesorregiões.....	63
TABELA 15 - Regressão com efeitos fixos e inclusão da variável razão entre população e unidades consumidoras.....	64
TABELA 16 - Elasticidades para demanda residencial por eletricidade no Paraná entre 1999 e 2009 – consumo per capita.....	64
TABELA17 - Elasticidades-renda e elasticidades-preço – Quadro comparativo.....	67

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Diagrama de planejamento energético.....	15
FIGURA 2 - Consumo Total de Eletricidade no Paraná entre 1980 e 2011.....	25
FIGURA 3 - Consumo residencial de eletricidade no Paraná entre 1980 e 2011.....	26
FIGURA 4 - População Censitária Paranaense 1980-2010.....	26
FIGURA 5 - Consumo Residencial <i>Per Capita</i> (1999-2009).....	50
FIGURA 6 - Razão entre população e unidades consumidoras (1999-2009).....	51
FIGURA 7 – Razão entre população e unidades consumidoras e consumo residencial per capita de eletricidade.....	51
FIGURA 8 – Tarifas residenciais médias de eletricidade para o Paraná entre 1999 e 2009.....	52
FIGURA 9 - Consumo Grau de urbanização e consumo residencial per capita de eletricidade.....	52
FIGURA 10 – Mapa do consumo residencial per capita de eletricidade (1999).....	54
FIGURA 11 – Mapa do consumo residencial per capita de eletricidade (2009).....	55
FIGURA 12 - Mapa da variação do consumo residencial per capita de eletricidade (1999-2009).....	55

LISTA DE SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BEN – Balanço Energético Nacional

CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina

CME – Centro de Memória da Eletricidade

COPEL – Companhia Paranaense de Energia

COCEL – Companhia Campolarguense de Energia

CFLO – Companhia Força e Luz do Oeste

CPFL Santa Cruz – Companhia Paulista de Força e Luz Santa Cruz

ELETROSUL – Eletrosul Centrais Elétricas

FORCEL – Força e Luz Coronel Vivida Limitada

1. Introdução

1.1 Considerações iniciais

A energia elétrica é um bem essencial ao conforto da vida moderna e para o desenvolvimento das atividades econômicas. Desde que Thomas Edison, em meados do século XIX, criou a lâmpada elétrica, o uso da eletricidade migrou da iluminação pública para o interior das residências e fábricas, lojas e repartições públicas; difundiu-se em escala e em número de possibilidades, mesmo substituindo outras formas de energia.

O setor elétrico é dividido em geração, transmissão e distribuição (TOLMASQUIM, 2011). A geração corresponde à transformação de qualquer outra forma de energia em energia elétrica. A transmissão liga a geração à estrutura de distribuição e a distribuição leva a energia até os usuários finais. Toda essa estrutura é necessária para que o usuário final possa demandar esse bem.

A construção do setor elétrico perpassa por sua confiabilidade. O sistema elétrico deve ser confiável, isto é, deve ter desempenho tal que não tenha excessivos apagões (por excesso de demanda) ou oferta em demasia, de modo que haja carga perdida. Segundo CORREIA (2010), a confiabilidade do sistema elétrico no Brasil deve ser de 95%, ou seja, 95% do tempo com oferta de eletricidade regular, com 5% de risco de *outage* (interrupções). A aproximação da oferta face à demanda evita desperdícios referentes à carga perdida e aos prejuízos inerentes a blecautes e interrupções. Conhecer a demanda é fundamental para que se construa uma oferta consistente e confiável no longo prazo. É necessário analisar as tendências do consumo e suas determinantes, visto que obras relativas à geração de energia elétrica demoram vários anos para serem concluídas e requerem vultuosos investimentos.

O setor elétrico brasileiro tem uma característica que torna ainda mais essencial a aproximação entre quantias ofertadas e demandas: o fato de ser eminentemente hidrelétrica. Conforme o Balanço Energético Nacional de 2011, em 2010, 74% da eletricidade nacional era oriunda de fonte hidráulica. A predominância dessa fonte fortalece a necessidade de uma compreensão mais rigorosa da demanda, pois a dependência do regime de chuvas insere um componente adicional de incerteza na capacidade de geração. A opção predominante pela energia elétrica de fonte hidráulica deve-se ao fato do Brasil ter uma geografia privilegiada, com caudalosos rios de enorme potencial (TOMALSQUIM, 2011). A construção de termelétricas movidas a gás ou petróleo auxilia na redução dessas oscilações, visto que bastam ser alimentadas com combustível para que possam gerar energia, porém possuem a contrapartida de serem mais poluentes. A busca por diversificação é válida para reduzir incertezas quanto ao abastecimento energético.

Além de uma estrutura contínua e confiável de geração, transmissão e distribuição para garantir a oferta, são necessários bens que transformem a energia elétrica em calor, movimento e trabalho, bens eletrointensivos que transformem a eletricidade em utilidade. Somente a utilização de bens duráveis eletrointensivos permite que haja demanda por eletricidade.

A demanda residencial de eletricidade é eloqüente sinal do padrão de vida da população de um país. Sinaliza o acesso a serviços e a bens duráveis, aponta mudanças na composição etária e grau de urbanização (TOLLEY ET AL., 1977). Em suma, é uma evidência precisa, mas não isolada, do crescimento econômico de um país. Estudá-la é uma forma de compreender uma faceta do progresso econômico, uma forma de averiguar como a geração de renda propicia conforto e qualidade de vida.

Há abundante literatura sobre a causalidade entre crescimento econômico e consumo de eletricidade. OUÉDRAOGO (2010), em estudo da correlação entre consumo de eletricidade e crescimento econômico para Burkina Faso, elabora um quadro que reúne resultados desses estudos que contemplam o nexos consumo energético-crescimento econômico, onde nota-se que não há um consenso sobre a direção da causalidade. Por exemplo, para a economia americana obtém-se que o crescimento econômico gera aumento de consumo energético (KRAFT e KRAFT, 1978), que o consumo energético aumenta o nível de emprego (AKARCA e LONG, 1980) ou mesmo que não há correlação (YU e HWANG, 1984).

Contudo, dos 34 estudos analisados por OUÉDRAOGO somente 9 não apresentaram nenhuma espécie de correlação entre consumo energético e crescimento econômico ou variações no emprego. Esse resultado fica ainda mais expressivo quando nota-se que nestes 9 estudos, ainda assim, parte dos países analisados apresentam a correlação. A seleção de estudos analisada por OUÉDRAOGO contempla países em diversos estágios de desenvolvimento, desde países em desenvolvimento (como Gana, Senegal e Nigéria) até países altamente desenvolvidos (Japão, Suíça e Estados Unidos). A compilação de estudos de correlação entre crescimento econômico e consumo energético permite a visualização do panorama geral da existência dessa relação. Sendo a correlação entre consumo de eletricidade e crescimento econômico algo válido, em países em diferentes estágios de desenvolvimento, é ponto pacífico considerar que se trata de um setor estratégico para o crescimento econômico, independente da direção dessa causalidade, visto que a eletricidade é utilizada como insumo nas indústrias, é fundamental para a utilização de muitos aparelhos doméstico e bastante útil em muitas empresas prestadoras de serviços. É insumo para as atividades econômicas e permite que o consumidor residencial obtenha utilidade em seu lazer e em suas atividades cotidianas, através de bens eletrointensivos.

O estudo da demanda residencial por eletricidade é parte importante do planejamento energético. Além de compor grande parcela do consumo total de eletricidade do país (segundo o BEN

2011 correspondia a 23,8% do consumo total), a demanda residencial está relacionada diretamente ao padrão de vida de uma população.

Uma vez que a demanda residencial por eletricidade está atrelada à oferta, é necessário explicar sobre a situação desta. Esta dissertação propõe-se a analisar a evolução do consumo residencial de energia elétrica no estado do Paraná entre 1999-2009. Foi escolhido este estado devido à disponibilidade de dados municipalizados de consumo de energia elétrica.

O dimensionamento correto da demanda permite a decisão de quanto vai se produzir de energia, assim como de quanto será exportado. A Figura 1 denota a análise da demanda por energia no contexto do planejamento energético:

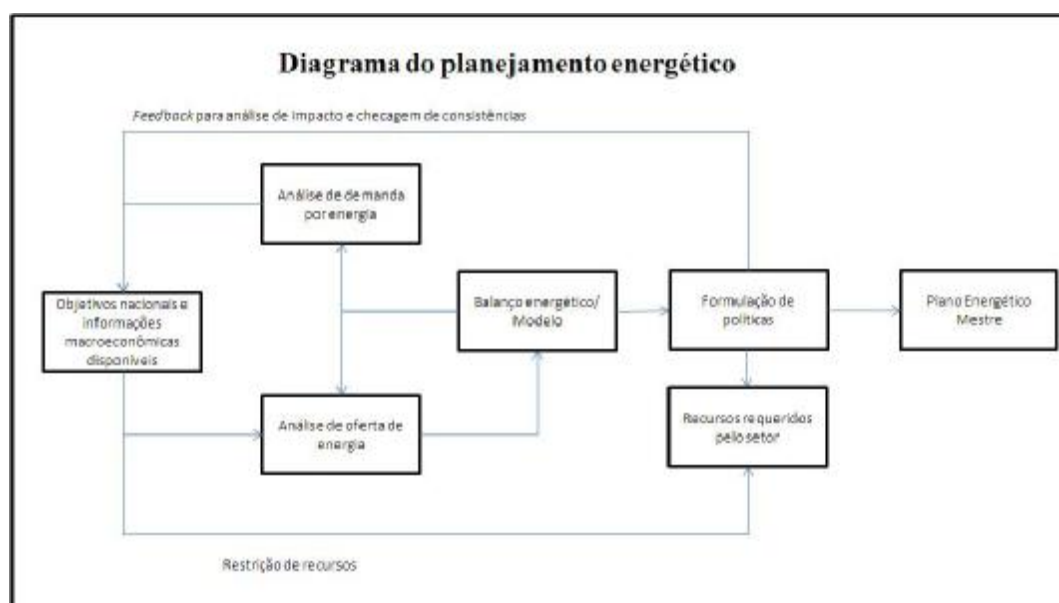


FIGURA 1: Diagrama de Planejamento Energético

FONTE: MUNASINGHE e SCHRAMM (1983)

A análise da demanda, com base nas informações disponíveis da economia permite definir o modelo energético mais adequado, em conjunto com as informações a respeito dos recursos naturais e matérias-primas. Concomitante a essa análise, estuda-se também a oferta por energia, que tem influência sobre a quantidade consumida de energia. A análise da oferta e de sua relação com a demanda permite inferir sobre o balanço energético do país. Com base nisso e em seus objetivos estratégicos, o governo formula a política energética, sedimentada em um plano principal. Evidente que não se trata de um modelo estático; com o passar do tempo ajustes e *feedbacks* permitem melhor dimensionamento da oferta em face de demanda por energia de uma região num período. A não ocorrência de premissas que subsidiam a modelagem do planejamento energético tornaria um modelo estático bastante falho, dado que as incorreções poderiam causar danosas lacunas no fornecimento, que em outros termos pode ser entendida como perda de bem-estar e prejuízos econômicos.

O diagrama explicita que a demanda por eletricidade está inserida no delineamento de políticas energéticas. As premissas que subsidiam decisões relacionadas à oferta influenciam a demanda, que por sua vez possuem relevo no comportamento macroeconômico que determinam o nível de consumo geral de eletricidade. É através dessas interações, ao longo do tempo, que ocorre a aproximação mais fidedigna da demanda em relação à oferta. A compreensão de fatores que influenciam a demanda permitem alimentar a formação de perspectivas relativas a oferta.

Sendo assim, este estudo possui o escopo de compreender a demanda residencial por eletricidade no Paraná entre 1999 e 2009, fazendo uso de painel de dados. Foi escolhido o Paraná devido à inexistência de estudos publicados sobre demanda por energia elétrica para o Estado e a disponibilidade de dados municipalizados. A análise estadual deve-se a obrigatoriedade das concessionárias contratarem o total do mercado por elas previsto. Cabe a distribuidora efetuar essas estimativas, efetuando-as com cinco anos de antecedência. A análise da demanda por municípios corresponde ao intento de verificar o efeito das características locais sobre o consumo de energia. O período entre 1999 e 2009 deve-se a disponibilidade de PIB municipal no IBGE.

Outro fator que influiu na escolha desta unidade da federação para o estudo da demanda por eletricidade é a abundância de eletricidade em relação a demanda. Devido a esta abundância, a premissa de inelasticidade da oferta, usual no estudo de demanda residencial por eletricidade, aproxima-se mais da realidade que em estados onde a oferta é apenas suficiente ou onde há escassez de energia.

O estudo está estratificado em quatro partes. A primeira parte consiste em uma descrição dos atributos do bem eletricidade, a formação da estrutura de oferta de eletricidade no Paraná e questões institucionais do setor que tratam das tarifas e da eletrificação rural. A descrição destes atributos visa reforçar a necessidade de uma oferta bastante próxima da demanda, de forma constante e confiável. A formação da estrutura de oferta de eletricidade delineia um panorama da construção do parque gerador de hidreletricidade no Paraná. Esta recapitulação sobre formação de estrutura é oportuna, pois ilustra a formação da oferta de eletricidade de acordo com a demanda ao longo do tempo e os problemas relativos ao abastecimento. No término da primeira parte, há um histórico da formação de tarifas e de programas que democratizam o acesso a eletricidade. O histórico da formação de tarifas demonstra os critérios utilizados ao longo do tempo para determinação do custo de eletricidade para o consumidor e o modelo utilizado atualmente. O valor da tarifa é um dos parâmetros utilizados neste estudo. Quanto a programas de democratização de acesso a eletricidade, trata-se das tarifas sociais e dos programas de eletrificação rural

A segunda parte abrange os estudos sobre demanda residencial de eletricidade, tanto os que abrangem a economia brasileira quanto as que analisam outros países. Este capítulo de revisão de

literatura permite ponderar quais são as variáveis que podem ser úteis na averiguação da evolução do consumo residencial.

A terceira parte corresponde à metodologia. Consiste numa descrição sucinta da metodologia do painel de dados, utilizados neste estudo. Conforme HSIAO (2005), o painel de dados permite controlar o efeito das heterogeneidades individuais. A premissa de que há diferenças estruturais significativas entre os municípios assume papel-chave na análise da demanda na medida em que seus efeitos possuem influência direta no consumo. Como exemplo de característica individual com forte poder preditivo sobre consumo residencial *per capita* pode se citar o grau de urbanização de um município.

A quarta parte trata dos resultados das regressões. O método utilizado para obtenção das elasticidades-renda e preço da eletricidade para consumo residencial é a do painel de dados. São efetuadas estimativas com efeitos fixos e aleatórios. Efetuadas as regressões, procede-se a comparação com elasticidades de outros estudos, bem como qual a determinação dos principais fatores que influenciam o consumo.

Por último, há o capítulo de considerações gerais que sedimenta as principais conclusões obtidas neste estudo.

1.2 Objetivos

Esta dissertação propõe-se a analisar a evolução do consumo residencial de energia elétrica no estado do Paraná entre 1999-2009. Foi escolhido este estado devido à disponibilidade de dados municipalizados de consumo de energia elétrica e de PIB. A opção por uma análise municipalizada recai sobre a heterogeneidade dos municípios paranaenses, o que enriquece a análise ao permitir extrapolar a relação entre consumo, preços e renda.

O objetivo específico consiste em calcular, através da metodologia de painel de dados com efeitos fixos e aleatórios, as elasticidades-renda e elasticidades-preço da eletricidade para o consumidor residencial.

2. Oferta e demanda de energia elétrica

2.1 Características do bem eletricidade e oferta de energia elétrica

A eletricidade possui idiosincrasias que tornam sua produção e manipulação carentes de cuidados muito específicos. A eletricidade requer simultaneidade entre produção e consumo, além de instantaneidade nesse percurso (PINTO JR., 2007), pois ela é consumida quase no mesmo momento em que é produzida. A instantaneidade é um atributo inerente a eletricidade, garantido pela interligação do setor elétrico.

A impossibilidade de estocá-la em grandes volumes faz com que a simultaneidade seja necessária e indica necessidade de que a diferença entre demanda e oferta seja a mínima possível, de forma a evitar perdas.

A tabela 1 faz um rol dessas características, dividindo-as em dois grupos: temporais e espaciais.

Tabela 1: Características do bem eletricidade

Temporais	Espaciais
Simultaneidade	Integridade
Instantaneidade	Densidade
Intensidade	Homogeneidade
Regularidade	Extensão
Duração	Localização
Momento	

Fonte: PINTO JR. (2007)

A eletricidade possui atributos temporais e espaciais bastante singulares, em comparação com outras fontes energéticas e com outros bens. A simultaneidade e a instantaneidade aludem à concomitância da geração da energia e do consumo (PINTO JR, 2007). A intensidade está relacionada com a quantidade utilizada, demandada por usuários finais. Esse atributo representa a potência utilizada, expressa em Watts (W). A energia elétrica é um produto que é consumido ao mesmo tempo em que é produzido e depende de uma estrutura erigida para esse propósito, perfeitamente concatenada para que o percurso siga de modo eficiente.

A regularidade consiste na verificação da normalidade do fluxo elétrico. Ela é representada pelo fator de carga (PINTO JR. 2007), que representa a relação entre intensidade média e intensidade máxima durante um dado período. A regularidade aumenta à medida que esse fator tende para um. Dado o atributo instantâneo da eletricidade, a regularidade é algo bastante desejável para o setor. A necessidade de se planejar a oferta de modo que se aproxime de modo significativo da demanda faz

com que amplas variações resultem em déficits ou desperdícios. A duração e o momento referem-se à continuidade no tempo e ao ponto no tempo em que ocorre a utilização.

Os atributos espaciais refletem uma necessidade bastante peculiar ao setor elétrico: integridade espacial (PINTO JR.,2007). Os processos devem estar fisicamente integrados. Com base nesse atributo, a forma como ocorrerá a expansão da estrutura de transmissão e distribuição podem ser planejadas de forma mais efetiva.

A densidade refere-se à quantidade de energia envolvida entre a geração e a distribuição por unidade de área. A homogeneidade refere-se à regularidade espacial, ou seja, de que modo o consumo de energia está distribuído num dado território. A extensão e a localização do fluxo elétrico referem-se ao espaço onde ocorre o fluxo, ou em outras palavras, por onde ocorrerá a transmissão desse fluxo.

A observância dessas características denota a essencialidade de se aproximar a oferta ao máximo da demanda, permitindo a regularidade e a continuidade da oferta. O dimensionamento correto da demanda permitir que seja ofertada uma quantia que seja suficiente, mas não superabundante.

A seguir será descrito o setor elétrico paranaense, corroborando a necessidade exposta acima de compreender-se minimamente a oferta geral de energia elétrica para efetuar o estudo da demanda residencial por energia elétrica. Notar-se-á que, num período onde a interligação entre diversas áreas de consumo era precária, a oferta era determinada pela demanda de uma região em específico.

2.2 Breve histórico da oferta de energia elétrica no estado do Paraná

O setor elétrico paranaense desenvolveu-se de forma esparsa a partir das primeiras décadas do século XX. Assumiu um caráter mais sistemático a partir do momento que houve a compreensão da eletricidade como algo ancilar para o desenvolvimento de uma economia industrial e urbanizada, que foi denotada em momentos que o Estado assumiu uma posição mais efetiva no planejamento energético. Não obstante o setor elétrico brasileiro ter principiado seus passos nos principais centros econômicos dos primórdios do século XX, o setor elétrico paranaense deu seus incipientes passos na mesma época, tal qual o Brasil iniciou a formação do seu parque gerador de eletricidade concomitante aos países desenvolvidos (CME, 2008).

É digno de nota esse desenvolvimento precoce dado que, tal como qualifica PADIS (1980), o Paraná era naquela época uma economia periférica. Ora, se o esforço de se consolidar o setor elétrico consiste em buscar regiões economicamente mais desenvolvidas, capazes de terem recursos financeiros para construir usinas e escala suficiente para tornar viável a exploração dessa atividade, a construção das primeiras usinas no Paraná, numa época em que sua economia era essencialmente

ervateira, surpreende. Em 1889, foi instalada em Capanema a primeira usina para geração elétrica no estado, uma termelétrica (SIQUEIRA ET AL., 1994), a despeito do grande potencial energético da hidrografia paranaense.

Ainda que o desenvolvimento do setor elétrico paranaense seguisse os passos do setor elétrico brasileiro, a predominância da geração hidrelétrica demorou algumas décadas para se consolidar, dado não só a falta da escala necessária para uma geração eficiente, como também a falta de recursos necessários para tal intento (as tecnologias necessárias para a geração) e mesmo a confiabilidade da oferta. Se hoje em dia as modernas tecnologias não permitem ainda estocar eletricidade, que dirá numa época em que o consumo não era suficiente para justificar a construção de usinas. Além disso, é ponto pacífico que a economia paranaense até meados da década de 80 era ainda bastante agrícola, e a agricultura não é tão eletrointensiva quando a produção industrial.

A forma mais nítida de se verificar a evolução da consolidação do parque gerador elétrico paranaense é comparar o capital que movimentava e financiava em cada época a geração elétrica no Paraná e no Brasil. BRANCO (1975) denota o capital estrangeiro como primordial para o início da construção do setor elétrico brasileiro, tanto no que concerne ao volume de recursos necessários tanto no que tange as tecnologias que a atividade demanda. Lembrando que o Brasil iniciou a implantação de usinas na mesma época que os países desenvolvidos e que naquela época não constava na vanguarda da produção tecnológica-científica, a geração de energia desenvolveu-se num primeiro momento à expensas da tecnologia americana e canadense, mas especificamente dos grupos AMFORP e LIGHT.

A geração de energia elétrica no Paraná tinha caráter local (SIQUEIRA ET AL., 1994) no início do século XX, bastando o fornecimento ser feito por pequenas usinas hidrelétricas e termelétricas. No período, grande parte do estado do Paraná não havia sido ocupado. Grandes municípios paranaenses como Londrina e Maringá surgiram na década de 1940, pela ação de companhias colonizadoras. O extremo noroeste do Paraná, também chamado de Norte Novíssimo foi ocupado de forma mais sistemática na década de 1950, atendendo a necessidade de procurar novas fronteiras agrícolas.

O grande quebra-diques da participação estatal na geração de energia é o Código das Águas (1935), que regulamenta a utilização de recursos hídricos, e por extensão, a utilização de recursos para geração de energia. No Brasil como um todo, a produção hidrelétrica era a fonte preferencial de geração pelas usinas privadas (CME, 2008), e a regulamentação através da promulgação foi um passo para o Estado tomar para si a primazia da geração e, em última instância, do planejamento energético. O primeiro grande projeto hidrelétrico paranaense é de 1931, a Usina Chaminé, e reflete a busca do estado pela estabilização da oferta de energia na época. A primazia da União não extinguiu a escassez, mas o problema era assim tratado de uma forma menos passiva, pois os conflitos que eram inerentes à

relação entre empresas e consumidor foram transferidos para o poder público (SIQUEIRA ET AL., 1994).

O planejamento energético pelo estado tem dois momentos marcantes: o Plano Energético do Estado, de 1948, e o Plano de Eletrificação do Estado, de 1961. Ambos buscam consolidar aquilo que o Código das Águas tencionara: trazer para o estado a responsabilidade de cuidar das concessões e por extensão garantir que o setor energético, tão estratégico para o desenvolvimento, ficasse sob a égide estatal. A criação de um plano estratégico foi fundamental para que a hidreletricidade começasse a tomar espaço da energia elétrica gerado pelas termelétricas. A grande preocupação não era somente gerar abundante quantidade de energia, mas salvaguardar o fornecimento de energia das variações no preço do carvão e das oscilações cambiais.

Além disso, o desenvolvimento de uma forma mais coordenada, ao invés de unidades esparsas, faz com que o sistema de distribuição e transmissão cresça em localidades que não seriam atrativas para a iniciativa privada. Estando o parque elétrico nas mãos do Estado, o mesmo poderia usá-lo para promover o desenvolvimento em localidades isoladas, não seguindo apenas a causalidade anterior, onde as usinas de âmbito local surgiam perto de localidades com intensa atividade econômica. PARIGOT DE SOUZA (1996) aponta que o desenvolvimento mais sistemático da oferta de eletricidade no começo dos anos 50 está relacionado com o interesse do poder local de se voltar a industrialização e se salvaguardar da dependência econômica de uma cultura predominante (café).

O Plano de Eletrificação Paranaense, de 1948, foi instituído pelo governador Moyses Lupion e previa a construção de cinco usinas hidrelétricas. Essas usinas deveriam ficar prontas em duas etapas: as usinas de Cotia, São João e Caiganga nos primeiros três anos, e as usinas São Sebastião e Salto Grande nos próximos 8 anos. O empenho estatal na formação de um parque gerador de eletricidade confiável refletiu-se na dotação orçamentária da Secretaria de Obras Públicas, em torno de 32 a 53% do Orçamento. Em 1953, houve a criação do fundo de eletrificação, visando gerar fundos para a execução das obras.

Na década de 1950, a criação da COPEL consolidou a iniciativa estatal em garantir fornecimento energético. Incumbida de construir novas usinas e desenvolver o sistema da distribuição, a formação de estatal específica permitiu o acúmulo de *know-how*, fundamental para as obras das décadas seguintes. Em 1956, a partir do decreto nº 1412, houve a centralização de todas as ações governamentais de planejamento, construção e exploração do sistema de produção, transformação e distribuição de eletricidade; todos estes poderes foram centralizados na COPEL.

A COPEL fora responsável por construir grande parte do sistema hidrelétrico previsto no plano de eletrificação (REICHMAN NETO, 2002), obtendo concessões em todo estado. A interligação dos sistemas através das linhas de transmissão permitia que uma usina compensasse a hidrologia adversa

de outra. O Plano Estadual da década de 1960 fazia parte do Plano Nacional de Eletrificação idealizado pela Eletrobras.

O desenvolvimento do parque gerador e a busca por expansão da oferta ocorreu num momento oportuno, visto que não só as cidades estavam crescendo, como multiplicava o número delas no estado. Só na década de 60 foram criados mais de 80 municípios. O Paraná era um pólo atrator de fluxos populacionais (LEÃO, 1999). A atuação estatal permitiria que a energia elétrica chegasse a esses novos núcleos, mesmo que por vezes os projetos fossem deficitários. A iniciativa privada tenderia a investir apenas nos núcleos urbanos de maior porte.

O I Programa de Eletrificação do Governo do Estado foi instituído em 1971 e buscava atender as necessidades de energia elétrica, não só preocupando-se com a expansão da geração, mas também com a expansão das redes de distribuição e interligação com outros sistemas. Além de investimentos diretos, a COPEL encampou várias concessionárias e distribuidoras no período, visando mitigar gargalos no fornecimento de eletricidade.

Outra empresa estatal importante na consolidação do setor elétrico paranaense foi a ELETROSUL. A ELETROSUL, subsidiária da Eletrobrás, foi criada em 1968, sendo responsável originalmente pelo planejamento elétrico na região Sul. Já em seu início, a empresa obteve concessões em solo paranaense para a construção de usinas, tendo como foco o aproveitamento hidrelétrico o rio Iguaçu. Embora tenha obtido a concessão de Salto Osório, sob a alegação de que a energia produzida serviria aos três estados do sul. Contudo, a construção foi delegada a Copel. A concessão de Salto Santiago a Eletrosul também foi outorgada diante da intenção de fornecer energia para os três estados. A construção dessas usinas demandou que a COPEL firmasse convênio com a Eletrosul, dado o receio de perder o seu corpo técnico já experiente em construção de usinas hidrelétricas. O ingresso da ELETROSUL corroborou com o desenvolvimento do setor elétrico paranaense não especificamente pelas obras de geração, mas ao promover uma maior interligação com os sistemas de transmissão dos outros estados. A transmissão reduz significamente as consequências da hidrologia adversa, visto que a possibilidade de trazer a oferta de outra localidade reduz o efeito de problemas no fornecimento local (REICHMAN NETO, 2002). O surgimento de subsidiárias vinculadas a Eletrobrás, tal como a ELETROSUL, contribuiu para a interligação dos sistemas regionais (PESSALI e SERRA, 1999). As subsidiárias exerceram tal processo controlando a ligação com as empresas estaduais.

Depois de duas concessões de hidrelétricas terem sido passadas a ELETROSUL, a COPEL conseguiu a concessão de Foz do Areia. A usina, concluída em 1980, entrou em operação num momento em que havia problemas de fornecimento de energia no estado. O crescimento da demanda por energia estimulou o início das obras de mais duas usinas, a de Segredo e a de Salto Caxias.

Concomitante a expansão da oferta de energia, havia um esforço institucional na democratização de acesso a eletricidade. Em 1978, inaugurou-se o Programa Especial de Eletrificação Rural. Na década de 80, os programas “Clic Rural” e “Clic Urbano” mantiveram o intento de estender a rede de fornecimento, fazendo uso de recursos externos para se financiar (MASSOCHIN, 2006). A conclusão das Usinas de Segredo e Salto Caxias reduziram a necessidade de energia gerada por outros estados, permitindo o avanço das políticas de democratização de acesso aos serviços de eletricidade.

Na década de 1990, o setor elétrico brasileiro passou por profundas transformações. O esgotamento da capacidade estatal de investimento, incitado por grave crise fiscal vivida pelo país na década de 1980, impedia a ampliação das instalações de geração, transmissão e distribuição de acordo com o crescimento da demanda. Soma-se a isso o fato de que novas usinas apresentarem custo marginal mais alto, por estarem mais distantes dos grandes centros. A equalização tarifária fazia com que empresas com distintas estruturas de custo comercializassem sua energia empregando os mesmos preços, e uma das conseqüências foi a dificuldade das mesmas se manterem solventes. As empresas do setor elétrico entraram num processo de descapitalização. O serviço da dívida passou a constituir parcela cada vez maior do destino dos recursos. A política de contenção tarifária prejudicava a geração de receita interna. A contratação de empréstimos no exterior tornava as empresas cada vez mais vulneráveis. Os empréstimos não eram demandados somente para investimento, mas também para mera rolagem de dívida.

A partir de 1993, a equalização tarifária deixou de ser válido, o que permitiu a fixação de tarifas segundo o custo histórico contábil. Mas a pedra angular da reforma foi promulgação da legislação sobre concessão de serviços públicos, em fevereiro de 1995, com a Lei nº 8987, Lei Geral das Concessões. Essa lei previa a obrigatoriedade de licitação para a prestação de serviços públicos sob o regime de concessão, o que em outras palavras enseja o ingresso de agentes privados onde outrora tratava-se monopólio estatal.

A introdução da concorrência no setor elétrico constituía uma tentativa de expandir a oferta e a disponibilização de recursos em um momento onde o estado tinha esgotado sua capacidade de investir. A privatização surgia nesse contexto não só como uma forma de entregar ao capital privado uma nova fronteira de investimento, mas como um modo de permitir maior entrada de recursos no setor.

Tendo como modelo a reforma do setor elétrico inglês, as mudanças ocorridas no setor elétrico brasileiro buscavam gerar a desverticalização do setor, ou seja, tentava fazer com que geração, transmissão e distribuição não ficassem a cargo da mesma empresa. No Paraná, a desverticalização ocorreu de maneira incompleta. A COPEL não desmantelara sua estrutura; continuou presente nas três partes do sistema. Já a ELETROSUL teve sua parte da geração transformada em outra empresa (GERASUL). A parte da transmissão continuou com a ELETROSUL, enquanto os ativos de geração

foram comprados pela belga Tractebel. Em 2001, o governo estadual publicou edital de desestatização da COPEL, intento que foi abandonado em 2002.

No que concerne a distribuição, é conveniente lembrar que a COPEL, embora seja a fornecedora majoritária, não é a única empresa a efetuar distribuição. A COPEL abarca 392 municípios, incluindo a capital. A Companhia Força e Luz do Oeste (CFLO) cobre o município de Guarapuava. A Companhia Paulista de Força e Luz Santa Cruz abrange três municípios do Norte Pioneiro (Jacarezinho, Barra do Jacaré e Ribeirão Claro). A FORCEL fornece eletricidade para o município de Coronel Vivida. A COCEL distribui energia para o município de Campo Largo. Por último, o município de Rio Negro é suprido pela estatal catarinense CELESC.

A matriz elétrica paranaense, tal qual como a brasileira, é amplamente predominada pela geração hidráulica. Detentor de um complexo hidrográfico com grande potencial energético (Balanço Energético Paranaense, 2009), o Paraná tem trabalhado para intensificar a participação de recursos renováveis em sua matriz energética. Em 2008, o Paraná consumiu 17.363 toneladas equivalentes de petróleo em energia primária. A energia elétrica oriunda de fontes hidráulicas corresponde a 13,1 % da energia consumida do estado. A lenha, o bagaço da cana e o álcool são outras fontes renováveis utilizadas de forma maciça. Contudo, o estado produziu cerca de 15.091 mil toneladas equivalentes de petróleo, de modo a ser um importador líquido de energia. No que tange a hidreletricidade, o Estado do Paraná gerou em 2008 87.404 GWh de energia elétrica, sendo que 69,1% da energia foi exportada para outros estados.

Parece paradoxal um estado importador líquido de energia exportar eletricidade, mas é necessário endossar que as formas de energia não são totalmente intercambiáveis. A produção de energia não se resigna a eletricidade, leva em conta derivados de petróleo, queima de resíduos e gás natural. A eletricidade não pode substituir o carvão ou o resíduo numa fornalha, que tem toda uma estrutura voltada para a utilização de uma dada fonte. Logo, o estado pode necessitar comprar combustível, mas não eletricidade. A abundância de uma fonte a tal ponto em que é possível exportá-la não implica que não haja risco de escassez de energia numa região como um todo, visto a especificidade do consumo energético.

2.2.1 A oferta de eletricidade no Paraná

Segundo o Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2011), a capacidade instalada de geração de energia elétrica do estado do Paraná correspondia a 16696 MW em 2010. Este valor corresponde a 60,6% da região Sul e à 14,73% da capacidade instalada. A geração do estado do Paraná no ano de 2010 foi de 94.130 GWh, o que corresponde a 67% da geração da região sul e a 27,58% do montante produzido em 2011. Este valor exclui 50% da eletricidade de Itaipu, relativos à porção paraguaia.

O Banco de Dados de Geração da ANEEL aponta que a capacidade instalada de geração de eletricidade no Paraná, no início de 2012 é de 17.782 MWh, somando autoprodutores, produção independente, geração registrada e geradas pelo serviço público. Desse total, 11.543 MWh foram geradas pelo serviço público. Este valor exclui 50% da eletricidade de Itaipu, relativos à porção paraguaia. Desses 11.543 MWh, 4542 MWh referem-se a Usinas da Copel, 0,828 à FORCEL e 7.000 MWh referem-se a Itaipu Binacional.

As grandes usinas de geração de energia elétrica no Paraná são hidrelétricas e construídas na década de 1970 e 1980. Das usinas pertencentes à Copel destaca-se as usinas hidrelétricas de Foz do Areia (1676 MWh), Salto Caxias (1240 MWh) e Segredo (1260 MWh).

Da produção gerada por produtores independentes de energia, destaca-se as usinas de hidrelétricas Salto Osório (1078 MWh) e Salto Santiago (1420 MWh), ambas pertencentes a Tractebel Energia. Isso denota a presença do estado na construção do parque gerador, visto que estas usinas foram construídas na década de 1970 pela Eletrosul.

Uma amostra da magnitude dessas usinas é que a soma de todas as usinas planejadas (em construção ou licitação) totalizam 1.569, pouco menos que a capacidade instalada da usina Foz do Areia. O maior empreendimento destes é a Usina Hidrelétrica de Mauá, do consórcio Cruzeiro do Sul (51% Copel e 49% Eletrosul), com capacidade instalada prevista de 388 MWh.

A produção de eletricidade no Paraná é eminentemente gerada por usinas hidrelétricas, por empresas de serviço público. Grande parte do parque gerador hidrelétrico foi construída nas décadas de 1960, 1970 e 1980, seguindo os rumos do setor elétrico no Brasil.

2.3 A demanda residencial por eletricidade no Paraná

O consumo total de eletricidade no Paraná tem crescido substancialmente nas últimas décadas. O gráfico aponta a evolução do consumo total de eletricidade no Paraná entre 1980 e 2011. O aumento ocorreu continuamente no período, conforme é possível verificar na figura 2.

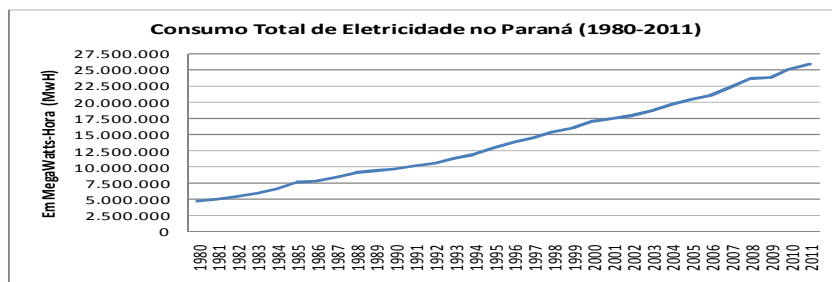


Figura 2: Consumo Total de Eletricidade no Paraná entre 1980 e 2011

Fonte: IPARDES

O consumo total de eletricidade aumentou 5,3 vezes no período. Contudo o crescimento na demanda total foi mais intenso na década de 80 do que nas décadas subseqüentes: enquanto houve um aumento de 104,28% do consumo total na década de 80, na década de 90 foi de 75% e na década de 2000 de 47,21%.

A evolução do consumo residencial aponta o mesmo crescimento contínuo do consumo total, mas com uma ressalva: houve queda no consumo residencial no período do apagão em 2001 e 2002. A evolução do consumo residencial de eletricidade pode ser visualizado no gráfico abaixo:

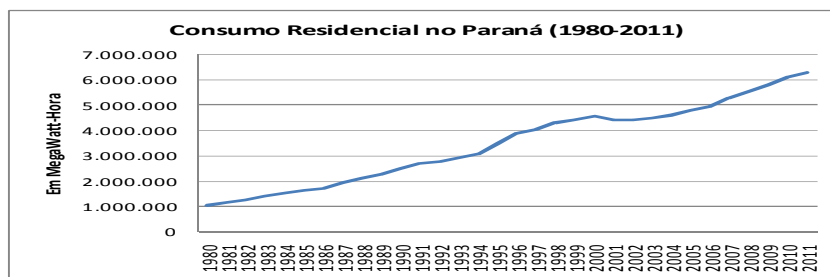


Figura 3: Consumo residencial de eletricidade no Paraná entre 1980 e 2011

Fonte: IPARDES

Assim como o consumo total, o crescimento do consumo ocorreu de maneira mais intensa na década de 1980 (140,59%). Na década de 1990 o crescimento foi de 81,41% e na década subseqüente de 33,28%. O aumento de consumo é amplamente superior ao crescimento da população na época, que foi de 36,90%. O gráfico a seguir apresenta o crescimento da população paranaense no período:

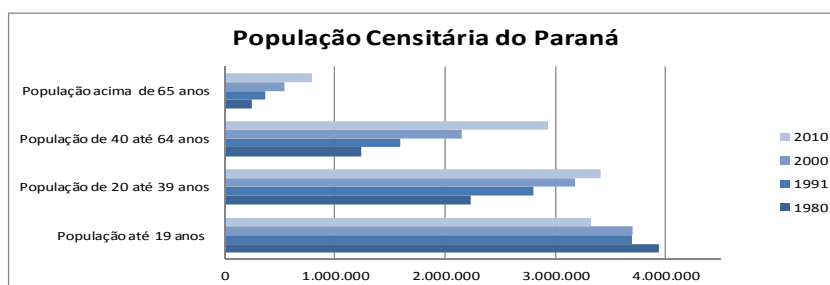


Figura 4: População Censitária Paranaense 1980-2010

Fonte: IBGE

A população paranaense até 19 anos é menor em termos percentuais e absolutos em 2010, tendo como base o ano de 1980. O envelhecimento da população implica que muito possivelmente haja um maior número de domicílios. O crescimento da população com mais de 64 anos afeta positivamente o consumo na medida em que tende a ser uma faixa etária onde haja maior número de pessoas aposentadas, o que pode apontar para pessoas com mais disponibilidade de tempo na residência.

O modo como a população está distribuída também pode impactar no consumo. Durante o período apurado, a população rural diminuiu sua representatividade em relação ao total, assim como diminuiu em termos absolutos. Em 1980, cerca de 41,38% dos paranaenses morava na zona rural, enquanto em 2010, apenas 14,67%. A população rural passou de 3.156.831(em 1980) para 1.531.834 habitantes (em 2010).

Essas mudanças são fundamentais para compreender o crescimento da demanda tanto absoluto como *per capita*. Se o crescimento populacional por si explica o aumento absoluto do consumo, a variação *per capita* está relacionado com a renda, como a população está distribuída entre campo e cidade, como é a estrutura demográfica, entre outros fatores.

A população paranaense cresceu 9,16% na década de 2000, o que representa um crescimento de 0,88% ao ano. As mesorregiões do Centro-Ocidental e Norte Pioneiro tiveram pequena redução populacional (-3,58% e -0,38, respectivamente). Nesse mesmo período, o consumo residencial por eletricidade cresceu 33,28%, cerca de 2,914 % ao ano, e mesmo as regiões que apresentaram decréscimo na população experimentaram maior consumo de eletricidade: na mesorregião do Centro-Ocidental o aumento de consumo foi de 33,22%, ao passo que na do Norte Pioneiro houve um acréscimo de 26,78%. A variação positiva do consumo residencial de eletricidade, mesmo com decréscimo populacional, sugere que houve mudanças estruturais, tal como SA'AD (2009) enunciara como determinante para o consumo residencial.

A análise por municípios denota a ocorrência de aumento de consumo residencial de eletricidade, mesmo tendo em vista a ocorrência de redução populacional. No período 2000-2010, 178 municípios tiveram redução populacional. Apenas os municípios de Guaraqueçaba e São Pedro do Ivaí apresentaram redução de unidades consumidoras, sendo que apenas o primeiro teve redução de consumo residencial de eletricidade. Houve redução de consumo per capita de energia nos municípios de Guaraqueçaba e Pontal do Paraná.

Embora o aumento de população gere uma tendência de que o consumo residencial de eletricidade apresente um incremento por unidades consumidoras, não se pode inferir uma relação direta entre crescimento populacional e aumento de consumo por unidade, visto que muito dos municípios que tiveram decréscimo populacional apresentaram variação positiva. Dos 399 municípios paranaenses, 220 tiveram aumento populacional e aumento de consumo por unidade de consumo, mas em contrapartida, 177 municípios tiveram redução de população e aumento de consumo por unidade. O município de São Pedro do Ivaí apresentou aumento populacional e decréscimo no consumo por unidade consumidora, ao passo que Guaraqueçaba apresentou decréscimo na população e na quantia média de eletricidade consumida por unidade de consumo.

O crescimento absoluto pode ser facilmente atribuído ao maior número de unidades consumidoras, cuja variação no período foi de 33,29%. Embora a variação percentual seja quase a mesma da variação absoluta do consumo, seria simplista demais afirmar que este seria o único determinante do consumo. O aumento de número de unidades consumidoras representa não apenas a construção de novas edificações, mas também a difusão da eletricidade em ambientes rurais e lugares ermos, feito principalmente pelo governo com o programa Luz para Todos.

As tarifas aplicadas no período assim como as medidas adotadas para democratizar o consumo de eletricidade assumem papel crucial na explicação da evolução do consumo residencial *per capita*.

2.4 A questão tarifária no Brasil

A tarifa é um fator essencial para a compreensão da demanda por eletricidade, visto que representa o custo do consumidor para utilizá-la. Efetua-se um breve histórico sobre as tarifas no Brasil pois a tarifação está relacionada com o ambiente institucional do setor e, em última instância, afeta a quantidade ofertada no longo prazo. Se forem consideradas as magnitudes dos valores que estão relacionados ao investimento, assim como o tempo que demoram a entrar em operação e dar retorno, a questão tarifária no setor de eletricidade em um dado ponto do tempo tem grande influência nos períodos posteriores.

As tarifas de energia elétrica visam remunerar os custos inerentes a oferta, tal como custos de geração, transmissão e distribuição, assim como os tributos intrínsecos a estas atividades. A definição do valor das tarifas perpassa não só por estes custos, mas também pelo nível de consumo de energia e sua evolução ao longo do tempo. As tarifas devem encorajar novos investimentos no setor; contudo tarifas excessivamente altas podem ser perniciosas para a sociedade, dado sua importância como insumo nas indústrias e uma vez que afeta o bem-estar e conforto de pessoas de todos os estratos sociais.

Na próxima subseção, será tratado sob as metodologias já utilizadas no Brasil para definição das tarifas de energia, assim como a metodologia empregada atualmente.

2.4.1 A metodologia do custo histórico contábil

O primeiro modelo encetado no Brasil foi o de custos históricos contábeis. Segundo CORREIA (2010), a grande desvantagem dessa metodologia era dilapidar a rentabilidade do empreendimento ao longo do tempo e não considerar a captação necessária para expandir a oferta. Dado o horizonte de

tempo utilizado quando se trata de usinas hidrelétricas, a metodologia de histórico contábil provocava distorções nas tarifas, considerando preços de períodos pretéritos.

A metodologia do custo histórico contábil tendia a reduzir o valor da tarifa. Depois de 30 anos, os investimentos deixariam de ser remunerados, período no qual encerrar-se-iam as depreciações; a expansão deixaria de ser financiada e a tarifa contemplaria apenas o custo de expansão e manutenção (CORREIA, 2010). A inexistência de uma atualização monetária atrativa fazia com que o valor dos ativos fosse deteriorado pelo processo inflacionário (PINTO JUNIOR, 2007).

O custo de reprodução, proposto pelas empresas de capitais estrangeiro na década de 30, implica em custos marginais crescentes, e está focado essencialmente no futuro. A tarifa do agora conteria em si o valor necessário para expandir a oferta, e gerar a demanda futura.

O governo brasileiro instituiu como método de formação de tarifas o custo histórico contábil, que posteriormente coexistiu com a metodologia dos custos marginais e foi substituída pela metodologia do preço-teto. VIEIRA (2005) considerava que principal propósito do custo histórico contábil era uma forma de fazer a eletricidade ser uma “anti-mercadoria”, de forma que financiasse a acumulação de capital, a reprodução do trabalho e universalização de serviços públicos. Em outras palavras, o custo histórico contábil comportava-se como se fosse um subsídio, permitindo que a eletricidade fosse acessível aos consumidores residenciais e fosse um insumo barato para o processo de industrialização.

O custo histórico contábil foi preterido a partir do momento em que o Estado, alegando precarização da situação fiscal, passou a instituir uma nova metodologia que envolvesse em seu cômputo um valor inerente a expansão da oferta, além de índices de reajuste.

A metodologia do custo marginal visava custear a expansão a partir da mensuração de picos de demanda. A metodologia do preço-teto visa corrigir os preços periodicamente, estimulando a eficiência das empresas e corresponde a metodologia corrente de determinação de tarifas residenciais de eletricidade.

2.4.2 Metodologia do custo marginal

No fornecimento de eletricidade, podem ocorrer gargalos devido à forma como a demanda ocorre no tempo, isto é, devido a picos na demanda. Embora a capacidade instalada seja suficiente para suprir a demanda como um todo, em alguns momentos a risco de interrupções.

Consideremos uma localidade X, cuja demanda diária é de 1200 MWh. A capacidade de produção é de 60 MWh a cada hora, o que corresponde a uma capacidade de produção diária de 1440

MWh. A simples observação desse número leva a crer que não há problemas de fornecimento, mas há uma dimensão que deve ser levada em conta: a impossibilidade de se estocar eletricidade.

Contudo, em determinadas horas do dia, há uma maior demanda. Imagine que a demanda é de 80 MWh. Na impossibilidade de se aumentar o fornecimento por fontes diversas, a saída é tentar distribuir a demanda ao longo do dia, cobrando tarifas majoradas em horários de pico. Esse é o propósito da metodologia do custo marginal: sinalizar ao consumidor a influência de seu comportamento em relação ao período em que é utilizada a eletricidade, de modo a postergar ao máximo a necessidade de expandir a oferta. Ressoando as palavras de CORREIA (2010), a metodologia dos custos marginais estabelece um comportamento simbiótico entre consumidores e produtores, pois o consumidor assume um comportamento mais vantajoso para si (minorando as tarifas) e a concessionária assegura a oferta, incorrendo em menores custos de expansão de oferta.

O custo marginal é definido pela equação abaixo:

$$CMg = \frac{dc}{dq} \quad (1)$$

Esta relação explicita quanto à variação na carga afeta o custo, isto é, o custo marginal dado uma variação na carga. Trata-se de uma aproximação para averiguar o custo para atender esse consumo adicional, algo que contabilmente demandaria mais tempo para se verificar.

CORREIA (2010) afirma que tal metodologia só é utilizada pelos grandes consumidores. Os consumidores residenciais, portanto, tem suas tarifas formadas atualmente pelo método do preço-teto (*price-cap*).

2.4.3. Da equalização tarifária a adoção da metodologia do preço teto

De 1974 até 1993, as tarifas eram equalizadas, ou seja, concessionárias de distribuição de diversas regiões do país, com custos distintos, deveriam ofertar eletricidade com a mesma tarifa. O objetivo da equalização era eminentemente político: permitir que as regiões em desenvolvimento não fossem desfavorecidas por uma tarifa de eletricidade mais elevada, considerando a eletricidade como importante insumo para a atividade econômica. A premissa é que novos centros de cargas, cada vez mais distantes, implicariam em eletricidade mais cara, o que conseqüentemente poderia ser danoso para a atratividade de indústrias.

Do ponto de vista das concessionárias, a principal conseqüência foi a insolvência no início dos anos 90, visto que a equalização não permitia assumir tarifas que remunerassem o capital das empresas e dificultava a compra de energia das distribuidoras junto a distribuidora. Até 1977, as tarifas eram definidas pelos agentes do setor elétrico, tais como Ministério de Minas e Energia, DNAEE e

empresas estatais. A partir de 1977, a incumbência foi transmitida ao Ministério da Fazenda, sendo que a energia elétrica passou a ser utilizada também como mecanismo de controle de inflação (TAVARES, 2003).

De 1993 à 2003, com a queda da equalização tarifária, as concessionárias podiam enviar suas planilhas de custo ao DNAEE, solicitando revisões tarifárias. A insolvência gerada pela equalização, somado ao propósito de privatizar o sistema elétrico brasileiro, levou ao abandono da equalização de tarifas. A partir de 1997, as tarifas passaram a ser homologadas pela ANEEL. Importante frisar que, apesar das tarifas poderem ser distintas, elas não eram determinadas de acordo com a mera vontade das distribuidoras; precisavam passar pelo crivo da agência reguladora, que poderia aprovar ou não o ajuste.

De 2003 até hoje, emprega-se a metodologia do preço-teto. Essa metodologia induz a uma maior diferença entre as tarifas de eletricidade entre as diversas concessionárias, afinal não depende apenas de um índice oficial de remuneração, mas também do modo como cada concessionária efetua seus dispêndios e melhora seu resultado financeiro, ou tal como diz TAVARES (2003), revisar as tarifas conforme o desempenho da concessionária.

2.4.4. A metodologia do preço-teto

A metodologia do preço-teto foi instituída em 2003, e veio substituir a metodologia do custo histórico contábil. O órgão regulador (ANEEL) estabelece um preço máximo, que será aplicado pelas concessionárias de eletricidade, durante um dado período, mais especificamente, até a próxima revisão tarifária. O reajuste dos preços (ou reposicionamento tarifário) é dado pelo IGP-M menos um fator de produtividade X.

A metodologia do preço-teto estimula a eficiência e competitividade das empresas; ela de fato amealhará ganhos no período entre revisões se o índice de revisão for maior que o fator X, que é a produtividade a ser transmitida aos consumidores. A empresa apropriar-se-ia assim dos ganhos obtidos por gestão mais eficiente ou aumento de produtividade.

Conforme DELGADO (2003), a metodologia do preço-teto, a empresa tende a manter o nível receita inicial. A concessionária poderia repassar toda a variação advinda de custos não-gerenciáveis, ao passo que custos gerenciáveis seriam remunerados apenas pela IGP-M dos últimos 12 meses. O fator X, aplicado no reajuste tarifário, tanto pode ser positivo quanto negativo.

2.4.5. Tarifas sociais e democratização do acesso a eletricidade

Tão importante quanto a evolução das tarifas de eletricidade para a compreensão da demanda residencial por eletricidade foi a criação de tarifas sociais, além de medidas governamentais para a

adoção de eletricidade no âmbito rural. A extensão do acesso a eletricidade para as classes menos abastadas pode ser considerada como possível fonte de incremento no consumo residencial de eletricidade como um todo. Essa assertiva, aparentemente tautológica, pode ser expressa da seguinte forma: as classes menos abastadas podem possuir uma demanda reprimida por eletricidade, que podem ser viabilizadas por tarifas mais baixas e pelo acesso a eletricidade, no que diz respeito às famílias que moram em localidades isoladas. AGUIAR ET AL. (2007), utilizando a Pesquisa de Orçamento Familiar, analisaram o consumo de eletricidade para o período entre 1996 e 2003 e verificaram que o aumento das tarifas de eletricidade com taxas acima da inflação resultaram em perda de bem-estar para os estratos da população com renda mais baixa. O referido estudo apontou redução do consumo de eletricidade das famílias mais pobres, o que é uma contradição em face de redução da pobreza observada no período e a essencialidade do bem. Isso se deve ao fato da tarifa de eletricidade ter um peso maior no orçamento de uma família de menor renda e devido a insubstituíbilidade deste bem em um grande número de usos. A existência de tarifas sociais, sob o prisma dos renitentes aumentos, é justamente conferir maior bem-estar aos cidadãos economicamente menos favorecidos.

As tarifas sociais foram regulamentadas em 1985, o que além de ser uma forma de democratizar o serviço entre as classes menos abastadas, foi também uma forma de aproveitar o excesso de geração na época (TAVARES, 2003). Tratava-se de uma certa forma da continuidade de políticas tarifárias vigentes desde a década de 1970, redesenhando a forma de se aplicar tarifas de consumo residenciais. Apesar de ter ocorrido a regulamentação em 1985, a efetiva aplicação ocorreu somente na década de 1990. O único critério desta tarifa social idealizada em 1985 era o nível de consumo.

Em 1995, o Departamento Nacional de Águas e Energia, conforme TAVARES (2003), estabeleceu uma sub-classe residencial, que recebia descontos em cascata, para diferenciar de uma classe residencial, que deveria pagar a tarifa cheia. Houve também alteração nos limites de concessão de descontos. Os critérios de delimitação de faixas de consumo elegíveis para a tarifa social, tais como seus respectivos descontos, ficaram sob responsabilidade das concessionárias, que deveriam atribuir tais descontos de acordo com o perfil regional (FRANÇA, 1999).

A partir de 2002, tornou-se obrigatória para todo território nacional, além de ocorrer a uniformização de critérios. Segundo a resolução ANEEL nº 246, de 2002, estabeleceu-se como limite o consumo médio de 80 KWh, obtido através de média móvel, com a ressalva de que no período de um ano não possa haver incidência de consumo superior a 120 KWh em dois períodos. Complementando a resolução nº 246, a resolução nº 485, de 30 de agosto de 2002, determinou que usuários que se situassem na faixa de consumo entre 80 e 220 KWh seriam elegíveis para o usufruto da tarifa social desde que a família, unidade consumidora, esteja inscrita no Cadastro Único para Programas Sociais do Governo ou seja beneficiária de programas como o “Bolsa Família” ou “Bolsa Escola”. Se o intuito original da tarifa social é justamente democratizar o acesso, utilizar os mesmos

critérios da concessão de benefícios sociais permite que o desconto seja concedido a classe pretendida de acordo com as características da unidade familiar, não pela mera observância do consumo.

A tarifa de baixa-renda utilizada pela COPEL, no período analisado (1999-2005), estratificou o consumo de baixa renda em três faixas de consumo entre 1999 e 2005, e quatro faixas de consumo de 2005 em diante, sendo que o teto da faixa com maior desconto utilizado é de 30 KWh mensais e o teto de consumo para obtenção de quaisquer descontos é de 160 KWh.

Tabela 2: Tarifa baixa renda Copel 1999-2005

Tarifa baixa renda no Paraná - 1999-2005	
Consumo Mensal	Desconto
Até 30 KWh	65%
Entre 30 KWh e 100 KWh	40%
De 100 KWh e 160 KWh	10%

Fonte: ANEEL

As faixas de maior desconto apresentam as taxas determinadas pela resolução da ANEEL, sendo que o limite regional, de 160 KWh, determinado pela concessionária. A princípio, é previsto que os 10% contemplem o intervalo entre 80 KWh, até o limite estabelecido, porém a faixa delimitada pela COPEL estende o desconto de 40% para um valor maior.

A partir de 2006, o consumo entre 30 e 80 kWh é dividido em duas faixas, tal como é possível verificar na tabela 3.

Tabela 3: Tarifa baixa renda Copel (2006-2008)

Tarifa baixa renda no Paraná - 2006-2008	
Consumo Mensal	Desconto
Até 30 KWh	60%
Entre 30 KWh e 80 KWh	40%
Entre 80 KWh e 100 KWh	40%
De 100 KWh e 160 KWh	10%

Fonte: ANEEL

Embora tenha ocorrido a cisão da faixa de consumo em duas partes, ambas possuem a mesma taxa de desconto (40%). A diferença é que desta forma explicita-se que há observância da taxa de desconto entre 30 e 80 KWh proposto pela ANEEL, e uma concessão desse desconto até a faixa de 100 KWh.

Tabela 4: Tarifa baixa renda Copel (2009)

Tarifa baixa renda no Paraná - 2009		
Consumo Mensal	Desconto (1º sem.)	Desconto (2º sem.)
Até 30 KWh	52%	53%
Entre 30 KWh e 80 KWh	40%	41%
Entre 80 KWh e 100 KWh	18%	40%
De 100 KWh e 160 KWh	10%	10%

Fonte: ANEEL

A tarifa social teve redução de alíquota de desconto no ano de 2009, sendo de 52% no 1º semestre e 53% no segundo semestre. A diferença em relação aos anos de 2006 e de 2008 foi a redução do desconto da faixa entre 80 e 100 kWh no 1º semestre de 2009, passando de 40 para 18%.

Cabe lembrar que as concessionárias CFLO, COCEL, CELESC e CPFL Santa Cruz possuem o mesmo limite de consumo e utilizam os mesmos intervalos de concessão de desconto.

2.5 Programas de eletrificação rural

O processo de democratização da eletricidade perpassa pela ligação de localidades ermas ao sistema elétrico para todos. No período analisado, dois foram os programas: o Programa Luz no Campo, que vigorou até 2003, e o Luz para Todos, vigente desde 2003.

O programa Luz no Campo foi criado em dezembro de 2009 e tinha como meta levar energia para 1 milhão de residências rurais. Segundo VIANA (2008), a intenção era elevar o índice de cobertura de eletrificação rural de 33 para 55%, utilizando fundos da Reserva Global de Reversão (RGR), que deveriam cobrir 75% dos custos. O número de domicílios ficou bem aquém da meta (570 mil), e não obstante tenha representado um ingente esforço no sentido de promover o acesso a infraestrutura elétrica, inclusive no que tange a aportes financeiros para viabilização de obras, foi excludente na medida em que havia repasses ao consumidor. Ainda segundo VIANA (2003), a falta de um comando legal para definir as metas de universalização e a escassez de recursos implicou no não-atingimento da meta proposta pelo programa. GUERRA e MARTA (2003) questionam o propósito real de universalizar a eletricidade no campo, ao tratarem o programa como expansão subsidiada da estrutura das distribuidoras, a expensas dos recursos do RGR (abaixo da taxa de mercado). Os autores terminam por afirmar que o programa visa expandir a área de consumo de eletricidade, mas como estratégia empresarial para fazer face a concorrência. Independente do questionamento acerca de seus propósitos, o programa Luz no Campo, em essência, perpetuou-se através da criação do Luz para Todos.

O Luz para Todos possui o mesmo propósito de universalizar o consumo de eletricidade. Constituiu um avanço e uma continuação não apenas no sentido cronológico: as limitações quanto aos

objetivos e quanto às formas de financiamento foram superadas. A lei nº 10.438/2002 determinou que o Estado deveria tomar para si a responsabilidade de prover o acesso público ao fornecimento de eletricidade. A Aneel delimitou as metas de universalização e determinou a origem dos recursos que financiariam o empreendimento: a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) e o RGR, que correspondem a 75% dos empreendimentos. Os 25% deveriam ser financiados pelos Estados, distribuidoras e cooperativas.

O critério para atendimento do Luz para Todos enaltece o cunho social do programa. Não que o programa anterior não tivesse essa preocupação, mas enquanto o Luz no Campo visava atingir um determinado número de residências, o Luz para Todos busca atender de acordo com o impacto que a universalização da eletricidade pode gerar numa localidade. Segundo VIANA (2003), localidades com baixa renda ou com IDH abaixo da média estadual teriam preferência no programa, assentamentos rurais, postos de saúde e escolas públicas. Os critérios mais claros não necessariamente catalisam o processo de universalização, contudo denotam que a consecução das metas devem passar pelo intuito de gerar o maior benefício possível, na medida em que isso possa ser compreendido como possibilidade de oferta de uma gama maior de serviços públicos e permitir a atividade econômica em localidades ermas, dado que a eletricidade é também importante insumo.

A universalização do fornecimento coaduna com a evolução do consumo de eletricidade. O crescimento do consumo requer criação de infra-estrutura para que os consumidores possam demandar energia, tornando mais nítido a influência dos atributos básicos da eletricidade na construção do setor elétrico.

3. Revisão de literatura

O presente capítulo enumera estudos acerca da demanda residencial por eletricidade. A primeira seção remete aos estudos mais antigos a respeito do tema e contempla estudos de demanda por eletricidade em outros países. Na segunda seção destacam-se os estudos de demanda por eletricidade no Brasil.

A verificação desses estudos visa fornecer base teórica para a estimação das elasticidades preço e renda da eletricidade.

3.1 Estudos Internacionais sobre Demanda por Eletricidade

Os primeiros estudos de demanda residencial por eletricidade foram feitos nos Estados Unidos na década de 1960. TOLLEY ET AL. (1977) efetuam breve retrospecto dos estudos sobre demanda por energia elétrica feito nos Estados Unidos na década de 1960 e 1970. A maioria dos estudos reunidos pelos autores utilizaram *cross-section*, e obtiveram sinal negativo para elasticidade-preço e elasticidade-preço cruzada (em relação ao preço do gás natural). O estudo de WILSON (1971) apontou elasticidade-renda com sinal negativo (-0,46), o que sugeriu, segundo TOLLEY ET AL. (1977) que houve a omissão de importantes variáveis explanatórias. TOLLEY ET AL. (1970, p. 3) postulam que “*any discussion of the future in growth in the demand for electric power invariably turn to estimates of price and income elasticities*”, ou seja, o estudo da demanda residencial por eletricidade necessariamente perpassa sob a análise da sensibilidade da demanda face a variações no preço e na renda. Os primeiros estudos faziam uso de *cross-section* e utilizaram questionários de concessionárias americanas de eletricidade. Os autores apontaram que a localização da residência, a dotação de eletrodomésticos, as tarifas e a renda assumiam papel vital na demanda por eletricidade.

MUNASINGHE e SCHRAMM (1983) analisaram estudos de demanda residencial por eletricidade e listaram os principais determinantes da demanda residencial:

- Número de famílias (ou população);
- Renda familiar real ponderada pela distribuição de renda;
- Preço da eletricidade;
- Custos de conexão;
- Disponibilidade de serviço na área urbana e rural;

- Confiabilidade do serviço;
- Custo e disponibilidade de bens que demandam energia elétrica;
- Disponibilidade e custo do crédito ao consumidor;
- Custo de energias alternativas (querosene, lenha, carvão, gás);
- Dias acima ou abaixo da temperatura de conforto.

O número de famílias é, intuitivamente, diretamente proporcional ao consumo. Quanto maior o número de famílias, maior o consumo, e essa relação é válida também para população ou consumo. É interessante notar que duas populações (A e B) de mesmo tamanho (f familiares) podem divergir em número de residências ou famílias (n e n+m), de modo que havendo equidade no tamanho da população, a população que tiver maior número de famílias tenderá a ter maior consumo. A correlação é simples de ser explicada: quanto maior o número de residências, maior o número de cestas de bens relacionadas a essas residências, mais especificamente eletrodomésticos e instalações elétricas, mesmo que essas residências possuam número menor de familiares.

A renda familiar está relacionada não só a capacidade de comprar o bem eletricidade, mas também, de adquirir bens que utilizem eletricidade como força motriz. Já a ponderação pela distribuição de renda obedece ao seguinte propósito: numa economia com distribuição de renda bastante desigual, a renda média pode não ser representativa como renda de uma família ou indivíduo comum, sem contar que um indivíduo de classe mais abastada tem um padrão de consumo diferente das classes menos afortunadas financeiramente.

O preço da eletricidade como fator de demanda advém da relação usual entre preço e demanda na teoria microeconômica, que determina que quando ocorre variação positiva no preço, a tendência é que ocorra uma variação negativa na quantidade demandada (VARIAN, 2003).

Explicando de outra forma, essa relação pode ser explicitada pelo seguinte modo:

$$\frac{\Delta x_1}{\Delta p_1} < 0 \quad (2)$$

Onde Δx_1 corresponde a variações na quantidade do bem e Δp_1 a variações no preço ou, especificamente nessa situação, das tarifas residenciais de eletricidade. A implicação dessa relação acima é a inclinação negativa da curva de demanda, onde a medida que a tarifa aumenta, menos o consumidor tende a consumir.

Os custos de conexão estão relacionados a uma das características essenciais do bem eletricidade: a necessidade de ter uma estrutura pré-existente para que se faça uso do bem. No caso do

bem eletricidade, a estrutura necessária tem amplas dimensões, não requer apenas instalações elétricas residenciais e eletrodomésticos, mas anterior a isso estrutura de distribuição e transmissão. A priori, quanto maior o custo de conexão, menor tende a ser o consumo, pois o encarecimento tende a dificultar a extensão dessa estrutura a novas localidades.

A disponibilidade do serviço na área rural e urbana impacta positivamente no consumo de energia residencial. Quanto maior a área em que haja acesso a eletricidade, maior tende a ser o consumo. O consumo, porém, tende a ser maior em áreas urbanas do que nas rurais, devido a transitividade entre fontes de consumo. Em residências urbanas, é mais difícil utilizar outras fontes de energia em relação as moradias da zona rural. Isso se deve a aglomeração inerente a zona urbana, que inibe a utilização de tração animal ou de motores a gasolina.

A confiabilidade no serviço refere-se a ao tempo em que a eletricidade infalivelmente estará disponível. Segundo CORREIA (2010), a confiabilidade está relacionada com o período em que a oferta deve ser suficiente ou período máximo de interrupções no fornecimento. A Eletrobrás, segundo o mesmo autor, define que o sistema tenha uma confiabilidade de 95%, ou seja, o sistema falhar em no máximo 5% do tempo, entendo a falha como simples não-fornecimento. A relação entre confiabilidade e consumo ocorre de duas formas: primeiro, o período de interrupção é um obstáculo ao consumo de eletricidade. Segundo, o baixo nível de confiabilidade desencoraja o uso da eletricidade, não obstante seu caráter essencial. Havendo a iminência perpétua de queda de energia, o consumidor culmina por refrear seu consumo.

O custo e disponibilidade de bens que utilizam energia elétrica tangem a acessibilidade da população a estes bens, assim como a demanda destes pela população. O custo destes bens tendem a estar inversamente relacionados ao consumo de eletricidade, visto que passa a ser um entrave ao uso dessa tecnologia. A disponibilidade destes bens está relacionada com as localidades em que tal bem pode ser adquirido. Numa região onde seja difícil comprar estes bens, é menos provável que haja variação positiva no consumo, pois tende a haver menor crescimento do consumo deste bem.

O custo e a disponibilidade de crédito estão diretamente relacionados a aquisição de cestas de bens que utilizem eletricidade. Havendo crédito abundante e barato, a tendência, no curto prazo, é que haja aumento de consumo devido a expansão do número de eletrodomésticos nas residências. No longo prazo, não é possível inferir qual seja a tendência, pois a disponibilidade irresponsável de crédito pode causar uma situação de insolvência, que pode travar a aquisição de novos bens futuramente.

O custo de energias alternativas está relacionada com a substitubilidade do bem eletricidade, ou seja, considerando carvão, lenha e gás como bens substitutos. Segundo VARIAN (2003), tendo dois bens substitutos x_1 e x_2 , e seus respectivos preços p_1 e p_2 , quando p_2 aumentar, a demanda por x_1 aumentará. Dito de outra forma, essa relação pode ser explicitada da seguinte forma:

$$\frac{\Delta x_1}{\Delta p_2} > 0 \quad (3)$$

Isso implica que a medida que a tarifa da eletricidade aumenta, o consumo de outros bens substitutos aumenta. Convém lembrar que a maioria dos bens que utilizam eletricidade não possui substitutos que usem outras fontes.

O fator climático é o último item apontado por MUNASINGHE e SCHRAMMM (1983), e aponta que temperaturas acima ou abaixo da temperatura de conforto humano podem afetar o consumo residencial de eletricidade. Isso está relacionado com gastos de eletricidade em refrigeração e aquecimento de ambientes. YAN (1998) efetuou estudo relacionando clima e consumo residencial de eletricidade para Hong Kong. Analisando o período entre 1980-1994, utilizando dados mensalizados, YAN considerou que o conforto térmico depende de um índice denominado *clothing*, que corresponde a capacidade da roupa de propiciar conforto diante de determinadas umidades e temperaturas. O índice de *clothing* é inversamente proporcional ao consumo residencial, isto é, se o vestuário for capaz de propiciar um certo nível de conforto térmico, a tendência é que haja menor consumo residencial de eletricidade. YAN comprovou esse resultado, verificando maior consumo de eletricidade no verão e relação positiva entre consumo residencial de eletricidade e temperatura média. É necessário ponderar que o mesmo estudo em regiões com invernos rigorosos poderia apontar a mesma correlação entre *clothing* e consumo residencial, contudo, indicando outra correlação entre temperatura média e consumo residencial de eletricidade.

SA'AD (2009), em estudo sobre a demanda residencial por eletricidade para Coréia do Sul entre 1973-2007, aponta três outros fatores: aumento na eficiência do uso, fatores estruturais e estilos de vida das famílias. O primeiro fator apontado está relacionado com os eletrodomésticos que as famílias tem a disposição, principalmente os aquecedores ar-condicionados. No curto prazo, a tendência é que as famílias não se desfaçam destes bens, e que não influa na demanda por eletricidade, mas no longo prazo, devido a aprimoramentos tecnológicos dos bens disponibilizados no mercado, a tendência é que ocorra maior eficiência no consumo, com a troca gradual dos eletrodomésticos antigos.

Os fatores estruturais mencionados por SA'AD (2009) refere-se ao tamanho das famílias, formato da pirâmide etária e mudanças na condição climática da região. GLADHART (apud SA'AD, 2009) demonstra que fatores sociodemográficos como tamanho da família, distribuição etária e número de assalariados no domicílio apresentam efeitos significativos no uso da energia residencial. Famílias menores tendem a utilizar mais energia per capita que as maiores. Quanto a distribuição etária, pessoas idosas tendem a gastar mais energia elétrica que pessoas de meia idade ou jovens por passarem mais tempo na residência. Alto crescimento populacional também apresenta efeitos positivos no consumo de eletricidade. As mudanças nos fatores estruturais tanto podem aumentar quanto diminuir o consumo residencial de eletricidade.

O terceiro fator distinto apontado por SA'AD(2009) é um tanto controverso, pois aponta como mudança de estilo de vida o que na verdade é mera troca de tecnologias. De qualquer forma, a troca de bens que usam gás e combustíveis derivados por petróleo tendem a aumentar o consumo de eletricidade. O que é controverso aqui não é a troca, e sim apontar este fator como algo muito distinto da influência do preço de bens substitutos na troca entre outras fontes e eletricidade, salvo se captar opções de troca que sejam alheias aos preços e tarifas dos bens envolvidos.

SA'AD usa um modelo de séries temporais estrutural para estimar a elasticidade de curto e longo prazo, assim como os fatores exógenos apontados anteriormente. A renda residencial seria estimada então pela forma abaixo:

$$\alpha(L) \mathcal{E}_t = \mu_t + \beta(L) Y_t + \delta(L) P_t + \varepsilon_t \quad (4)$$

A variável dependente é o logaritmo natural do consumo familiar per capita de eletricidade em kWh, Y_t corresponde ao logaritmo natural do PIB per capita, P_t corresponde ao logaritmo natural da média ponderada dos preços reais pagos pelas residências e μ_t é o componente de tendência estocástico usado como *proxy* para a tendência implícita de demanda por energia.

MATSUKAWA (2004) aponta a informação dos consumidores como fator-chave para entender a demanda residencial por eletricidade. Efetuando experimento com 319 famílias japonesas, utilizando um painel que informava o consumo residencial de eletricidade, MATSUKAWA aponta que quando o consumidor conhece com mais acurácia seu consumo de eletricidade, ele tende a refreá-lo, pois o fornecimento de informações os auxilia a atingir seu nível ótimo de consumo. Para este estudo foi utilizado a metodologia de painéis de dados com efeitos aleatórios, para captar a heterogeneidade entre os consumidores.

Os determinantes da demanda residencial por eletricidade, em última instância, a exceção dos fatores climáticos, estão vinculados ao processo de crescimento econômico numa região e do nível de atividade econômica desta. As transformações sociais imanentes ao processo de crescimento econômico culminam por flectir diretamente no consumo residencial, visto que influi a renda disponível, a disponibilidade de tempo e a estrutura familiar.

3.2 Estudos sobre demanda por eletricidade no Brasil

Para o Brasil, há uma série de estudos de projeção. O primeiro estudo de demanda por eletricidade para o Brasil foi publicado por MODIANO em 1984. MODIANO faz o estudo econométrico para o período entre 1966 e 1981, tendo como um dos pressupostos de que a oferta é infinitamente elástica. Esse pressuposto visa não considerar a oferta como limitante do consumo.

MODIANO (1984) elabora dois modelos, um com ajustamento instantâneo entre consumo e demanda e outro com ajustamento parcial, e analisa quatro classes de consumo. A questão do ajustamento se refere a quanto da demanda torna-se de fato consumo. O modelo de ajustamento instantâneo obteve, para a demanda residencial, a elasticidade-renda de 1,116 e a elasticidade-preço. O modelo com ajustamento parcial, ao considerar a influência do consumo do período passado, reduz drasticamente o valor das elasticidades renda e preço para eletricidade consumido pelas residências (0,332 e -0,118, respectivamente). O autor utiliza para mínimos quadrados ordinários para a obtenção dos parâmetros.

ANDRADE e LOBÃO (1997) estudaram a demanda residencial por eletricidade no Brasil entre o período 1963/1995, efetuando projeção para o período entre 1997-2005. O estudo incorpora mais uma variável: inclui o preço de aquisição de estoque domiciliar de eletrodomésticos. O crescimento da renda dessa forma afeta o consumo de duas formas, a maior renda possibilita consumir uma quantia maior de eletricidade e de adquirir bens que utilizem eletricidade. ANDRADE e LOBÃO utilizam três metodologias econométricas no estudo: mínimos quadrados ordinários, mínimos quadrados em dois estágios e modelos que utilizam séries temporais (VAR e VEC). A elasticidade-preço obtida variou entre -0,06480 e -0,0584, a elasticidade-renda entre 0,2110 e 0,2132 e a elasticidade-preço eletrodomésticos entre -0,1864 e -0,1624, o que aponta que a variação no preço dos eletrodomésticos, para o período apurado, teve mais influência que o valor das tarifas. A cesta de eletrodomésticos que cada família detém, embora seja influenciada pela renda, afeta mais o consumo residencial por eletricidade que variações no salário, e uma implicação disso É que disponibilização de crédito de forma abundante, embora não incremente a renda da família, teria grande impacto no consumo residencial ao facilitar o acesso a cesta de eletrodomésticos.

SCHMIDT e LIMA (2002) estimaram a elasticidade preço e renda de longo prazo da demanda por energia elétrica nas classes residencial, comercial e industrial, abarcando o período 1969-1999. Além dos métodos de mínimos quadrados ordinários, SCHMIDT e LIMA fizeram uso de séries temporais. O valor elasticidade-preço e elasticidade renda para o consumo residencial apresentaram resultados muito mais próximos ao de MODIANO do que os obtidos por ANDRADE e LOBÃO. A elasticidade-preço obtida foi de -0,146, a elasticidade-renda 1,047 e a elasticidade-preço dos eletrodomésticos o valor de 0,705719. Novamente, o preço dos eletrodomésticos apresenta maior influência no consumo residencial de eletricidade do que as tarifas empregadas pelas concessionárias.

GOMES (2010) analisou a demanda residencial por eletricidade entre 1999 e 2007, utilizando dados anualizados. A autora averigua a demanda residencial utilizando dados separados por estados, o que permite utilizar dados em painel na obtenção das elasticidades renda e preço. A elasticidade-preço ficou entre -0,110 e -0,089 e a elasticidade-renda entre 0,194 e 0,102. Este estudo apresenta menor

influência da renda como determinante do consumo residencial de energia, em relação aos estudos anteriores, provavelmente devido ao menor horizonte de tempo utilizado.

Seguindo a ideia de que mudanças no estilo de vida podem influenciar a demanda por eletricidade, CASTRO e ROSENAL (2008) apontam que há diminuição da elasticidade da demanda por energia devido ao uso racional e eficiente de energia, além de uma maior conscientização do público consumidor pós-apagão de 2001. Após o apagão, o consumidor fica reticente quanto à continuidade e constância da oferta, o que o induz a reduzir o seu consumo. O efeito de redução de consumo através de troca por bens eficientes pode, contudo, gerar o efeito-bumerangue, onde “a introdução de novas tecnologias energeticamente mais eficientes pode levar a um consumo de energia maior que aquele que haveria na ausência do ganho de eficiência” (AMADO, 2005, pág.13). O interessante no efeito-bumerangue é que ele incorpora inovações tecnológicas na demanda por eletricidade; a criação de bens mais eficientes pode reduzir a energia total consumida num momento, todavia o desafogamento da estrutura concernente ao setor elétrico pode reduzir o valor da tarifa, o que pode induzir a um novo aumento de consumo ou simplesmente retornar ao patamar anterior.

COHEN (2003) destaca que o aumento de uso de energia gerado pela redução de seu preço (decorrente de uma melhor eficiência no uso) e, *ceteris paribus*, a redução nos custos do serviço energético, fazem com que o consumidor tenha mais renda para gastar em outros produtos e serviços, aumentando a energia gasta em áreas não diretamente correlatas à melhoria de eficiência energética. A maior disponibilidade de renda derivado da redução de dispêndios em uso específico faz com que a renda disponível se disperse em gastos alternativos e consumo de outros bens.

Além de estudos considerando o consumo residencial para o Brasil, há estudos que tratam de estados isoladamente. Visto que o Brasil é bastante heterogêneo, o estudo por estado pode captar de forma mais adequada mudanças estruturais que influenciam o consumo, mesmo que utilizando apenas variáveis como tarifa de energia e renda.

MATTOS e LIMA (2002), utilizando séries temporais, fizeram o estudo da demanda residencial para o estado de Minas Gerais no período entre 1970-2002. Foi utilizado como variável dependente o consumo residencial por eletricidade e como variáveis independentes a renda, a tarifa e o preço dos eletrodomésticos. A elasticidade-renda obtida foi de 0,532, a elasticidade-preço de -0,258 e a elasticidade-preço de -0,146. A comparação entre os estudos sugere que a tarifa residencial, em Minas Gerais, tem mais impacto no consumo residencial do que no restante do país.

GARCEZ e GHIRARDI(2002) analisaram a demanda residencial por eletricidade para o Estado da Bahia para o período de 1994-2002, utilizando dados mensalizados. Efetuando vetores auto-

regressivos, os autores obtiveram elasticidade-preço de curto prazo entre -0,03 a -0,07, e elasticidade-renda entre 0,127 e 0,394.

MIRANDA (2004) examinou a demanda por energia elétrica no Ceará no período entre 1985 e 2000, sem discriminação de classes de consumo. Além de considerar o número de domicílio, utiliza tarifa média, PIB do Ceará e do Brasil e três variáveis *dummies*, utilizadas para captar efeitos de determinadas circunstâncias de tempo, a saber: D1 apresenta valor 1 para período entre D1 entre os anos de 1990 e 2000 e valor 0 para o período entre 1985 e 1989, D2 apresenta o valor 1 entre 1985 e 1998 e 0 entre 1999 e 2000 e D3 apresenta valor 1 para o período a partir do Plano Real e 0 para anos anteriores. MIRANDA efetua duas estimativas, sendo uma por mínimos quadrados ordinários e outra pelo método das equações simultâneas. O autor elabora sete estimativas por mínimos quadrados ordinários e uma estimativa pelo método de mínimo quadrado em dois estágios.

Nas estimativas por mínimos quadrados ordinários, é interessante notar que a inclusão da variável domicílio tornou estatisticamente não significativo a elasticidade-preço no consumo total de energia. A “política agressiva” de aumento de estrutura de distribuição teve impacto tal no aumento de consumo de modo que a tarifa média pouca influência teve. Como o próprio autor ressalta, na região nordeste o consumo residencial representa mais de 30% do consumo total de eletricidade da região. Outro resultado inusitado foi obter influência negativa do crescimento do PIB brasileiro no consumo de energia do Ceará, não obstante o consumo de eletricidade do Brasil ter efeito positivo.

Nos modelos de equações simultâneas elaboradas por MIRANDA da influência do PIB brasileiro no consumo cearense de eletricidade é positiva. Contudo, a elasticidade-preço da energia é positivo (0,047665 no consumo brasileiro e 0,094 no consumo brasileiro).

Os estudos pretéritos de demanda residencial por eletricidade apresentaram relativa insensibilidade ao preço e a renda, sendo que esta possui maior influência que aquela grandeza. Mesmo variando a unidade geográfica analisada, assim como o corte temporal, as elasticidades assemelham-se, o que permite inferir o grau de essencialidade deste bem.

Numa acepção mais geral, o estudo da demanda residencial por eletricidade extrapola a mera análise da sensibilidade dos preços face a variação de preços ou renda, haja visto a relação entre consumo de eletricidades e bem-estar de uma sociedade, ou mesmo a importância de fatores estruturais que influem na variação. Embora o crescimento do PIB seja determinante na variação do consumo de energia elétrica, é fundamental analisar outras questões estruturais, visto que o padrão de consumo de energia elétrica extrapola a questão do preço e da renda.

4. Metodologia

Este capítulo trata da metodologia a ser empregada neste estudo, bem como o banco de dados empregado nas estimações efetuadas. A escolha das variáveis foi pontuada pela disponibilidade de informações.

A escolha da metodologia deve-se a unidade analisada: os municípios. O painel de dados lida com a heterogeneidade das unidades analisadas, bem como permite uma análise mais robusta sobrepondo várias *cross-sections*, representando valores das observações ao longo do tempo.

4.1 Fonte dos dados

A maioria das variáveis propostas como fundamentais para compreensão da demanda por eletricidade citadas por MUNASINGHE e SCHRAMM (1983) não estão disponíveis para o período citado. Devido a isso, a maior parte dos estudos de demanda residencial por eletricidade no Brasil trabalha com duas variáveis: preço e renda.

Os dados de consumo residencial de eletricidade, assim como os PIB's municipais foram obtidos no *site* do IPARDES e estão expressos em MWh e reais a preços de 1999, respectivamente. Foi utilizado o IPCA para deflacionar o valor do PIB *per capita*. Os dados referentes a população foram extraídos do *site* do IPARDES e incluem informações do Censo Populacional (2000), Contagem (2007) e estimativas por interpolações censitárias (anos restantes).

As tarifas homologadas utilizadas foram extraídas de resoluções da ANEEL. Como as tarifas são reajustadas no meio do ano, efetuou-se uma média ponderada da tarifa vigente até o mês de reajuste e da tarifa do período após o reajuste até o fim do ano. As tarifas estão expressas em R\$ por MWh. Foi utilizada a classificação B1 – Residencial como a tarifa utilizada. Tanto as tarifas quanto os valores de PIB foram deflacionados pelo IPCA.

Os dados relativos a grau de urbanização referem-se ao Censo Populacional de 2000, disponível no site do IBGE. O grau de urbanização remete a porcentagem da população que reside na parte urbana do município.

Já o número de domicílios obtidos foi obtido do *site* do IPARDES, disponibilizada pela COPEL e outras concessionárias, e contém o número de domicílios cadastrados como consumidores residenciais, informações estas disponibilizadas pelas distribuidoras.

4.1.2 Forma econométrica

A forma do modelo econométrico a ser estimado compreende os parâmetros abaixo:

$$CE_{RPF} = f(W, T, \dots) \quad (5)$$

Onde:

CE_{RPF} = Consumo residencial de eletricidade (em MWh)

W = Rendimento real do indivíduo, utilizando como *proxy* o PIB *per capita*

T = Tarifas residenciais homologadas médias

O modelo econométrico teria então a seguinte forma:

$$CE_{RPF} = \beta_0 + \beta_1 W + \beta_2 T + u \quad (6)$$

β_0 , β_1 e β_2 são os parâmetros a serem estimados e u o termo de perturbação estocástica.

Foram utilizadas *dummies* para expressar diferenças temporais e regionais, além do grau de urbanização. Além das *dummies*, foi testada a variável razão entre população e unidades consumidoras.

Os valores foram logaritmizados para que a regressão fornecesse as elasticidades-preço e renda da eletricidade para o consumidor residencial. Conforme VARIAN (2003), sendo a elasticidade um bem necessário, a tendência é que ocorra um aumento no consumo inferior a variação da renda. As estimativas apontaram o quanto variará o consumo *per capita* de eletricidade conforme as variações nas tarifas e nos preços.

Para expressar diferenças temporais, atribuiu-se uma *dummy* para cada ano, a exceção do ano de 1999. Sendo o período inicial, foi considerado como base para comparação. Incluir *dummy* para o ano base faria com que se incorresse na armadilha da variável binária. A hipótese subjacente a análise por ano é de que pode haver diferenças na demanda residencial sujeitas a variação induzidas por efeitos exógenos no ano.

Para expressar diferenças regionais, atribuiu uma *dummy* para cada mesorregião geográfica, comparando-as com a mesorregião geográfica da região metropolitana de Curitiba. Utilizou-se a divisão de mesorregiões mesográficas constantes no *site* do IPARDES. Novamente, não se atribuiu *dummy* para o critério que se impõe para comparação. A hipótese subjacente na atribuição dessa *dummy* é a influência de fatores locais, tanto os citados por MUNASINGHE e SCHRAMM (1983).

tais como grau de urbanização e clima como as mudanças de estilos de vida sugeridas por SA'AD (2009).

A *dummy* para grau de urbanização visa captar a influência da localização das moradias no consumo residencial de eletricidade, tal como o proposto por TOLLEY ET AL. (1977). Como não há grau de urbanização para cada um dos anos, a *dummy* apresenta valor 1 quando o grau de urbanização no município no ano 2000, segundo o IBGE, foi maior do que 50%, e 0, em caso contrário.

A razão entre população e unidades consumidoras parte do pressuposto de que o aumento de número de domicílios causa aumento do número de unidades consumidoras. Conforme MIRANDA (2004), espera-se que o aumento do número de domicílios acarrete aumento de consumo residencial total de eletricidade, na medida em que cada domicílio apresente um novo conjunto de eletrodomésticos. No estudo de Miranda (2004), a variável domicílio afeta o consumo total. A razão entre população e unidades consumidoras não foi verificada em nenhum estudo sobre demanda residencial por eletricidade. Essa razão pode ser expressa pela equação 7.

$$\Omega = \frac{p}{c} \quad (7)$$

Ω é a razão entre população e unidades consumidoras, p corresponde a população do município e c corresponde ao número de unidades consumidoras. A variável construída a partir da razão entre população e unidades consumidoras considera que, *ceteris paribus*, o aumento de número de domicílios tende a aumentar também o consumo *per capita*. Se a população mantém inalterada, mas há elevação de número de unidades consumidoras, é provável que haja remanejamento dessas pessoas entre unidades consumidoras, expresso pela redução dessa razão. A população permanece a mesma, porém o estoque de eletrodomésticos neste município tende a ser maior, dado que o indivíduo leva consigo um novo conjunto ou utiliza equipamento que outrora era compartilhado. O aumento de número de unidades consumidoras também está relacionado com a eletrificação rural. Mesmo tendo em mente que parte das unidades rurais enquadre-se como consumidores rurais, a difusão da eletrificação rural estende a estrutura para novos limites, incluindo potencialmente um maior número de residências.

4.2 Método econométrico

A metodologia a ser utilizada nesse estudo é o painel de dados. O método é válido para o estudo da problemática proposta visto que se trabalha com N municipalidades, com consumo residencial de energia variando entre os períodos de tempo t , pois, tal como afirma WOOLDRIDGE (2002), o painel de dados pode ser utilizado quando se repetem observações da mesma *cross-section*, ou resultado de indivíduos, famílias firmas e cidades.

BALTAGI (2005) aponta como uma das principais razões para o uso do painel de dados a possibilidade de gerar informações que a análise via *cross-section* e séries temporais puras não conseguem captar, sem exigir necessariamente informações para grande número de anos. WOOLDRIDGE (2004), por sua vez, afirma que o painel de dados é uma metodologia adequada para resolver o problema das variáveis omitidas, dado que permite captar efeitos não-observáveis individuais, sendo esse efeito não-observável uma variável aleatória, não um parâmetro a ser estimado.

A heterogeneidade da amostra constitui a grande razão para se utilizar o painel de dados. Ao captar as diferenças estruturais não-observáveis, o painel de dados reduz o viés que a omissão de variáveis pode causar (BALTAGI, 2005). O painel de dados permite controlar a heterogeneidade invariável no tempo e não-observável nos modelos *cross-section* (ARELLANO, 2004).

É salutar compreender a forma básica do painel de dados. O modo o painel de dados pode ser descrito segue na forma abaixo, tal como aparece em GREENE (2007):

$$y_{it} = z'\alpha + X'_{it}\beta + u_{it} \quad (8)$$

Onde $i = 1, \dots, N$ e $t = 1, \dots, T$. i denota as unidades analisadas. Neste estudo, i reflete cada município paranaense, ou seja $i = 1, 2, 3, \dots, 399$ e T reflete o período de tempo analisado, nesse caso, varia de 1 (1999) a 10 (2009), ou em outras palavras, enquanto i reflete as dimensões da *cross-section*,

Segundo GREENE (2007) se o parâmetro z for constituído por um termo constante, os mínimos quadrados ordinários providenciam estimadores eficientes e consistentes, tendo um α em comum, assim como a inclinação β . Este modelo é chamado de *pooled OLS*.

Se $z'\alpha$ não for possível de ser observado, mas estiver relacionado as observações x_{it} , os estimadores por mínimos quadrados ordinários providenciaram estimativas viesadas e inconsistentes (GREENE, 2007). Na presença de efeitos fixos, a estimativa é conforme a equação (9).

$$y_{it} = x'_{it}\beta + \alpha_i + u_{it} \quad (9)$$

O parâmetro α_i corresponde a um grupo específico de termos constantes. Os efeitos fixos referem-se a relação entre α_i e x_{it} . O modelo de painel de dados assume que a heterogeneidade observada está relacionada as variáveis explícitas no modelo.

Os efeitos aleatórios refere-se a termos constantes aleatórios e não-correlacionados com as variáveis. O modelo de painel de dados com efeitos aleatórios pode ser expresso pela equação 10.

$$y_{it} = x'_{it}(\alpha + u_i) + u_{it} \quad (10)$$

4.2.3 Teste de Hausman

O teste de Hausman é executado para verificar qual modelo de painel de dados melhor se ajusta – o de efeitos fixos ou efeitos aleatórios. Embora, *a priori*, a unidade adotada sugira a utilização de um ou outro método (estudos cujas unidades estudadas sejam estados ou municipalidades normalmente são melhor explicados por modelos com efeitos fixos ao passo que estudos de painel com indivíduos escolhidos numa população são melhor explanados por modelos aleatórios), o teste de Hausman permite confirmar se há ou não existência de diferenças sistemáticas entre os coeficientes fixos e aleatórios.

O teste de especificação de Hausman verifica se a diferença entre os parâmetros estimados por mínimos quadrados generalizados (efeitos aleatórios) e o da regressão *within* (referente ao painel de dados com efeitos fixos). Conforme GREENE (2007), o teste de Hausman verifica a ortogonalidade dos efeitos comuns e os regressores.

Quando $E(u_{it}/X_{it}) = 0$, as perturbações estocásticas possuem efeitos individuais que não variam no tempo. Essa expressão corresponde a hipótese nula do teste de Hausman e aponta que o estimador por mínimos quadrados generalizados torna-se enviesado e inconsistente. Quando a hipótese nula se confirma, o modelo de efeitos fixos é o mais adequado. Para se efetuar o teste, deve-se obter a matriz de covariância de vetores de diferença:

$$\text{Var}[b-\hat{\beta}] = \text{Var}[b] + \text{Var}[\hat{\beta}] - \text{Cov}[b, \hat{\beta}] - \text{Cov}[\hat{\beta}, b] \quad (11)$$

A hipótese nula é de que a diferença dos parâmetros é não-significativa. Se não rejeitarmos a hipótese nula,

5. Resultados

5.1 Análise descritiva

Serão efetuadas regressões utilizando painéis de dados com efeitos fixos e aleatórios para estimar a influência das tarifas e da renda na demanda residencial total *per capita*.

Para a estimação do consumo residencial *per capita* dos municípios, será considerado como variável dependente o logaritmo do consumo residencial *per capita* de eletricidade em MWh. As variáveis independentes serão o logaritmo da tarifa residencial homologada e logaritmo do PIB dos municípios. A utilização de valores logaritmizados é útil para a obtenção das elasticidades.

Abaixo consta um sumário das variáveis utilizadas na regressão:

Tabela 5 – Identificação de variáveis

Variáveis	Observações	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão
Consumo Residencial (em MWh)	4389	87,000	1400000,000	12170,980	68135,046
Consumo residencial <i>per capita</i> (em MWh)	4389	0,015	2,351	0,321	0,162
PIB (1999=100)	4389	5463,427	24093374,000	200126,100	105697,800
PIB <i>per capita</i> (1999=100)	4389	1690,730	53391,800	5640,390	3453,947
Tarifas residenciais (1999=100) em R\$/MWh	4389	108,392	274,703	162,200	17,300
População	4389	1270	1844040	25228,240	95719,946
Número de Unidades Consumidoras	4389	60	592665	6477,790	29442,036
Razão entre população e unidades consumidoras	4389	0,604	78,247	5,998	4,714

Fonte: Elaborado pelo autor, com dados da ANEEL e IPARDES

O consumo residencial mínimo total de um município foi de 87 MWh no ano de 1999 para o município de Manfrinópolis. O baixo consumo absoluto deve-se não só ao tamanho da população (em 1999, estimava-se em 3675 habitantes), mas também ao baixo grau de urbanização (11,78% em 2009). O maior consumo residencial total foi de 1.400.000 MWh para Curitiba em 2009, o que é esperado por ser a cidade mais populosa do estado. O consumo residencial médio dos municípios no período foi de 12170.98 MWh.

O menor consumo *per capita* observado foi no município de Goioxim, no valor de 0,015283 MWh por ano, no ano de 1999. Tal como Manfrinópolis, que apresentou menor observado de consumo residencial, Goioxim apresentava baixa taxa de urbanização em 1999: cerca de 22,66%. O maior valor de consumo *per capita* residencial é de Pontal do Paraná em 1999, apresentando o valor de 2,3509 MWh *per capita*. O município de Pontal do Paraná e de Matinhos apresentam os maiores valores médios de consumo *per capita* para o período entre 1999 e 2009. Considerando consumo de 2000 a 2010 e população dos respectivos anos, apenas o município de Guaraqueçaba apresentou redução de consumo *per capita*. Para o período entre 1999 e 2009, alvo desse estudo, foram utilizados

valores do Censo para o ano 2000, valores da contagem populacional em 2007 e os anos restantes fizeram uso de valores da interpolação censitária do Iparde. Para o período entre 1999 e 2009, houve redução de consumo em 14 municípios: Barra do Jacaré (-13,65%), Curitiba (-2,5%), Foz do Iguaçu (-5,05%), Grandes Rios (-1,32%), Guaraqueçaba (-8,90%), Jardim Alegre (-14,67%), Jundiá do Sul (-3,24%), Piraquara (-18%), Pontal do Paraná (-26,48%), Quedas do Iguaçu (-1,02%), Reserva do Iguaçu (-2,88%) e Rio Branco do Sul (-14,86%). Desses 14 municípios, apenas dois tiveram redução absoluta do consumo residencial: Barra do Jacaré (-13,44%) e Guaraqueçaba (-12,41%). Os municípios que apresentaram maior variação de consumo *per capita* foram os municípios de Goioxim e Manfrinópolis, com aumento de 424,88% e 329,75% no período.

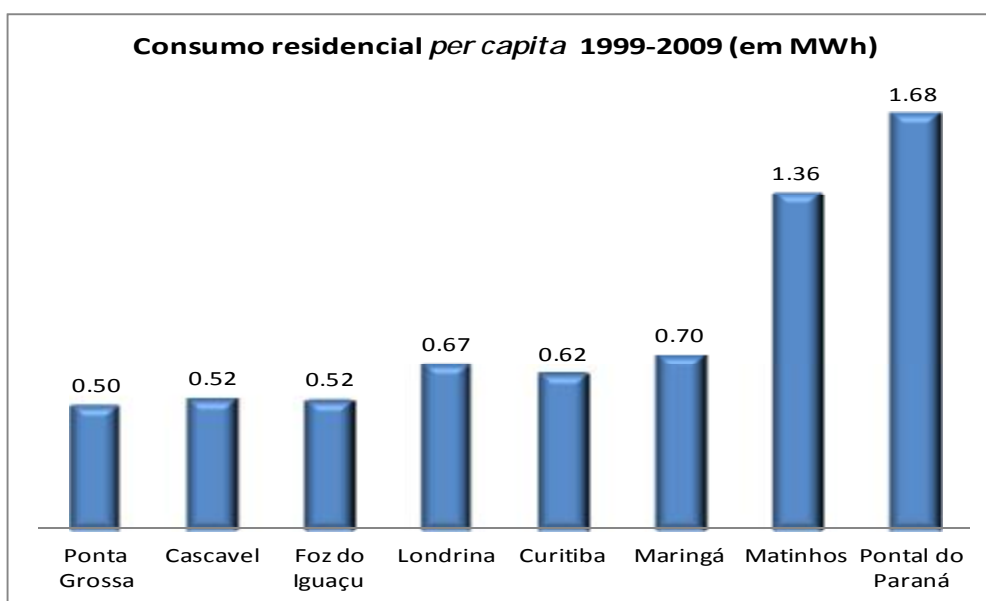


Figura 5: Consumo residencial *per capita* entre 1999 e 2009 para maiores valores e para algumas das principais cidades paranaenses

Fonte: Elaboração do autor, com dados do IPARDES.

O principal motivo pelo qual o valor do consumo *per capita* seja maior nesses dois municípios é o fato de serem duas cidades litorâneas, que embora possuam populações relativamente pequenas, recebem grande contingência de pessoas no verão, quando ocorre o gasto de eletricidade por visitantes. Londrina e Maringá possuem valores semelhantes ao de Curitiba: os três municípios possuem média de consumo duas vezes superior ao da média paranaense (0,3213).

Quanto ao número de unidades consumidoras, o menor número foi observado em Manfrinópolis em 1999, quando havia apenas 60 unidades consumidoras. O maior número foi observado em Curitiba em 2009, quando havia 592665. A razão entre população e unidades consumidoras apresenta seu mais alto valor em Goioxim em 1999, quando havia 78 pessoas por unidade consumidora. Isso expressa que nesse município é grande o número de pessoas sem acesso a eletricidade ou residindo em áreas rurais. Apenas os municípios de Guaraqueçaba e Barra do Jacaré apresentaram redução de unidades

consumidoras. Enquanto Guaraqueçaba teve uma redução de -17,40% de unidades consumidoras, Barra do Jacaré apresentou -20,27%.

A menor relação ente número de pessoas e unidades consumidoras foi em Pontal do Paraná, onde havia a proporção de 0,60353 pessoas para cada unidade de consumo. Somente em algumas cidades do litoral paranaense (Guaratuba, Matinhos e Pontal do Paraná) houve valor menor ou igual a 1 na razão entre unidade consumidora e população, o que reforça o efeito do consumo sazonal nessas localidades.

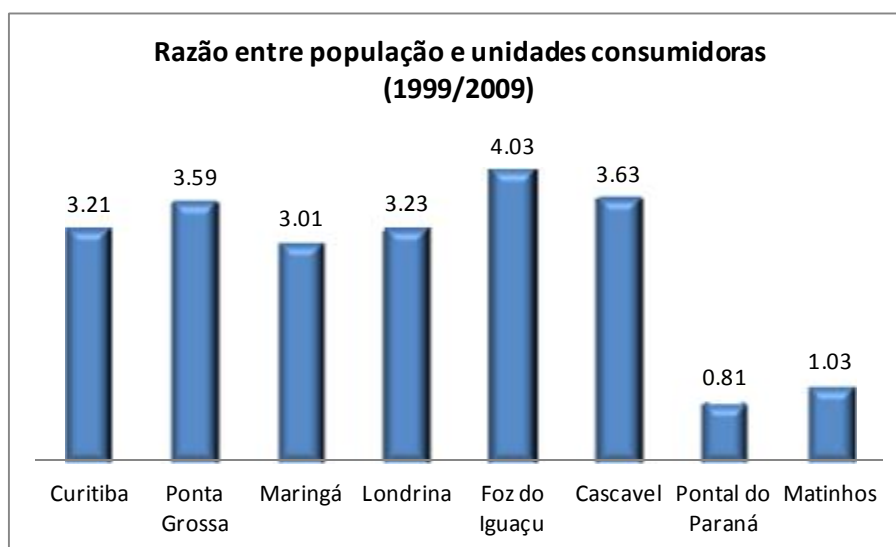


Figura 6: Razão entre população e unidades consumidoras para menores valores e principais municípios paranaenses (1999-2009).

Fonte: Elaboração do autor, com dados do IPARDES.

Efetuada o gráfico de dispersão com os dados do consumo residencial *per capita* e da razão entre população e unidades consumidoras, tal como é verificável na figura 7.

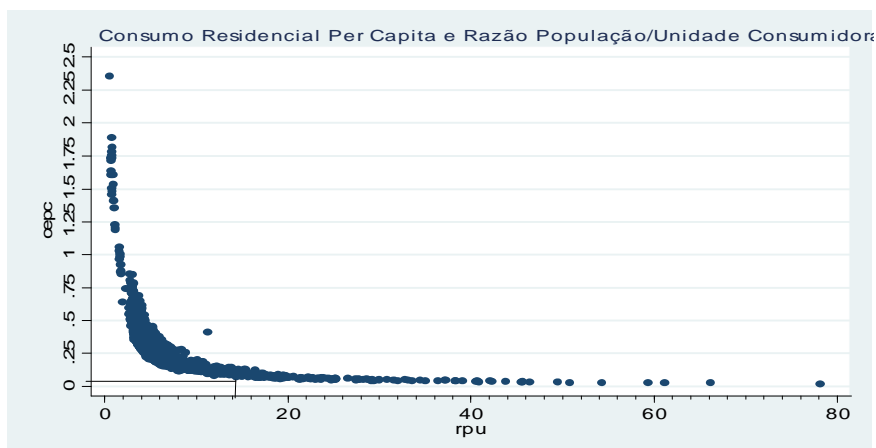


Figura 7: Razão entre população e unidades consumidoras e consumo residencial *per capita* de eletricidade

Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE e IPARDES

O gráfico demonstra uma relação inversamente proporcional entre o consumo de eletricidade *per capita* e a relação por unidades consumidoras. Os municípios litorâneos e os maiores municípios estão na parte esquerda do gráfico. Já os municípios menos urbanizados tendem a ter menor razão entre população e unidades consumidoras e, conseqüentemente, menor consumo *per capita*.

As tarifas apresentaram crescimento real até meados de 2004. A partir da revisão tarifária tem ocorrido decréscimo consistente da tarifa. Embora no gráfico 8 fique explícito somente o decréscimo real, houve também decréscimo nominal das tarifas durante o período pós-revisão tarifária.

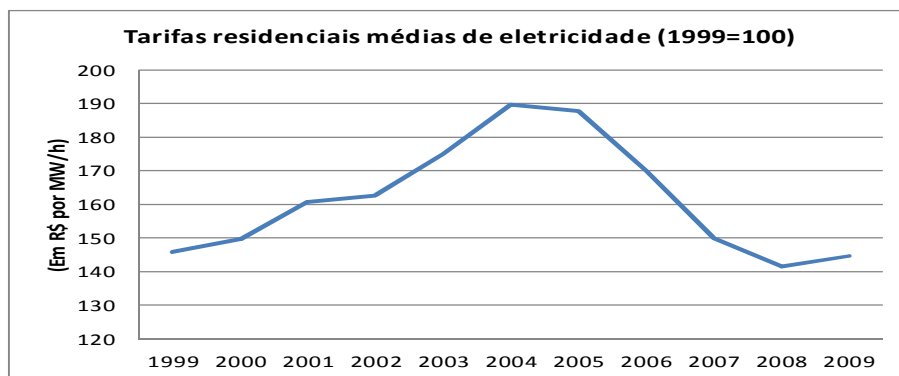


Figura 8: Tarifas residenciais médias de eletricidade para o Paraná entre 1999-2009 deflacionadas pelo IPCA.

Fonte: Elaborado pelo autor, com dados de COPEL e IPARDES

A figura 8 demonstra que as tarifas em 2009, deflacionadas pelo IPCA, são menores do que as de 1999. É possível notar que no período pós-crise de abastecimento houve grande aumento da tarifa média, expressando não só o propósito de frear o consumo, mas mudanças na forma de fixar tarifas.

Sendo o Paraná um estado com agricultura bastante desenvolvida e com muitos pequenos municípios ainda dependentes da atividade agrícola, para tomar nota dessa peculiaridade nesse estudo se averiguou a correlação entre consumo residencial de eletricidade *per capita* e grau de urbanização. Foi utilizado o grau de urbanização do ano 2000, constante no *site* do IBGE.

O gráfico de dispersão presente na figura 8 aponta uma correlação positiva entre consumo residencial de eletricidade e grau de urbanização.

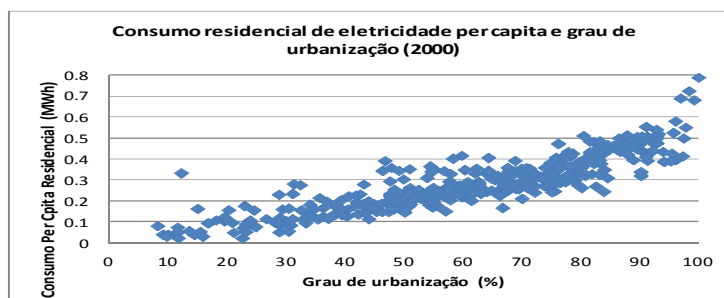


Figura 9: Grau de urbanização e consumo residencial *per capita* de eletricidade

Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE e IPARDES

Os municípios que apresentaram menores taxas de urbanização apresentaram baixo consumo residencial *per capita* de eletricidade, conforme é possível na tabela 6.

Tabela 6 – Municípios com menor grau de urbanização no Paraná e consumo residencial *per capita* de eletricidade

Localidade	Grau de urbanização (2000)	Consumo Residencial <i>Per Capita</i> (média 1999-2009)
Antônio Olinto	8,26	0,0986
Bom Jesus do Sul	9,2	0,0678
Porto Barreiro	9,8	0,0493
Marquinho	10,04	0,0587
Coronel Domingos Soares	11,38	0,0845

Fonte: Elaboração do autor, com dados do IBGE e IPARDES

Os municípios com menor grau de urbanização apresentaram consumo muito abaixo da média do estado no período (0,321). O grau de urbanização tende a ser menor nas pequenas cidades. Na figura 8, os consumos dos grandes municípios paranaenses, mais industrializados e com maior renda *per capita*, são representados pelos municípios com maior grau de urbanização e maior consumo, ocupando a porção superior à direita do gráfico.

A disposição espacial dos municípios pode ter influência no consumo residencial, na medida em que o desenvolvimento da região propicie renda e acesso a bens eletrodomésticos e instalações elétricas. Para efetuar essa análise, será utilizada a classificação de mesorregiões geográficas paranaenses do IPARDES.

A tabela 7 denota que a renda *per capita* é maior na mesorregião geográfica metropolitana de Curitiba, tanto no período inicial do estudo como no final. A mesorregião geográfica do sudeste paranaense apresenta a menor renda *per capita* tanto no período inicial como final.

Tabela 7: Variações de renda *per capita* por mesorregiões paranaenses entre 1999 e 2009

Mesorregião	PIB Per Capita (1999)	PIB Per Capita (2009)	Variação (%)
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA METROPOLITANA DE CURITIBA	9653,838852	12773,54752	32,32%
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA NOROESTE PARANAENSE	4151,297624	6259,772189	50,79%
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA CENTRO-OCIDENTAL PARANAENSE	5555,227774	7537,361725	35,68%
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA NORTE CENTRAL PARANAENSE	6045,439044	8181,167312	35,33%
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA NORTE PIONEIRO PARANAENSE	4029,072835	5422,25655	34,58%
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA CENTRO-ORIENTAL PARANAENSE	6144,433128	8345,693635	35,83%
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA OESTE PARANAENSE	6896,1875	9325,881504	35,23%
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA SUDOESTE PARANAENSE	4377,022944	7704,934999	76,03%
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA CENTRO-SUL PARANAENSE	4973,381193	6278,961366	26,25%
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA SUDESTE PARANAENSE	3752,519606	5146,380747	37,14%

Fonte: Elaboração do autor com dados do IPARDES

A variação da renda *per capita* da capital só foi inferior ao do centro-sul paranaense. O sudeste

e o noroeste apresentaram a maior variação na renda *per capita*. Contudo confrontemos com a variação de consumo e notamos que a renda, embora tenha influência na demanda por eletricidade, seu efeito pode ser sobrepujado por outras variáveis. A tabela 8 demonstra que enquanto o consumo na mesorregião geográfica metropolitana de Curitiba, mesmo tendo ocorrido aumento na *renda per capita* no período. Embora o consumo tenha aumentado mais justamente na mesorregião onde houve maior crescimento *per capita* do consumo, o crescimento de consumo nas mesorregiões mais industrializadas foi menor.

Tabela 8: Variação de consumo residencial per capita de eletricidade por mesorregiões

Mesorregião	MWh/ Pessoa (1999)	MWh / Pessoa (2009)	Variação (%)
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA METROPOLITANA DE CURITIBA	0,630435131	0,63714084	1,06%
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA NOROESTE PARANAENSE	0,399609157	0,507031014	26,88%
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA CENTRO-OCIDENTAL PARANAENSE	0,332474763	0,427754653	28,66%
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA NORTE CENTRAL PARANAENSE	0,522076878	0,617655224	18,31%
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA NORTE PIONEIRO PARANAENSE	0,367824035	0,441802545	20,11%
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA CENTRO-ORIENTAL PARANAENSE	0,358574614	0,450180997	25,55%
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA OESTE PARANAENSE	0,458147196	0,539503736	17,76%
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA SUDOESTE PARANAENSE	0,284114782	0,392219959	38,05%
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA CENTRO-SUL PARANAENSE	0,226865549	0,309535798	36,44%
MESORREGIÃO GEOGRÁFICA SUDESTE PARANAENSE	0,217851062	0,288788623	32,56%

Fonte: Elaboração do autor com dados do IPARDES

A figura 10 denota que o consumo *per capita* residencial de eletricidade é maior nas mesorregiões geográficas da região metropolitana de Curitiba, do Norte Central e do Oeste. Em contrapartida, as mesorregiões do Centro Sul, Sudoeste apresentaram os menores valores de consumo *per capita*.

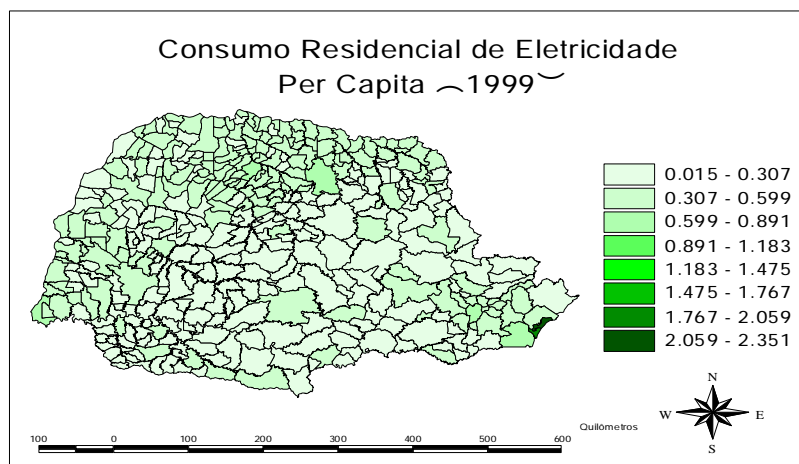


Figura 10: Mapa do consumo residencial per capita de eletricidade (1999)

Fonte: Elaboração do autor com dados do Iparde e shapefile do IBGE

A figura 11 demonstra que a disposição espacial do consumo residencial por eletricidade em 2009 é análoga a de 1999, ocorrendo maior consumo na mesorregião geográfica do norte central e da região metropolitana de Curitiba.

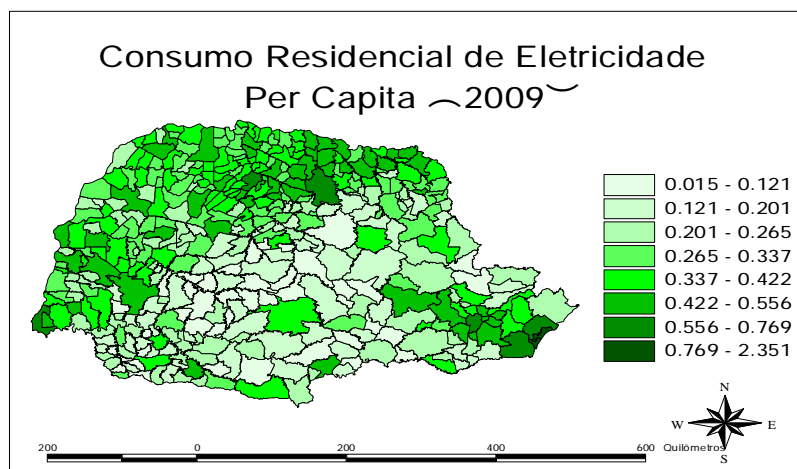


Figura 11: Mapa do consumo residencial *per capita* de eletricidade (2009)
Fonte: Elaboração do autor com dados do Ipardes e *shapefile* do IBGE

A variação absoluta do consumo residencial, para o período entre 1999 e 2009, foi maior nas mesorregiões cujo consumo era menor no período inicial. Isso é possível de ser verificado na figura 12. Os municípios presentes na porção central do mapa apresentaram maior variação de consumo. Por outro lado as mesorregiões com maior consumo inicial apresentaram menor variação.

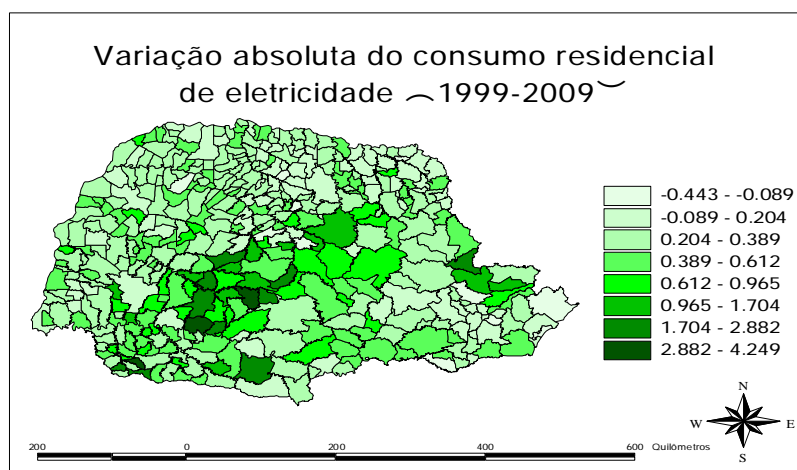


Figura 12: Mapa da variação do consumo residencial *per capita* de eletricidade (1999-2009)
Fonte: Elaboração do autor com dados do Ipardes e *shapefile* do IBGE

Na mesorregião geográfica da capital, o crescimento é praticamente nulo, expressando espacialmente o contido na tabela 8. O mesmo vale para o norte central paranaense. Nessas regiões onde houve maior variação *per capita* não houve maior variação na renda. As variações podem estar relacionadas a mudanças estruturais, grau de urbanização ou maior acesso a bens eletrodomésticos.

5.2. Estimativas

5.2.1. Estimativa com efeitos fixos

A estimativa de painel de dados com efeitos fixos parte do pressuposto que há existência de diferenças sistemáticas entre as unidades analisadas, e tem como unidade de observação os municípios e a unidade temporal utilizada é o ano. As características presumidas pelo modelo por efeito fixo são características como clima, relevo, instituições e fatores culturais. Pode ser considerada também como efeito fixo a escolaridade, a densidade demográfica e a taxa de urbanização, embora essas características possam mudar ao longo do tempo. Primeiro serão efetuadas as estimativas utilizando apenas as variáveis renda e tarifa. É importante efetuar essa estimativa isoladamente tanto para que seja feita a comparação com outras estimativas como para verificar o efeito da adição das variáveis *dummies* e da razão população/unidade consumidora.

Estimando o modelo utilizando como variáveis independentes o logaritmo do PIB *per capita* (a preços correntes) e o logaritmo das tarifas residenciais classe B1 (homologadas), obtém-se o seguinte resultado constante na tabela 6.

Tabela 9: Regressão utilizando dados em painel com efeitos fixos

Variáveis	Icepc
Ipibpc1999	0.128*** (0.00181)
Itar99	-0.167*** (0.00680)
Constante	0.0510 (0.0346)
Observações	4389
Número de cidades	399
R ²	0.576

Desvio-padrão entre parênteses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: Resultados do estudo

O R² foi de 0,576. A elasticidade-renda obtida foi de 0,128 e a elasticidade-preço -0,167, sendo ambas estatisticamente significativas a 1%. O valor relativamente baixo do R² expressa que a ausência de variáveis importantes limita o poder preditivo do modelo.

Os valores dos parâmetros das tarifas e dos preços refletem a essencialidade da bem eletricidade, utilizando a elasticidade-renda e preço do bem como forma de se compreender o caráter essencial do bem. O fato de ser inelástico tanto do ponto de vista da renda quanto do preço apontam que se trata de um bem essencial. Ambos os parâmetros apresentaram o sinal esperado. Para aumento de 100% da tarifa residencial, espera-se redução de 16,7% do consumo total. Variações positivas de 100% no PIB refletiriam um aumento de 12,8% de renda.

A regressão com painel de dados com efeitos fixos aponta que, para o período entre 1999 e 2009, a tarifa tem mais influência que a renda *per capita*. Contudo o teste de Wald (GREENE, 2008) apontou existência de heterocedasticidade nos erros, derivado de diferenças nas observações e autocorrelação serial, tal como apontado por WOOLDRIDGE (2002).

A existência de heterocedasticidade viola a premissa de que há homocedasticidade dos erros do painel de dados com efeitos fixos. Pode explicitar tanto diferentes relações entre consumo residencial de eletricidade e distintas faixas de consumo como efeito de *outliers*.

O teste de autocorrelação serial aponta que há autocorrelação serial, a 1% de significância. Efetuando teste de Wald, com 398 graus de liberdade, nota-se que há autocorrelação dos resíduos das variáveis defasadas acima de -0,5. A existência de autocorrelação pode gerar estimativas viesadas, dado que favorece a persistência de um comportamento ou tendência, a despeito da ação de outras variáveis.

5.1.2 Estimativas com efeitos aleatórios

Utilizando as variáveis rendas da regressão com efeitos fixos, efetua-se a estimativa com efeitos aleatórios. O resultado desta regressão é o constante na tabela 7.

Tabela 10: Regressão utilizando dados em painel com efeitos aleatórios

Variáveis	lcepc
lplibpc1999	0.128*** (0.00181)
litar99	-0.167*** (0.00681)
Constante	0.0494 (0.0361)
Observações	4389
Número de cidades	399

Desvio-padrão entre parênteses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: Resultados do estudo

O R^2 da regressão com efeitos aleatórios é de 0,1680. Tanto o parâmetro relativo a renda quanto o relativo a tarifa são estatisticamente significativos a 1%. Embora tenha ocorrido significativa redução do poder preditivo do modelo, o valor dos parâmetros permanece praticamente o mesmo nos dois modelos.

Para balizar a decisão entre o modelo com efeitos fixos e aleatórios, faz-se necessário aplicar o teste de Hausman, que permite verificar se há diferenças sistemáticas entre os parâmetros obtidos com efeitos fixos e aleatórios.

5.1.3 Teste de especificação de Hausman

O teste de Hausman aponta que as diferenças entre os coeficientes das duas regressões são sistemáticas, isto é, prevalece o modelo de painel de dados com efeitos fixos. Com grau de liberdade igual a 3, o valor do p-valor foi inferior à 0,05 e o valor calculado da estatística foi de 14,8. Assim sendo, rejeita-se a hipótese nula de que as diferenças são não-sistemáticas, tornando o modelo com efeitos fixos o que mais se ajusta.

5.1.4 Painel de dados com efeitos fixos após correções

Após regressão com efeitos fixos, constatou-se presença de heterocedasticidade, através de teste de Wald modificado sugerido por GREENE (2000) e de autocorrelação, efetuando teste desenvolvido por WOOLDRIDGE (2002)

Para nulificar os efeitos gerados pela ocorrência de heterocedasticidade¹, faz-se mister da regressão de Prais-Winsten, para corrigir tanto a autocorrelação quanto a heterocedasticidade. Na tabela 11 consta os parâmetros com as devidas correções.

Tabela 11: Regressão com efeitos fixos e correção de heterocedasticidade e de autocorrelação

Variáveis	Icepc
Ipibpc1999	0.102*** (0.00377)
Itar99	-0.0775*** (0.00865)
Constante	-0.337*** (0.0448)
Observações	4389
Número de cidades	399
R ²	0.865
Desvio-padrão entre parênteses	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

Fonte: Resultados do estudo

A correção da heterocedasticidade e autocorrelação promovem significativo aumento no R². Há redução da elasticidade-renda da eletricidade para consumidores residenciais. O parâmetro relativo a renda é de 0,102, apontando que uma variação de 100% do PIB de uma localidade refletiria em um aumento de 10,2% no aumento do consumo residencial de eletricidade. A redução de influência da elasticidade-preço é bastante significativa: o valor do parâmetro passa de -0,167 para -0,0775.

Uma possível fonte de heterocedasticidade é o fato do Estado do Paraná comportar municípios de tamanhos de população bastante distintos, além de valores de PIB bastante díspares, o que pode

¹ Conforme procedimento sugerido em BLACKWELL III, J.L. **Estimating and testing of fixed-effect panel-data systems**. The Stata Journal 5: 202-207.

alterar a relação entre as variáveis e os valores projetados. Após o ajuste, a renda passa a exercer uma influência menor.

A presença de autocorrelação pode ter como raiz um problema de variável omitida ou resultado de inércia (GUJARATI, 2000). O problema de variável omitida é algo plausível se considerarmos que a literatura referente a demanda residencial aponta uma vasta gama de outras variáveis preditivas, tais como tamanho médio das casas, das famílias, temperatura e taxas de urbanização. Já a questão da inércia está relacionada com a essencialidade intrínseca à bem eletricidade – não há uma tendência para variações bruscas pois a eletricidade é utilizada de acordo com as necessidades de uma família ou do indivíduo.

A estimativa de evolução no consumo residencial *per capita* complementa a análise do consumo residencial absoluto. A seguir, as mesmas estimativas para consumo residencial serão efetuadas para consumo *per capita*. O intuito é analisar o efeito da renda *per capita* sobre o consumo residencial *per capita*, o que pode melhorar a análise do efeito da renda sobre o consumo de energia.

O valor da elasticidades-renda é semelhante aos obtidos por GOMES (2010), que efetuou estudo por áreas de concessão para o Brasil entre 1999 e 2006 e obteve valores de elasticidade-renda entre 0,091 e 0,194. A elasticidade-renda obtida neste estudo ficou menor que as obtidas em outros estudos. GARCEZ e GIRARDHI (2002) obtiveram elasticidade-renda entre 0,1268 e 0,7559 ao estudar a demanda residencial de eletricidade para Bahia. Apenas para efeito de comparação, a elasticidade-renda para os estados do Ceará (a partir 0,53) e de Minas Gerais (0,532). O baixo valor da elasticidade-renda pode estar relacionado com o fato de ser um bem essencial, sem substitutos.

STATZU e STRAZERA (2008), ao efetuarem o estudo da demanda residencial por eletricidade para os municípios da Sardenha, obteve elasticidade-renda negativa, com valores bastante ínfimos entre -0,187 e -0,065. As autoras atribuem a influência negativa ao fato da eletricidade ser consumida necessariamente através de outro bem. WILSON (1971), ao obter uma elasticidade-renda de -0,46 atribuiu o forte efeito negativo a omissão de variáveis.

As regressões a seguir visam mitigar efeitos causados por omissões. Primeiro será efetuada uma regressão atribuindo *dummies* para os anos. Posteriormente será efetuada uma regressão visando captar de forma mais explícita a influência das diferenças das mesorregiões paranaenses no consumo *per capita*.

5.1.5 Regressão com painel de dados incluindo *dummies* relativos aos anos

As *dummies* anuais captam efeitos em cada ano, ou seja, visa constatar se há diferenças significativas em relação ao ano de 1999. Os efeitos anuais que possivelmente impactam na demanda da oferta abrangem deste problemas de oferta até modificações institucionais.

A inclusão de variáveis *dummies* relativas ao ano melhora o ajuste em relação as estimativas

com efeitos fixos efetuadas anteriormente. A inclusão de efeitos transitórios propiciadas pelas *dummies* enriquece o poder explicativo do modelo. A elasticidade-renda é pouco maior que a obtida no modelo com efeitos fixos sem inclusão sem da *dummy*. A elasticidade-preço deixa de ser estatisticamente significativa com a inclusão das variáveis relativas ao ano.

Foram atribuídas *dummies* para cada um dos anos da amostra, a exceção do ano de 1999, que serve de base. Não foi atribuída *dummy* para esse ano para que não se incorra na armadilha da variável binária.

Quando aos parâmetros relativos ao ano, apenas o do ano de 2006 não é estatisticamente significativo. Os parâmetros relativos aos anos 2000, 2007 e 2008 são estatisticamente significativos a 10%. Os parâmetros verificam se há diferença sistemática em relação ao ano de 1999, no que tange ao consumo de renda per capita. O ano de 2000 apresenta um parâmetro negativo, mas com valor bastante baixo, apontando que conjunturalmente o ano 2000 não gera influências na renda per capita.

A partir de 2001, o efeito dos parâmetros é negativo. A crise de racionamento gerou elevação das tarifas para refrear o consumo. O abalo na confiabilidade do sistema, que é conferido na possibilidade de ocorrer blecautes, é uma circunstância que afeta negativamente o consumo.

A partir de 2003, reduz-se a influência negativa dos parâmetros, o que coincide com modificações institucionais no setor elétrico que alteraram principalmente a forma de se comercializar energia. É a partir desse ano que se adota a metodologia do preço-teto, que induz as empresas concessionárias ter um comportamento mais eficiente para obterem ganhos extraordinários de receita. Permite também uma maior diferenciação de tarifas entre as concessionárias.

Tabela 12: Regressão com efeitos fixos incluindo *dummies* relativas aos anos

Variáveis	Icepc
Ipibpc1999	0.132*** (0.00625)
Intar99	0.0271* (0.0161)
2000.ano	-0.00540*** (0.00191)
2001.ano	-0.0231*** (0.00308)
2002.ano	-0.0464*** (0.00406)
2003.ano	-0.0721*** (0.00577)
2004.ano	-0.0651*** (0.00689)
2005.ano	-0.0367*** (0.00679)
2006.ano	-0.0189*** (0.00660)
2007.ano	-0.0102 (0.00715)
2008.ano	-0.0147* (0.00787)
2009.ano	0.00851 (0.00817)
Constante	-0.918*** (0.0816)
Observações	4389
Número de cidades	399
R ²	0.894

Desvio-padrão entre parênteses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: Resultados do estudo

A inclusão de *dummies* relativas aos anos nulifica o efeito das tarifas uma vez que os parâmetros obtidos representam estão inversamente relacionados com os efeitos das tarifas. No mesmo período em que há variação real das tarifas, os parâmetros relativos aos anos são negativos. A partir do momento em que começa a ocorrer o decréscimo real das tarifas, os parâmetros relativos aos anos passam a assumir valores positivos.

O efeito dos anos na regressão por efeitos fixos, explicitado através de parâmetros próprios, aponta um efeito anual relacionado a mudanças institucionais no mercado elétrico, que possibilitaram um mercado energético mais seguro e incentivaram empresas distribuidoras a operarem com mais eficiência do ponto de vista dos custos. Uma oferta mais segura e constante de energia tem efeito positivo na demanda, já que a confiabilidade é algo que influencia o uso da eletricidade como fonte. Concomitante a essas mudanças institucionais no mercado elétrico, há mudanças no programa de eletrificação rural, o que potencialmente incrementa o consumo.

Para externar parâmetros relativos a localização geográfica, será efetuada estimado um modelo atribuindo *dummies* para as mesorregiões. Para que não haja problema de multicolinearidade, será efetuada uma regressão com painel aleatório. Efetuar regressão com efeitos fixos e *dummies* geram problema de multicolineariedade, haja visto que o modelo fixo atribui implicitamente em suas matrizes *dummies* concernentes a localidade.

5.1.6 Regressão incluindo *dummies* relativos às mesorregiões e à grau de urbanização

A figura 9 apresentou a correlação positiva entre grau de urbanização e consumo residencial *per capita*. A inclusão de uma *dummy* relativa a grau de urbanização permite captar os efeitos da localidade das residências e o consumo dos moradores, isto é, verificar se a localização de domicílio em área rural possui influência no consumo. Os resultados constam na tabela 12.

Tabela 13: Regressão com efeitos fixos incluindo *dummy* para grau de urbanização

Variáveis	lcepc
lpcbpc1999	0.0967*** (0.00336)
ltar99	-0.0773*** (0.00799)
1.urb	0.362*** (0.0113)
Constante	-0.609*** (0.0421)
Observações	4389
Número de cidades	399
R ²	0.91

Desvio-padrão entre parênteses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: Resultados do estudo

Foi atribuído o valor 1 para municípios cuja taxa de urbanização eram superior a 50%, conforme o Censo Demográfico de 2000, e 0 para a situação contrária. O parâmetro referente a urbanização foi significativo e apontou um valor positivo, à 1% de significância. O R^2 é de 0,91.

O fato de o município ser predominantemente urbanizado possui um efeito nas variações de consumo *per capita* superior ao das tarifas e da renda. Os municípios que apresentaram maior taxa de variação de consumo *per capita* apresentaram significativo aumento no grau de urbanização no período entre 2000 e 2010. Considerando-se o efeito do grau de urbanização, o fato de ser predominantemente urbanizado faz com que o consumo residencial esperado seja 36,2% maior do que num município com maior parte da população residindo em zona rural.

Pode-se estender o enfoque da localização como determinante no consumo residencial efetuando-se a análise para mesorregiões. Atribuindo *dummies* para cada região, verifica-se a diferença em relação a mesorregião da região metropolitana de Curitiba. Para não incorrer na armadilha da variável binária, não será atribuída *dummy* para mesorregião da capital.

Após a inclusão dessas binárias, os parâmetros para renda per capita, tarifas e constante apresentaram-se estatisticamente significativas, bem como qual os parâmetros relativos à mesorregião do Centro-Oriental, Sudoeste, Centro Sul e Sudeste. Os parâmetros para cada mesorregião aponta a tendência a apresentar valores divergentes do consumo *per capita* da região metropolitana.

As mesorregiões que apresentaram significância estatística em seus parâmetros apontaram diferenças sistemáticas negativas no consumo *per capita* de eletricidade. Das quatro mesorregiões que apresentaram significância estatística, três delas apresentavam os valores mais baixos de consumo *per capita* no estado (Sudoeste, Centro Sul e Sudeste). A região Centro-Oriental apresenta valores de consumo *per capita* semelhante ao da média do estado. Embora o parâmetro relativo a essa mesorregião seja significativo, o fato da cidade pertencer a essa mesorregião aponta que em média o consumo diferirá em 9,57% do consumo da capital.

A diferença mais significativa é a da região Centro-Sul, onde se aponta para diferenças estruturais que tornem o consumo em média 36,9% abaixo do consumo da capital. Essa mesorregião, no período abordado, teve uma das menores variações populacionais entre 1999 e 2009 (5,7%) e o menor crescimento de renda *per capita* no estado, mas teve o terceiro maior aumento de consumo *per capita* de eletricidade (36,44%) e o segundo maior aumento percentual da mesorregião como um todo. Tal aumento de consumo em descompasso com a variação da renda permite inferir que o consumo da mesorregião tem crescido devido a programas de eletrificação rural, urbanização e difusão de bens eletrodomésticos, já que não houve variação de renda nem de população que justificasse o aumento absoluto.

Tabela 14: Regressão com efeitos aleatórios incluindo *dummies* relativas às mesorregiões

Variáveis	lcepc
ltar99	-0.167*** (0.00681)
lpibpc1999	0.128*** (0.00181)
NOROESTE	0.053 (0.0345)
CENTRO-OCIDENTAL	-0.0668 (0.0429)
NORTE-CENTRAL	0.046 (0.0330)
NORTE PIONEIRO	0.0242 (0.0366)
CENTRO-ORIENTAL	-0.0957* (0.0520)
OESTE	-0.0274 (0.0359)
SUDOESTE	-0.162*** (0.0385)
CENTRO-SUL	-0.369*** (0.0411)
SUDESTE	-0.244*** (0.0453)
Constante	0.0943** -0.0441
Observações	4,389
Número de cidades	399
Desvio-padrão entre parênteses	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

Fonte: Resultados do estudo

Conferindo os crescimentos de consumo residencial *per capita* de eletricidade e as respectivas variações de população e renda, nota-se que a renda em si tem pouca influência no consumo, conforme verificado anteriormente nas elasticidades-renda. As variações bastante distintas no consumo permitem endossar o efeito das particularidades de cada localidade no consumo. Contudo, nota-se que a maior variação percentual de consumo ocorreu na mesorregião com menor consumo inicial e menor PIB *per capita* inicial.

A razão entre população e número de unidades consumidoras explica tanto o consumo absoluto de uma localidade (pois reflete o número de domicílios numa localidade) como o consumo *per capita*. A alteração dessa razão sem alteração na população pode expressar aumento de estoque de eletrodomésticos.

5.1.7 Regressão com variável relativa à razão entre população e número de unidades consumidoras

A inclusão de unidades consumidoras pode ser resultado de políticas de eletrificação rural, reflexo de crescimento econômico numa região e até mesmo consequência do aumento do grau de urbanização. A razão entre população e número de unidades consumidoras está inversamente relacionada com a evolução do consumo *per capita*. A extensão da estrutura de distribuição e a construção de novos domicílios. Em síntese, a relação expressa potencialmente o número de domicílios e a consequente dotação de utensílios eletrodomésticos.

A inclusão dessa variável reduz o efeito da tarifa e da renda no consumo *per capita*. A elasticidade-renda com a inclusão do parâmetro é de 0,0153, ao passo que a elasticidade-preço é de 0,0686. A variação da razão entre população e unidades consumidoras possui profundo efeito sobre o consumo *per capita*. Se ocorrer uma mudança de 10% nessa razão, há uma queda de 4,59% no consumo residencial de eletricidade.

Tabela 15: Regressão com efeitos fixos e inclusão da variável razão entre população e unidades consumidoras

Variáveis	lcepc
lplibpc1999	0.0153*** (0.00193)
ltar99	-0.0686*** (0.00459)
lnrpu	-0.459*** (0.00292)
Constant	0.540*** (0.0239)
Observações	4,389
Número de cidades	399
R ²	0.988

Desvio-padrão entre parênteses

Fonte: Resultados do estudo

Das regressões efetuadas, foi a que apresentou o maior poder preditivo (0,988). A figura abaixo denota a relação entre o consumo residencial *per capita* e a variação da razão entre população e unidades consumidoras.

A partir do momento em que a variável referente ao consumo residencial *per capita*, o efeito da variação da razão tende a zero.

5.2 Elasticidades preço e renda da eletricidade para demanda residencial

Nas tabelas a seguir, constam as elasticidades-renda e preço para a demanda residencial no Paraná para o período entre 1999 e 2009. A elasticidade renda varia entre 0,102 e 0,132 e a elasticidade-preço entre -0,0775 e 0,0271. A exceção do modelo com efeitos aleatórios, as estimativas obtiveram elevado alto grau de ajuste.

Tabela 16: Elasticidades para demanda residencial por eletricidade no Paraná entre 1999 e 2009 – consumo *per capita*

Métodos	Elasticidade-renda	Elasticidade-preço	R ²
Efeitos fixos	0.102	-0.0775	0.865
Efeitos fixos com <i>dummies</i> para os anos	0.132	0.0271	0.894
Efeitos fixos com <i>dummy</i> para urbanização	0.0967	-0.0773	0.91
Efeitos aleatórios com <i>dummy</i> para mesorregião	0.128	-0.167	0.4421
Efeitos fixos com variável razão entre população e unidades consumidoras	0.0153	-0.0686	0.988

Fonte: Resultados do estudo

Na tabela 17 consta as elasticidades-renda e preço para diferentes localidades e cortes temporais. As elasticidades-renda para a economia paranaense utilizando efeitos fixos é bastante semelhante aos obtidos para o Brasil por GOMES (2010), para os municípios da Sardenha por STRATZU e STRAZZERA (2008). Os dois estudos abrangem um período de tempo semelhante ao empregado neste estudo. As elasticidades são maiores num prazo maior devido a possibilidade de substituição de eletrodomésticos e máquinas intensivas em eletricidade. O valor da elasticidade-renda para o Paraná ficou acima do valor para os países da OCDE, estimado por BIGANO, BOSELLO e MARANO (0,055) e o dos Estados Unidos, estimados por ALBERINI, GANZ e LOPEZ-VELEZ (2010), obtendo um valor quase nulo para a elasticidade-renda.

A elasticidade-preço da demanda residencial paranaense é semelhante a obtida por MATTOS (2005), FILLIPINI e PACHAURI (2002) e GOMES (2010). As elasticidades-rendas com valores mais próximos ao da economia paranaense possuem menor corte temporal. O estudo de MATTOS(2005) abarca o estado de Minas Gerais, porém num período de 32 anos, fazendo uso de séries temporais.

A grande variação de valores para elasticidade renda e preço, até mesmo para uma dada região num intervalo de tempo (vide elasticidades para consumo residencial de eletricidade nos Estados Unidos) permite inferir que a incorporação de outras variáveis possui efeitos não-negligenciáveis na demanda residencial por eletricidade. A ausência dessas variáveis afeta a significância estatística, mas não invalida o valor obtido dos parâmetros.

A elasticidade-renda da eletricidade para consumidores residenciais no Paraná é bastante baixa em relação às elasticidades calculadas para a economia brasileira. Porém, nessa estimativa para a economia paranaense, utilizam-se somente 11 anos ao passo que as estimativas para a elasticidade no Brasil utilizam 30 anos. Pode-se atribuir a maior reatividade da renda no consumo devido a profundas transformações sociais no período, onde o processo de industrialização e urbanização do Brasil ocorreram de forma mais intensa. A elasticidade-preço é maior do que a obtida por SCHMIDT e LIMA (2004) para o Brasil e bastante semelhante aos resultados obtidos por ANDRADE e LOBÃO (1997) e GOMES (2010) para o Brasil e GARCEZ E GHIRARDI (2002) para a Bahia. A elasticidade-preço foi menor do que a obtida para Minas Gerais (MATTOS, 2005) e Nordeste (IRFFI, 2007)

A inclusão de *dummies* referentes aos anos elevou o valor da elasticidade-renda em relação à estimativa sem *dummies* e com efeitos fixos, assim como produziu uma elasticidade-preço positivo. Os parâmetros relativos aos anos não foram significativos em relação ao anos de 2006 e 2008. Todos os anos apresentam diferenças negativas em relação à ano base, contudo, a partir de 2004, há redução desse efeito negativo. O período próximo ao ano de 2001 reflete variações tarifárias para coibir o consumo de eletricidade, num claro regime de racionamento. A partir de 2004 há o declínio real sistemático das tarifas bem como a implementação de novas políticas de tarifação social e eletrificação rural. A elasticidade-preço negativa advém de um erro de especificação: o efeito das tarifas está

expresso nos parâmetros relativos aos anos.

A inclusão de *dummy* relativa a urbanização insere um componente estrutural na análise dessa variação de consumo. O grau de urbanização conota a acessibilidade a bens duráveis bem como disponibilização de acesso a rede pública. Embora não afete a influência da tarifa, reduz de forma tênue a influência da renda. A variação no grau de urbanização não explica a variação do consumo em si, mas o grau de urbanização está relacionado ao nível de consumo residencial no período inicial.

A inclusão da variável razão entre população e unidades consumidoras reduz de forma sensível a influência da renda e do preço no consumo residencial de eletricidade. A renda continua a exercer influência, mas uma variação de 100% na renda produz um aumento de 1,53% no consumo residencial. Da mesma forma, variações de 100% na tarifa residencial geram redução de 6,86%. A razão entre população e unidades consumidoras contém em si mudanças concernentes a variação de renda, grau de urbanização e acesso a rede.

Embora o teste de Hausman tenha apontado diferenças sistemáticas entre efeitos fixos e aleatórios, houve uma estimativa por efeitos aleatórios para explicitar as diferenças de consumo residencial por mesorregiões geográficas. Ainda que tenha apresentado um grau de ajuste muito baixo, a estimativa apresentou elasticidade-renda bastante semelhante aos outros cálculos. Os efeitos aleatórios exacerbam o efeito das tarifas, apresentando uma elasticidade-preço de -0,167. Contudo, ao expressar as diferenças que se espera a priori de uma mesorregião, pode se ter noção de qual será a evolução do consumo da região. A baixa variação de consumo da mesorregião da região metropolitana de Curitiba aponta que as variações de consumo em localidades com maior consumo per capita tendem a ser menores, pois em regiões com renda mais elevada tende a ter um estoque de eletrodomésticos que tende a ter menos lacunas. Além disso, nas localidades com menor consumo *per capita* há maior possibilidade de ainda demandarem obras básicas de infra-estrutura de distribuição.

Tabela 17: Elasticidades-renda e elasticidades-preço – Quadro comparativo

Autor	Elasticidade-Renda	Elasticidade-Preço	Região	Período analisado
WILSON (1971)	-0,46	-1,33	Estados Unidos (77 Municípios)	1960
ANDERSON(1973)	1,13	-0,91	Estados Unidos (Estados)	1969
HALVORSEN (1973)	0,51	-1,15	Estados Unidos (48 Estados)	1961-1969
MODIANO (1984)	Entre 0,332 e 1,13	Entre -0,403 e -0,118	Brasil	1963-1981
ANDRADE E LOBÃO (1997)	Entre 0,210 e 0,212	Entre -0,060 e -0,051	Brasil	
GARCEZ E GHIRARDI (2002)	Entre 0,126808 e 0,75592	Entre -0,073572 e -0,044421	Bahia	1994-2002
FILIPPINI E PACHAURI (2002)	Entre 0,647 e 0,689	Entre -0,389 e -0,160	India (30972 famílias)	1993-1994
DULLECK E KAUFFMANN	0,3896	-	Irlanda	1976-1993
MATTOS (2005)	0,532	-0,258	Minas Gerais	1970-2002
SCHMIDT E LIMA (2004)	0,539	-0,085	Brasil	1969-1999
KAMERSCHEN E PORTER (2004)	Entre 0,654429 e 0,688533	Entre -0,932496 e -0,849585	Estados Unidos	1973-1998
MIRANDA	Entre 0,635854 e 1,563778	Entre -0,068985 e 0,094063	Ceará	1985-2000
BIGANO, BOSELLO E MARANO (2006)	0,055	0,0064	OECD	1978-2000
IRFFI (2007)	Entre 0,0127 e 0,684	Entre -0,6872 e -0,2078	Nordeste	1970-2004
STATZU E STRAZERA (2008)	Entre -0,187 e -0,065	Entre -0,002 e 0,065	Sardenha (Itália - 377 municípios)	1996-2007
ZIRAMBA (2008)	Entre 0,30 e 0,87	Entre -0,02 e -0,01	África do Sul	1978-2005
CONTRERAS, ROTH E FULLERTON (2009)	-0,4377	-0,5936	Estados Unidos	2002
ESKELAND E MIDEKSA (2009)	Entre 0,32738 e 1,256666	Entre -0,53490 e -0,07268	Europa	1994-2005
ALBERINI, GANZ E LOPEZ-VELEZ (2010)	Entre 0,00935 e 0,0225	Entre -0,860 e 0,150	Estados Unidos (74000 famílias)	2002,2004,2007 e 2008
ATHUKORALA E WILSON (2010)	0,785	-0,616	Sri-Lanka	1960-2007
GOMES (2010)	Entre 0,091 e 0,194	Entre -0,129 e -0,089	Brasil	1999-2006

Fonte: Elaboração do autor

A renda e as tarifas são estatisticamente significativas, mas os parâmetros isolados com maior influência no consumo foram a *dummy* para urbanização e a razão entre população e unidades consumidoras. A variação de consumo, em termos percentuais, foi maior na região com menor consumo inicial e não nas regiões com maior variação de renda. As regiões com menor consumo inicial apresentavam menores taxas de urbanização no ano 2000 e maiores valores da razão entre população e unidades consumidoras.

Dada a heterogeneidade do estado, com mesorregiões bastante distintas, a estimativa com efeitos fixos é fundamental para controlar os efeitos das municipalidades. A estimativa com efeitos aleatórios eleva forçosamente a influência das tarifas, embora produza valor de elasticidade-renda bastante semelhante. As elasticidades-renda e preço podem ser consideradas baixas se comparadas a maioria dos valores obtidos tanto na literatura nacional como na internacional. Este resultado era esperado visto que a maioria dos estudos de demanda residencial por eletricidade utiliza um horizonte de tempo maior e conseqüentemente uma elasticidade maior devido a possibilidade de transitar entre fontes de energia no longo prazo, assim como de alterar comportamentos.

6. Considerações finais

O estudo denotou a influência das variáveis renda e tarifa no consumo residencial por eletricidade, estimando suas elasticidades. A evolução do consumo residencial de eletricidade *per capita* reflete a evolução do poder de consumo de bens duráveis daquela população, assim como a melhoria na qualidade de vida, afinal para o consumidor residencial de eletricidade sua função reflete mais a maximização da utilidade do bem do que minimização de custos (SCHMIDT e LIMA, 2002).

Os efeitos das tarifas e da renda assemelham-se a algumas estimativas constantes na literatura sobre demanda residencial por eletricidade. Os parâmetros relativos às tarifas e a renda possuem os sinais esperados para elasticidades-preço e elasticidades-renda. Contudo, possui pouca influência no consumo, o que orna para um bem com demanda inelástica, tanto do ponto de vista da renda quanto do consumo.

A inclusão de *dummies* relativas aos anos mesorregiões e urbanização permite aprofundar a análise, em detrimento da impossibilidade de se obter dados municipalizados para variáveis tidas como determinantes na demanda residencial. MUNASINGHE e SCHRAMM (1982), cita, além dos preços e das tarifas, variáveis difíceis de serem obtidas como custos de conexão e variáveis climáticas.

A estimativa com *dummy* relativa aos anos faz com que o efeito das tarifas seja estatisticamente não-significativos. As *dummies* anuais anulam o efeito das tarifas pois elas culminam por representar mudanças institucionais no setor elétrico. Essas mudanças não refletem apenas na forma como as tarifas são reajustadas. A partir de 2003 há um decréscimo real das tarifas residenciais homologadas e a vigência de um novo plano nacional de eletrificação rural, que culminam por elevar o consumo residencial de eletricidade.

As estimativas com efeitos fixos forneceram estimativas consistentes das elasticidades. A inclusão de *dummies* de urbanização não afetou de forma significativa os valores das elasticidades-preço e renda. Já a influência de variáveis *dummies* relativas aos anos eleva o valor da elasticidade-renda e modifica o sinal da elasticidade-preço.

A adição da variável relativa a razão entre população e unidades consumidoras melhora o ajuste das estimativas e exerce poderosa influência sobre o consumo *per capita*. A variação dessa razão tem inúmeras fontes, difíceis de serem captadas isoladamente, porém pode ser esboçadas. A mudança entre cidades, a construção de novas residências e a própria mudança dentro da cidade, saindo de uma casa mais populosa para uma outra casa alteram essa proporção. O aumento de unidades consumidoras sugere aumento do estoque de eletrodomésticos e a redução daquela razão implica em menor compartilhamento desses objetos, ou seja, uma maior quantidade de eletrodomésticos *per capita*.

A formação de tarifas de forma adequada é fundamental para que a atividade de geração, transmissão e distribuição seja rentável no longo do prazo. As empresas devem observar o comportamento da demanda e antecipar a oferta visando evitar possíveis lacunas no fornecimento. Na compreensão da variação desse consumo, para a economia paranaense no período entre 1999 e 2009, a tarifa exerce influência reduzida. O mesmo vale para as variações de renda: embora a elasticidade-renda indique a sensibilidade desse consumidor para a variação de rendimentos, não observou-se maior variação de consumo em regiões com maior variação de renda.

No período analisado, notou-se que o crescimento de consumo residencial *per capita* de eletricidade foi maior nas mesorregiões Sudoeste, Centro Sul e Sudeste do Paraná. Nas regiões de maior consumo *per capita* houve crescimento em ritmo menos intenso. A principal explicação para esse comportamento é que nessas localidades de menor consumo *per capita* provavelmente há espaço para crescimento do grau de urbanização, bem como do crescimento da infraestrutura de distribuição. Nas regiões com maior consumo *per capita*, a tendência é que o valor do consumo cresça num ritmo mais lento devido a maior possibilidade deste consumidor possuir uma cesta de bens eletrodoméstica mais completa.

Não obstante a constatação de que a razão entre população e unidades consumidoras seja o parâmetro de maior influência isolada no consumo, as elasticidades obtidas são consistentes e estatisticamente significantes. Compreender o que produz a variação nessa razão é o que pode prever de forma mais acurada o comportamento residencial da eletricidade.

Se o consumo residencial *per capita* de eletricidade é considerado uma medida de fruição das benesses das atividades econômicas, nota-se que esse usufruto tem crescido e se difundido pelas diversas regiões do estado de modo relativamente independente das variações na renda. Isso reflete não só ação de programas governamentais de eletrificação rural e programas sociais, mas uma tendência progressiva de que as regiões mais atrasadas se aproximem do padrão de vida das regiões.

Referências

- AGUIAR, A. C. CHAGAS, M. COHEN, C. MENDONÇA, R. **O papel das tarifas de energia elétrica na queda da desigualdade de renda no Brasil.** In: Encontro Nacional de Economia ANPEC – Recife, 2007.
- AMADO, N. B. **Energia e Desenvolvimento Capitalista: o debate em torno das políticas de efficientização.** Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.
- ANDRADE, T. A. LOBÃO, W. J. A. **Elasticidade renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil.**
- ANEEL. **Banco de Informações de Geração.** Disponível em <http://www.aneel.gov.br/15.htm>. Acesso em 9 de dezembro de 2011.
- _____. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2011.** 2012
- BALTAGI, B. H. **Econometric Analysis of Panel Data.** 3^a edição: John Wiley and Sons. Chichester. 2005.
- BLACKWELL III, J.L. Estimation and testing of fixed-effect panel-data systems. *Stata Journal*
- BRANCO, C. **Energia elétrica e capital estrangeiro no Brasil.** São Paulo: Alfa-Omega, 1975.
- CAMARGO, E. J. da S. **Programa Luz para Todos – da Eletrificação Rural à Universalização do Acesso à Energia Elétrica – da Necessidade de uma Política de Estado.** Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo. 2010.
- CASTRO, N.J. de. ROSENTAL, R. **Nova tendência para a Elasticidade-Renda de Energia Elétrica no Brasil.** IFE n° 2215. Março/2008.
- CENTRO DE MEMÓRIA DA ELETRICIDADE. **Panorama do setor de energia elétrica no Brasil.** Rio de Janeiro: 2006.
- COHEN, C. **Padrões de consumo e energia: efeitos sobre o meio ambiente e desenvolvimento.** In: MAY, P. H. LUSTOSA, M. C.. Vinha, Valéria da. (org.). **Economia do Meio Ambiente.** Elsevier Campus: Rio de Janeiro. 2003.
- COPEL. **Balanco Energético do Paraná.** 2009.
- CORREIA, Salatiel Pedrosa Soares. **Tarifas e a Demanda de Energia Elétrica.** Synergia: Rio de Janeiro. 2010.
- DULLECK, U. KAUFMANN, S. **Do customer information programs reduce household electricity demand? - the Irish program.** *Energy Policy* n° 32. 2004.
- FRANÇA, C.R.A. **Programas Sociais em Empresa Estatal de Serviço Público: análise dos projetos de eletrificação de áreas residenciais urbanas de baixa renda na Eletropaulo S/A e de suas perspectivas sob gestão privada.** Dissertação (Mestrado em Energia) – Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo.
- FUGIMOTO, S. K. **A universalização do serviço de energia elétrica acesso e uso contínuo.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo

GARCEZ, E. W. GHIRARDI, A. G. **Elasticidades da demanda residencial por energia elétrica.**

GOMES, L. de S. F. e. **A demanda por energia elétrica residencial no Brasil: 1999 - 2006: uma estimativa das elasticidades-preço e renda por meio de painel.** Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto. 2010.

GUERRA, S.M.G. MARTA, J.M.C. **Luz no Campo ou o anti-ótimo de Pareto.** In: 3º Encontro de Energia no Meio Rural, 2000, Campinas. Disponível em <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022000000100021&lng=en&nrm=abn>. Acessado em 15 de dezembro de 2011.

HSIAO, C. **Why Panel Data?** Los Angeles: IEPR Working Paper 05.33. set/2005

IBGE. Censo. **Mapeamento das Unidades Territoriais.** Disponível em ftp://geofp.ibge.gov.br/malhas_digitais/censo_2007/setor_urbano/pr/. Acesso em 20 de novembro de 2011.

IPARDES - **Base de Dados do Estado.** Disponível em <http://www.ipardes.pr.gov.br/imp/index.php>

OUÉDRAOGO, I. M. **Electricity Consumption and economic growth in Burkina Faso: a cointegration analysis.** Energy Economics, Atlanta, v. 32, n. 3, p. 524-531, maio 2010.

LÜTEPOHL, H. **Handbook of Matrices.** John Wiley and Sons. Chicster: 1996.

MARQUES, L. D. **Modelos Dinâmicos com Dados em Painel: Revisão de Literatura.** CEMPRE – Centro de Estudos Macroeconômicos e Previsão – Faculdade de Economia do Porto. 2000.

MASSOCHIN, A. **O Programa de Eletrificação Rural *Clic Rural*, seus efeitos e implicações na região Oeste do Paraná 20 anos depois.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel. 2006.

MATTOS, L. B. LIMA, J. E. de. **Demanda residencial de energia elétrica em Minas Gerais: 1970-2002.** *Nova Economia*. v. 15, n.3. 2005

MATSUKAWA, I. **The Effects of Information on Residential Demand for Electricity.** The Energy Journal, International Association for Energy Economics, vol. 25(1), pages 1-18. 2004

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional –2010.**

MIRANDA, L. A. T. **Determinantes Econômicos do Consumo de Energia Elétrica no Estado do Ceará.** Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2004.

MODIANO, E. M. **Elasticidade-renda e preço da demanda de energia elétrica.** Textos para discussão n° 68. PUC-RJ. Maio/1984.

MUNASINGHE, M. SCHRAMM, G. **Energy Economics, Demand Management and Conservation Policy.** Van Nostrand Reinhold Company, New York. 1983.

_____. **The Economics of Power System Reliability and Planning.** World Bank/ John Hopkins. Baltimore. 1979.

- PADIS, P. C. **Formação de uma economia periférica: o caso do Paraná.** São Paulo, Hucitec, 1981.
- PARIGOT DE SOUZA, P. V. **A energia elétrica e o desenvolvimento do Paraná.** Revista Paranaense de Desenvolvimento. Nº 87. 1996.
- PESSALI, H. F. SERRA, M. A. **A Copel frente à reestruturação da indústria de energia elétrica: mudanças de estratégias e rearranjo organizacional.** In: IV Conferência Internacional de História de Empresas, 1999, Curitiba. III Congresso Brasileiro de História Econômica - IV Conferência Internacional de História de Empresas. Curitiba: UFPR, 1999.
- PINTO JUNIOR, H. Q. **Economia da energia.** Elsevier Campus. Rio de Janeiro. 2007.
- REICHMANN NETO, F. **A Copel: origem e perfil atual.** In: Santos, Sílvia Coelho dos. Reis, Maria José. **Memória do Setor Elétrico na Região Sul.** UFSC. Florianópolis. 2002.
- SA'AD, S. **Electricity demand for South Korean residential sector.** *Energy Policy*. Vol. 37, pág.5469–5474. 2009
- SCHMIDT, Cristiane Alkmin Junqueira. LIMA, Marcos André. **Estimações e previsões da Demanda por Energia Elétrica no Brasil.**
- SIQUEIRA, M. D. OLIVEIRA, D. de. SILVA, E. A. TRINDADE, E. M. de C. MARCHI, E. **Um século de eletricidade no Paraná.** UFPR. Curitiba. 1994.
- STATA Corp. **Longitudinal-Data/ Panel-Data Reference Manual.** College Station: Texas: STATA Corp LP.
- STATZU, V. STRAZZERA, E. **A Panel Data Analysis of Electric Consumption in the Residential Sector.** *Contributi Di Ricerca Crenos Working Papers* nº 2008/06. Cagliari. 2008.
- TAVARES, M. L. **Análise e Evolução da Tarifa Social de Energia Elétrica no Brasil 1985-2002.** Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- TOLLEY, G. S. UPTON, C. W. HASTINGS, V. S. **Electric Energy Availability and Regional Growth.** Ballinger. Cambridge, 1977.
- TOLMASQUIM, M. T. **Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro.** Synergia. Rio de Janeiro. 2011.
- VIEIRA, J. P. **Energia Elétrica como Antimercadoria e sua Metamorfose no Brasil: a Reestruturação do Setor e as Revisões Tarifárias.** Tese (Doutorado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo – 2005.
- WOOLDRIDGE. J. M. **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data.** MIT Press: Cambridge. 2002.
- YAN, Y. Y. **Climate and Residential Electricity Consumption in Hong Kong.** *Energy*: v. 23, janeiro 1998.
- VARIAN, H. R. **Microeconomia.** Elsevier Campus. Rio de Janeiro: 2003.