

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS

JULIA DE MELO KRAEMER

ESTIMATIVAS DE DEMANDAS POR ENERGIA NO BRASIL

Porto Alegre

2014

JULIA DE MELO KRAEMER

ESTIMATIVAS DE DEMANDAS POR ENERGIA NO BRASIL

Trabalho de conclusão submetido ao Curso de Graduação em Ciências Econômicas da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Tosi Feijó

Porto Alegre

2014

JULIA DE MELO KRAEMER

ESTIMATIVAS DE DEMANDAS POR ENERGIA NO BRASIL

Trabalho de conclusão submetido ao Curso de Graduação em Ciências Econômicas da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Ciências Econômicas.

Aprovada em: Porto Alegre, ____ de ____ de 2014.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Flávio Tosi Feijó – Orientador

UFRGS

Prof. Dr. Sabino da Silva Pôrto Júnior - Participante

UFRGS

Prof. Dr. Gustavo Inácio de Moraes - Participante

PUCRS

AGRADECIMENTOS

Esse período não foi fácil e apenas aconteceu porque tive o apoio de muitos. Como sempre, a família esteve dando suporte de todas as formas que pôde, em especial minha mãe. Também me apoiaram aqueles que acabaram se tornando família. Pessoas que me ensinaram mais do que teoria e foram capazes embasar as escolhas para o depois da graduação.

Nesses anos ganhei a confiança de pessoas de quem quero ser próxima sempre, mesmo que esteja a muitos quilômetros de distância. É difícil citar nomes, pois sempre pode-se deixar passar algum importante, mas cabe aqui o risco. Agradeço aos meus professores, principalmente Flávio Tosi Feijó, Sabino da Silva Pôrto Júnior e Gustavo Inácio de Moraes. Mais do que cumprir as obrigações de professores, para mim foram verdadeiros mestres.

Também àqueles que permaneceram ao meu lado quando, se pudesse, nem eu mesma ficaria: Carla Pricila Brito, Camila Bassotto, Camila Steffens, Gabriela Reiter, Ícaro Stumpf, Victor Sant'Anna.

Não poderia faltar uma dedicatória aos meus amigos e colegas de estudo pra ANPEC: Daiane Zannon, Hugo Neto e Guilherme Morlin. Vocês tornaram o sonho possível!

RESUMO

O presente trabalho se dedica a estimar a demanda de energia elétrica total e por categoria de consumo: industrial, comercial, residencial. Ainda, estima equações para demanda de energia para as oito fontes mais consumidas na matriz energética brasileira. A partir de então obtêm as elasticidades de preço e renda (consumo de energia-PIB). Foi utilizado o método de mínimos quadrados ordinários com testes de raiz unitárias e co-integração. Os principais resultados encontrados foram que as demandas mais sensíveis às variações da atividade econômica são o bagaço de cana, gasolina e álcool. Por outro lado lenha, petróleo, gás, eletricidade e diesel são menos sensíveis. O consumo total de energia elétrica é elástico em relação ao PIB, crescendo em 1,06 por cento a cada variação de 1% no produto.

Palavras-chave: Energia. Demanda de energia. Matriz energética. Energia elétrica.

ABSTRACT

The present work is devoted to estimating demand and total electricity consumption by category: industrial, commercial, residential. Also presents equations for energy demand for the eight sources most consumed in the Brazilian energy matrix. From then get the price and income elasticities (power consumption-GDP). The method of ordinary least squares with unit root tests and co-integration was used. The main findings were that demands more responsive to changes in economic activity are sugarcane, gasoline and alcohol. Moreover firewood, oil, gas, electricity and diesel are less sensitive. The total power consumption is elastic to GDP, growing at 1.06 percent every 1% change in the product.

Keywords: Energy. Demand for energy. Energy matrix. Electricity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Oferta interna de energia por fonte 18

Figura 2 - Consumo final da energia por fonte 20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Oferta interna de energia por fonte	17
Tabela 2 - Consumo final da energia por fonte.....	19
Tabela 3 - Consumo final da energia por setor.....	21
Tabela 4 - Consumo do setor comercial.....	22
Tabela 5 - Consumo do setor público	22
Tabela 6 - Consumo do setor residencial.....	23
Tabela 7 - Consumo do setor agropecuário	23
Tabela 8 - Consumo do setor transportes.....	24
Tabela 9 - Evolução do consumo por fonte 2004/13: Setor industrial....	25
Tabela 10 - Dependência externa de energia por fonte	26
Tabela 11 - Exportações/Importações líquidas de energia.....	27
Tabela 12 - Fonte dos dados e período utilizado.....	36
Tabela 13 - Testes de raiz unitárias	39
Tabela 14 - Equações de demanda por fonte de energia.....	40
Tabela 15 - equações de demanda total, residencial, industrial e comercial de energia elétrica.....	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA TEÓRICA E EMPÍRICA.....	12
3 CARACTERÍSTICAS E PLANEJAMENTO PÚBLICO	16
3.1 A matriz Energética Brasileira.....	16
3.2 Plano Nacional de Energia 2030 e Matriz Energética Nacional 2030.....	28
4 METODOLOGIA, ESTIMAÇÃO E RESULTADOS.....	31
4.1 Estacionariedade e Regressão Espúria	31
4.2 Raiz Unitária.....	32
4.3 Co-integração	33
4.4 Estimação.....	34
4.5 Resultados	38
5 CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS.....	47
ANEXO A – FLUXO DE ENERGIA	

1 INTRODUÇÃO

A relevância da questão energética para os países só faz aumentar, pois a demanda por energia é crescente. Situações políticas e diplomáticas são paralelas à economia, que é em grande parte determinada pelo fator energia. Temos como exemplo as disputas emancipatórias deflagradas em 2014, principalmente na Europa, nas quais é relevante o fornecimento de gás, por parte da Rússia, aos envolvidos. O poder de barganha do detentor dos recursos energéticos é inquestionável e se torna umas das principais ferramentas de negociação, mesmo que não abertamente. Quem controla fornecimento de energia, chave para o crescimento, chega ao embate político em posição favorecida.

Os choques do petróleo, em 1973 e 1979, marcaram a economia mundial, mostrando ao mundo o impacto que aqueles que controlam as fontes de energia podem causar sobre a vida dos demais. Seguindo nesta linha, podem-se citar as guerras da história recente, em grande parte motivadas por disputas de controle por petróleo.

Especialmente no caso brasileiro, o cenário político é desenhado pelas empresas detentoras e consumidoras de energia, podendo ser estatais ou privadas. No caso do petróleo destaca-se a Petrobrás, já quando nos referimos à energia elétrica há uma série de concessões às empresas privadas para a prestação de serviços. A geração da energia elétrica, por hidrelétricas, termoelétricas e parques eólicos, fica sob o controle do Estado. Este constantemente precisa ceder diante das exigências de grandes empresas. Temos o exemplo recente da necessidade de utilização de termoelétricas para o suprimento de energia na região centro-oeste, devido ao baixo nível dos reservatórios de água. Infelizmente esta alternativa de fornecimento é muito mais cara, sendo utilizada com mais frequência para suprir a demanda residencial, que é de menor intensidade. Desta forma uma tensão se formou, dentro do empresariado, que levou ao governo federal a manifestação de suas preocupações e descontentamentos em relação ao fornecimento de energia. Em março de 2014 organizações industriais, endereçaram carta ao ministro de

minas e energia, Edison Lobão, cobrando maior presença nas decisões o setor elétrico.

Diante dessas pressões políticas o presente trabalho pretende trabalhar com dados de energia produzida e consumida no Brasil, assim como contribuições de diversos autores, para avaliar as atuais relações entre o crescimento do produto do país e o desenvolvimento das fontes de energia mais utilizadas da matriz energética brasileira. A análise dos balanços energéticos ocorre com a diferenciação entre fontes renováveis e não renováveis de energia, pois desta forma será possível entender a relevância, em quantidade, qualidade e possibilidade de utilização, das fontes de diferentes naturezas. Tem-se por objetivo analisar as diferentes fontes de energia utilizadas na matriz energética brasileira, com base em sua interação com o crescimento econômico. Através do cálculo da elasticidade energia – PIB verificar o impacto do produto interno bruto nas fontes de energia com maior significância na matriz energética. São estas: óleo diesel, eletricidade, bagaço de cana de açúcar, gasolina, gás natural, lenha, petróleo, álcool etílico.

Utiliza-se nos relatórios oficiais sobre energia a tonelada equivalente de petróleo (tep), que é a unidade comum na qual se convertem as unidades de medida das diferentes formas de energia de energia, permitindo sua comparação. É definida como o calor libertado na combustão de uma tonelada de petróleo cru. A referência ao petróleo se deve a sua inegável importância mundial, enquanto fonte de energia. Assim, considera-se o aspecto de a matriz energética brasileira ter potencial renovável, problematizado por esta qualidade de fonte de energia ser fruto de investimento de longa maturação. Para compatibilizar as diferentes fontes de energia e realizar uma comparação com o PIB, será necessário utilizá-las na unidade tep.

A questão energética, de acordo com a literatura específica, é fundamental no processo de desenvolvimento das economias, podendo-se identificar o avanço das mesmas através de suas matrizes energéticas. (Curva de Kuznets Ambiental: Grossman & Krueger (1995)) As recorrentes ameaças de apagão no Brasil nos anos 2000, assim como a recente insegurança em relação ao suprimento da demanda tornam este assunto latente. Embora o tema já tenha sido objeto de análise, não há

literatura consagrada na área, pois os resultados encontrados são ainda controversos.

Acredita-se que a elasticidade energia-PIB pode ser uma ferramenta importante para avaliar a evolução da situação energética do país. Assim, é possível antecipar os impactos que a variação da atividade econômica terá na demanda por energia, inclusive em fontes de energia específicas. Possíveis barreiras ao crescimento podem ser, então, percebidas ao comparar a demanda prevista com o nível de atividade econômica esperado.

Assim, o objetivo deste trabalho é estimar a demanda de energia em relação a cada fonte de energia, e obter as elasticidades energia-PIB das fontes mais presentes no consumo energético brasileiro: óleo diesel, eletricidade, bagaço de cana de açúcar, gasolina, gás natural, lenha, petróleo, álcool etílico. Ainda estimar a demanda de energia do país para então investigar qual seria a sensibilidade da demanda em relação ao crescimento econômico.

Para atender o objetivo principal, este trabalho tem como objetivos específicos são fazer uma revisão de literatura teórica e empírica da situação atual da oferta e demanda de energia, através da análise de trabalhos anteriores e relatórios oficiais, como o Balanço Energético Nacional, a Matriz energética Nacional 2030 e o Plano Nacional de Energia 2030.

Esta monografia é composta por cinco capítulos, contando com a introdução, que apresenta a proposta de pesquisa. No segundo capítulo apresenta-se uma revisão de literatura, particionada em teórica e empírica. Na parte teórica se discute o referencial teórico, explicando como este foi aplicado. A seção de revisão empírica conta com experiências de pesquisas anteriores. O terceiro capítulo, separado em duas seções, se dedica a caracterizar a matriz energética brasileira e a apresentar as análises e previsões do governo em relação à energia. O quarto capítulo trata da metodologia, da estimação e dos resultados.

2 Revisão de literatura: teórica e empírica

Neste capítulo apresenta-se o uma revisão de literatura teórica e outra empírica, respectivamente. Discute-se o conceito de elasticidade energia-PIB e apresentam-se exemplos de aplicações em trabalhos científicos.

A elasticidade de preço da demanda é definida como a variação percentual na demanda, com relação à variação de 1% no preço. Analogamente se define a elasticidade energia-PIB, anteriormente referida. É observada a variação na demanda de energia, com respeito às mudanças no produto da economia. Como a elasticidade é adimensional, pode-se comparar elasticidades de diferentes produtos, como é o caso deste trabalho.

De acordo com Varian (2012), a demanda pode ser:

- Elástica: variação percentual na quantia demandada é maior do que no preço, neste caso, no PIB.
- Inelástica: a variação percentual na quantia demandada é menor do que a variação percentual na variável explicativa.
- Elasticidade unitária: quando a variação percentual é igual na demanda e no preço, neste caso refere-se ao produto.

A partir das informações disponibilizadas pelo ministério de Minas e Energia pretende-se estudar a relação entre as fontes mais demandadas no país e o PIB. Serão utilizadas séries históricas de dados oficiais informados pelo mesmo ministério.

O estudo da relação entre consumo de energia e crescimento econômico, tem como umas das primeiras referências Mason (1955). Uma correlação estatisticamente significativa foi encontrada entre renda nacional e consumo per capita de energia. O experimento se utilizou de dados de 42 países, para o ano de 1952.

Uma ideia mais aproximada de elasticidade foi apresentada por Mainguy (1967), que identificou proporção na variação da renda nacional e consumo de energia. Este identificou que a elasticidade era próxima de um e acreditava se

verificar para a maioria dos países, além de ser constante no tempo. Havia desta forma a crença de que independentemente do estágio de desenvolvimento que um país se encontrasse ele teria a mesma elasticidade-renda. Martin (1992) e Percebois (1989) corroboraram o pensamento de variação na renda e energia independentemente das características específicas de cada país.

Deve-se a Darmstadter (1971) a utilização do seguinte modelo econométrico:

$$\text{Log} \left(\frac{E}{P} \right) = \alpha + \beta Y/P \quad (01)$$

Onde: E/P= consumo de energia *per capita*.

Y/P= renda *per capita*.

P= população.

E= energia, em toneladas equivalentes de carvão (top).

O pesquisador observou que os dados indicavam que a elasticidade não seria unitária. Ainda, acreditava que a renda per capita não seria o suficiente para explicar o consumo de energia per capita.

Janosi e Grayson (1972) apresentaram o seguinte modelo:

$$\text{Log} E = \alpha + \beta \text{PIB} \quad (02)$$

A nova especificação econométrica foi empregada para estudar a relação entre consumo de energia e crescimento do PIB para 30 países, com referência ao período de 1953 a 1965. Apesar de a hipótese de relação significativa entre crescimento econômico e consumo de energia se manter robusta, as elasticidades observadas variaram bastante. O estudo relata o valor de 2,07 para Filipinas e 0,48 para o Reino Unido. A partir de então surge base teórica para pensar na diferença de desenvolvimento dos países como responsável por elasticidades divergentes. O

maior crescimento da indústria está relacionado a maiores elasticidades, ou seja, países já industrializados terão uma elasticidade energia – PIB menor, ou seja, como a indústria em estágio mais avançado de desenvolvimento, a demanda por energia é menos sensível à atividade econômica.

Como é afirmado em “Economia da Energia” (ALMEIDA et al, 2007), dependendo do rendimento da utilização da fonte de energia primária empregada, o aumento do uso de energia útil pode diferir da variação no emprego de energia primária. Sendo o rendimento da fonte de energia a razão da energia na forma que é utilizada, energia útil, e a energia final. A substituição da fonte utilizada, por exemplo, poderia levar a uma variação maior na energia útil do que na energia primária registrada. Desta forma a elasticidade energia-PIB pode não estar sendo adequadamente mensurada.

Historicamente, os choques do petróleo foram importantes para mudar a perspectiva teórica dos modelos econométricos de uso de energia. Como os preços subiram rapidamente, tornou-se interessante entender as variações no emprego da energia. A elasticidade-preço passou a ser considerada nas estimativas.

Pretende-se neste trabalho observar as elasticidades, o que justifica o uso das variáveis em logaritmo. Desta forma veremos qual o impacto que a variação de uma unidade percentual em uma variável explicativa terá na variável explicada, no caso demanda de energia. As equações apresentadas na tabela 17 permitem inferir o impacto que a variação do PIB terá em cada demanda estabelecida.

Como estimamos a demanda de diferentes fontes de energia, pode-se comparar qual será, relativamente, mais utilizada em um cenário de crescimento econômico. A partir de então a demanda esperada pode ser comparada com as expectativas de oferta apresentadas no plano energético nacional.

Trabalhos anteriores já analisaram a questão, como em MASON (1955), que analisa a relação entre consumo de energia *per capita* e crescimento econômico. Outro exemplo é artigo de Schmidt e Lima (2004) que estima as elasticidades de preço e renda da demanda por energia elétrica, com cointegração estatística. Observa separadamente as classes de consumo comercial, residencial e industrial.

Também estimaram o consumo de energia elétrica para o período de 2001 a 2005. Ainda Garcez e Ghirardi (2004) estudaram elasticidade-preço e renda para a demanda residencial, com enfoque na Bahia.

A questão energética, de acordo com a literatura específica, é fundamental no processo de desenvolvimento das economias, podendo-se identificar o avanço das mesmas através de suas matrizes energéticas. (Curva de Kuznets Ambiental: Grossman & Krueger (1995)) As recorrentes ameaças de apagão no Brasil nos anos 2000, assim como a recente insegurança em relação ao suprimento da demanda tornam este assunto latente. Embora o tema já tenha sido objeto de análise, não há literatura consagrada na área, pois os resultados encontrados são ainda controversos.

Hourcade (1989) percebeu a existência de tendências de longo prazo que não eram entendidas pelos modelos econométricos vigentes. Seria necessário entender o significado das elasticidades, se estas se referiam a alterações de comportamento ou tecnologia. A agregação com certeza não facilitava a avaliação da informação contida nas elasticidades encontradas.

Manson (1955) e Mainguy (1967) se dedicaram a observar o comportamento do produto das economias e o consumo de energia. Darmstadter (1971) seguiu caminho semelhante, mas discordou de Mainguy (1967) em relação à elasticidade de renda ser unitária. A diferença de desenvolvimento dos países foi cogitada como possível causa da elasticidade não constante. A teoria de que o estágio de desenvolvimento tem relação com a elasticidade de renda da demanda também está presente em “Economia da Energia” (ALMEIDA et al, 2007). É possível perceber assim a relevância desta forma de análise na literatura específica, o que embasa seu emprego neste trabalho.

3 CARACTERÍSTICAS PLANEJAMENTO PÚBLICO

Neste capítulo apresenta-se as principais características da matriz energética brasileira, observando as fontes de energia utilizadas nos principais setores. Variações na oferta e demanda de energia, assim como substituição entre as fontes, são discutidas. Busca-se também, esclarecer a estrutura de pesquisa e planejamento do governo em relação ao suprimento de energia do País. Para tanto, apresenta-se informações de dois importantes documentos disponíveis: o Plano Nacional de Energia 2030 e Matriz energética nacional 2030.

3.1 A Matriz Energética Brasileira

O Balanço Energético Nacional (BEN), divulgado anualmente pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), tem por objetivo documentar e divulgar a pesquisa e a contabilidade relativas à oferta e consumo de energia no país, incluindo extração de recursos energéticos primários, conversão em formas secundárias, importação, exportação, distribuição e uso final da energia. Como é possível observar na Tabela 1 a seguir, a energia renovável perdeu espaço recentemente. Esta vinha apresentando crescimento, em participação no total de energia ofertada, até 2009. Quando olhamos para os valores absolutos da oferta de energia, apresentados em toneladas equivalentes de petróleo (tep), percebemos que essa variação relativa se deu mais por aumento da oferta de energia não renovável, especialmente petróleo e gás natural, do que por variações na oferta da energia renovável. Estes últimos permaneceram praticamente estáveis.

De acordo com o Balanço Energético Nacional de 2014, que tem por base os dados até 2013, as fontes mais consumidas foram: óleo diesel (18,3%), eletricidade (16,9%), bagaço de cana de açúcar (11,2%), gasolina (9,7%), gás natural (7,2%), lenha (6,5%), petróleo (4,6%), álcool etílico (4,2%). Apenas os derivados de petróleo já totalizam 44,6% do total consumido. Para o cálculo da elasticidade energia-PIB estas serão as fontes de energia consideradas.

3.1.1 Oferta de energia

A tabela a seguir apresenta a oferta de energia interna. Pode-se observar a evolução da participação de cada fonte de energia. Destaca-se o fato de, embora a matriz ter a composição não renovável relativamente baixa, a energia renovável ter reduzido em 3% sua participação na oferta total.

Tabela 1 – Evolução da oferta interna de energia por fonte – 2004-2013

FONTES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	IDENTIFICATION
ENERGIA NÃO RENOVÁVEL	56,0	55,3	54,8	53,9	53,9	52,7	54,9	56,0	57,7	59,0	NON-RENEWABLE ENERGY
PETRÓLEO E DERIVADOS	39,3	38,8	37,9	37,5	36,7	37,9	37,8	38,6	39,3	39,3	PETROLEUM AND OIL PRODUCTS
GÁS NATURAL	8,9	9,4	9,6	9,3	10,3	8,8	10,2	10,2	11,5	12,8	NATURAL GAS
CARVÃO MINERAL E COQUE	6,3	6,0	5,7	5,7	5,5	4,6	5,4	5,7	5,4	5,6	COAL AND COKE
URÂNIO (U ₃ O ₈)	1,5	1,2	1,6	1,4	1,5	1,4	1,4	1,5	1,5	1,3	URANIUM - U ₃ O ₈
ENERGIA RENOVÁVEL	44,0	44,7	45,2	46,1	46,1	47,3	45,1	44,0	42,3	41,0	RENEWABLE ENERGY
HIDRÁULICA ¹	14,5	14,9	14,9	14,9	14,1	15,2	14,0	14,7	13,8	12,5	HYDRAULIC ¹
LENHA E CARVÃO VEGETAL	13,2	13,1	12,7	12,0	11,6	10,1	9,7	9,5	9,1	8,3	FIREWOOD AND CHARCOAL
DERIVADOS DA CANA-DE-AÇÚCAR	13,5	13,8	14,6	15,9	17,0	18,1	17,5	15,7	15,4	16,1	SUGAR CANE PRODUCTS
OUTRAS RENOVÁVEIS	2,8	2,9	3,0	3,2	3,4	3,9	3,9	4,1	4,0	4,2	OTHERS
TOTAL	100,0	TOTAL									

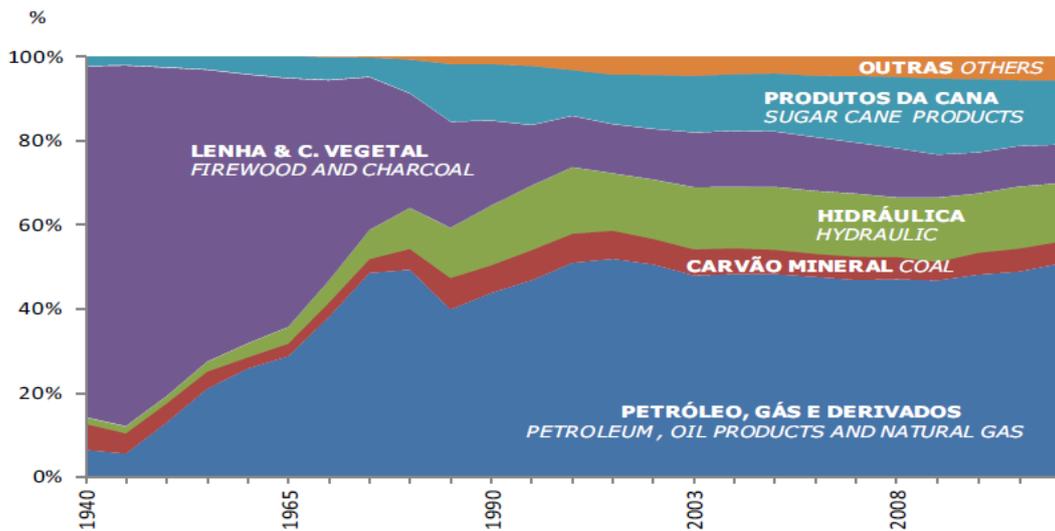
¹ Inclui importação de eletricidade oriunda de fonte hidráulica. 1 kWh = 860 kcal (equivalente térmico teórico - primeiro princípio da termodinâmica). Ver Anexo VI.6 - Tratamento das informações. / ¹ Includes electricity imports originated from hydraulic sources. 1 kWh = 860 kcal (physical equivalent - First Principle of Thermodynamics). Look Appendix VI.6.

Fonte: EPE. Balanço energético nacional (2014).

A Tabela 1 também permite observar a expressiva participação de fontes renováveis, sendo que de acordo com o Balanço Energético Nacional de 2013, 85% da eletricidade no Brasil é de origem renovável, considerando-se também as importações dessa natureza.

A Figura 1 a seguir apresenta a evolução da participação das fontes de energia no total da oferta interna. Nesta é possível acompanhar a trajetória e substituição entre as fontes disponibilizadas.

Figura 1 - Oferta interna de energia por fonte – 1940-2013



Fonte: EPE. Balanço energético nacional (2014).

Em relação ao que é ofertado, percebemos uma tendência de aumento da participação do petróleo, gás e derivados, atingindo 50,7% em 2012. Historicamente, lenha e carvão vegetal tiveram a maior perda relativa. Ou seja, observa-se uma clara substituição dessas últimas, não somente pelo petróleo e seus derivados, mas também por derivados da cana e energia hidráulica. Apesar de, de acordo com o BEN (2014), quase 14% do petróleo e mais de 42% do gás natural utilizados no Brasil estarem elevando a dependência externa em 2013, a oferta interna de energia vem crescendo em petróleo, gás natural e derivados. Percebe-se assim a evolução da estrutura energética do país.

3.1.2 Demanda de energia

Os dados da tabela a seguir mostram que no consumo de energia por fonte também ocorreu substituição da lenha principalmente por derivados de petróleo, eletricidade e bagaço de cana. Claramente o maior crescimento foi dos derivados de petróleo, com destaque para gasolina e óleo diesel.

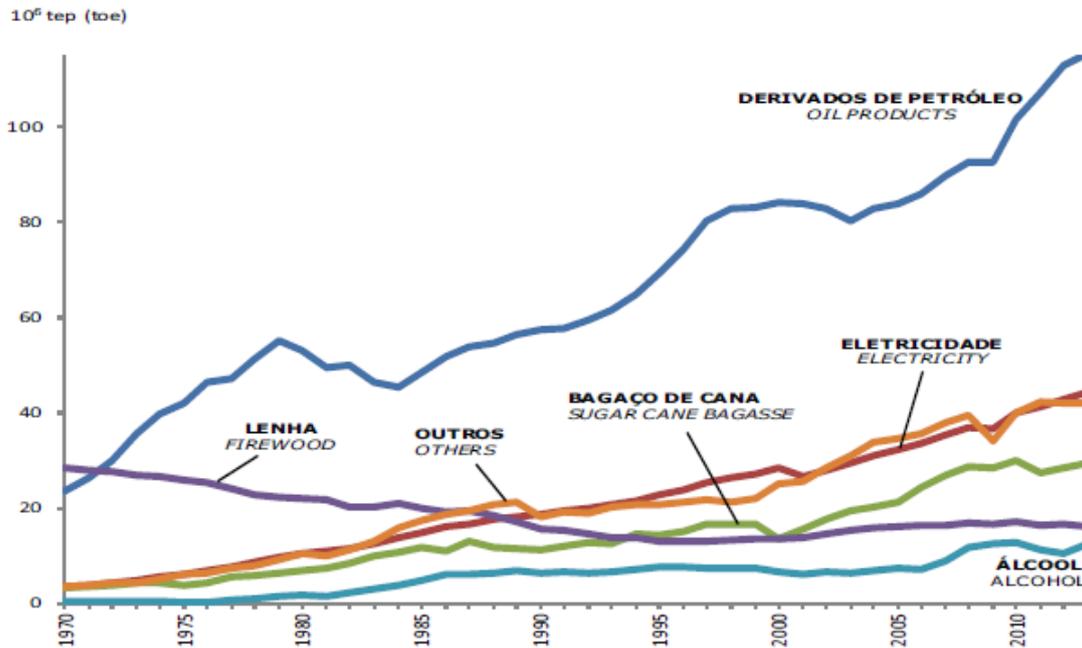
Tabela 2 - Consumo final da energia por fonte – 2004-2013

FONTES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	SOURCES
GÁS NATURAL	6,4	6,9	7,1	7,2	7,4	6,9	7,0	7,3	7,2	7,1	NATURAL GAS
CARVÃO MINERAL	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,1	1,3	1,5	1,4	1,4	COAL COKE
LENHA	8,3	8,2	8,1	7,6	7,5	7,5	7,1	6,7	6,5	6,2	FIREWOOD
BAGAÇO DE CANA	10,6	10,8	12,0	12,4	12,7	12,9	12,5	11,1	11,2	11,3	SUGAR CANE BAGASSE
OUTRAS FONTES PRIMÁRIAS	2,1	2,2	2,3	2,3	2,3	2,5	2,5	2,5	2,3	2,4	OTHER PRIMARY SOURCES
GÁS DE COQUERIA	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	COKE OVEN GAS
COQUE DE CARVÃO MINERAL	3,6	3,3	3,0	3,1	3,0	2,4	3,1	3,3	3,2	3,0	COAL COKE
ELETRICIDADE	16,2	16,5	16,6	16,5	16,3	16,6	16,6	16,8	16,9	17,1	ELECTRICITY
CARVÃO VEGETAL	3,3	3,2	3,0	2,9	2,7	1,8	1,9	2,0	1,8	1,6	CHARCOAL
ÁLCOOL ETÍLICO	3,7	3,7	3,4	4,2	5,2	5,7	5,2	4,6	4,2	4,8	ETHYL ALCOHOL
ALCATRÃO	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	TAR
SUBTOTAL DERIVADOS DE PETRÓLEO	43,5	42,9	42,4	41,7	41,0	41,9	42,1	43,6	44,6	44,4	OIL PRODUCTS
ÓLEO DIESEL	17,2	16,7	16,4	16,4	16,7	16,9	17,2	17,7	18,3	18,8	DIESEL OIL
ÓLEO COMBUSTÍVEL	3,4	3,4	3,0	3,0	2,8	2,7	2,0	1,8	1,6	1,6	FUEL OIL
GASOLINA	7,1	7,0	7,2	6,7	6,4	6,7	7,3	8,5	9,7	9,4	GASOLINE
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	3,8	3,6	3,6	3,5	3,4	3,4	3,2	3,3	3,2	3,2	LIQUEFIED PETROLEUM GAS
NAFTA	3,8	3,7	3,6	3,6	3,0	3,3	3,2	3,0	2,9	2,5	NAPHTHA
QUEROSENE	1,3	1,3	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,5	1,5	1,4	KEROSENE
GÁS CANALIZADO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	GASWORKS GAS
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	4,7	4,9	4,8	5,0	4,7	5,0	4,6	4,8	4,5	4,6	OTHER OIL SECONDARIES
PRODUTOS NÃO-ENERGÉTICOS DE PETRÓLEO	2,2	2,3	2,7	2,3	2,7	2,6	3,2	3,1	3,0	3,0	NON-ENERGY OIL PRODUCTS
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

Fonte: EPE. Balanço energético nacional (2014).

As fontes de consumo final mais elevado, citadas anteriormente como objeto de análise deste trabalho, são historicamente utilizadas de modo intensivo, e apesar de oscilações, na média sua participação cresceu no período apresentado. Esse comportamento pode ser observado na Figura 2 a seguir.

Figura 2 - Consumo final da energia por fonte – 1970-2013



Fonte: EPE. Balanço energético nacional (2014).

Observando separadamente o consumo final de energia por setor da economia para o ano de 2013, nota-se que transportes e indústria utilizam juntos mais de 65% da energia. O transporte rodoviário consome quase 30% dos 32% totais empregados pelo setor ao qual pertence. Isso reflete o fato de o Brasil utilizar este modal de transporte intensivamente. Dentro da categoria indústria, mais de 15% da energia, em 2013, foi direcionada para alimentos e bebidas, ferro-gusa e aço. Destaca-se o fato de o próprio setor energético demandar 10% do total em 2013, acima do que se atribui às residências (9,1%). A participação do consumo final energético tem se mantido relativamente constante ao longo do período observado, em no mínimo 93%. Desta, mais de um terço é empregada em processos produtivos, da indústria e da agropecuária., ou seja, estão envolvidos de forma mais direta nos processos de geração de bens.

Tabela 3 - Consumo final da energia por setor – 2004-2013

IDENTIFICAÇÃO											%
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	IDENTIFICATION
CONSUMO FINAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	FINAL CONSUMPTION
CONSUMO FINAL NÃO-ENERGÉTICO	6,8	6,8	7,1	6,6	6,5	6,8	7,3	6,8	6,7	6,3	FINAL NON-ENERGY CONSUMPTION
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO	93,2	93,2	92,9	93,4	93,5	93,2	92,7	93,2	93,3	93,7	FINAL ENERGY CONSUMPTION
SETOR ENERGÉTICO	8,6	9,0	9,3	9,8	10,9	10,8	10,1	9,0	9,0	10,0	ENERGY SECTOR
RESIDENCIAL	11,2	11,2	10,9	10,3	10,1	10,5	9,8	9,5	9,4	9,1	RESIDENTIAL
COMERCIAL	2,7	2,8	2,8	2,8	2,7	2,9	2,8	2,9	3,0	3,1	COMMERCIAL
PÚBLICO	1,7	1,8	1,7	1,7	1,6	1,7	1,5	1,5	1,5	1,5	PUBLIC
AGROPECUÁRIO	4,3	4,3	4,2	4,2	4,4	4,3	4,2	4,1	4,1	4,1	AGRICULTURE AND LIVESTOCK
TRANSPORTES - TOTAL	27,1	27,0	26,5	27,0	27,8	28,6	28,9	30,1	31,2	32,0	TRANSPORTATION - TOTAL
RODOVIÁRIO	24,8	24,6	24,2	24,6	25,4	26,1	26,5	27,6	28,7	29,6	HIGHWAYS
FERROVIÁRIO	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	RAILROADS
AÉREO	1,3	1,3	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,5	1,5	1,4	AIRWAYS
HIDROVIÁRIO	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	WATERWAYS
INDUSTRIAL - TOTAL	37,5	37,2	37,5	37,7	36,1	34,5	35,5	36,1	35,1	33,9	INDUSTRIAL - TOTAL
CIMENTO	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,7	2,1	2,0	2,0	CEMENT
FERRO-GUSA E AÇO	9,1	8,7	8,1	8,2	7,8	5,9	6,8	7,1	6,7	6,3	PIG-IRON AND STEEL
FERRO-LIGAS	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	IRON-ALLOYS
MINERAÇÃO E PELOTIZAÇÃO	1,3	1,4	1,4	1,5	1,4	1,0	1,3	1,4	1,3	1,2	MINING/ PELLETIZATION
NÃO-FERROSOS E OUTROS DA METALURGIA	2,8	2,8	2,8	2,8	2,6	2,4	2,7	2,9	2,8	2,7	NON-FERROUS/OTHER METALLURGICAL
QUÍMICA	3,7	3,6	3,6	3,6	3,2	3,3	3,0	3,0	2,9	2,7	CHEMICAL
ALIMENTOS E BEBIDAS	9,2	9,2	9,9	9,9	9,1	9,8	9,6	9,4	9,5	9,0	FOODS AND BEVERAGES
TÉXTIL	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	TEXTILES
PAPEL E CELLULOSE	3,8	3,9	4,0	4,0	4,0	4,2	4,2	4,1	4,0	4,1	PAPER AND PULP
CERÂMICA	1,7	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	CERAMICS
OUTROS	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,0	3,2	3,0	3,1	OTHERS
CONSUMO NÃO-IDENTIFICADO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	UNIDENTIFIED CONSUMPTION

Fonte: EPE. Balanço energético nacional (2014).

A seguir são apresentadas informações de consumo de energia por fonte e por setor. De acordo com o Balanço Energético Nacional, quase 70% da demanda energética do setor energético é composta por bagaço de cana e gás natural, devido às suas possibilidades de utilização. Quanto ao setor comercial, 90% da energia

consumida em 2013 se classifica como eletricidade. As características do setor já indicariam esta natureza de consumo, pois suas atribuições não são de produção efetiva de bens ou transformação de materiais, o que normalmente requer diferentes fontes de energia. Áreas como a indústria, que veremos adiante, necessitam de maior diversificação energética, por conta dos processos contemplados no setor.

Tabela 4 - Consumo do setor comercial – 2004-2013

FONTES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	% SOURCES
GÁS NATURAL	4,2	4,3	4,7	4,6	2,8	3,0	3,0	2,6	2,5	2,2	NATURAL GAS
LENHA	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	FIREWOOD
ÓLEO COMBUSTÍVEL	2,7	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	0,4	0,3	0,3	0,2	FUEL OIL
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	5,5	5,7	5,5	5,1	5,0	2,1	4,4	4,9	5,7	5,2	LIQUEFIED PETROLEUM GAS
ELETRICIDADE	83,0	84,4	84,3	84,8	86,8	89,6	89,1	89,4	89,0	90,0	ELECTRICITY
OUTRAS	3,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	1,8	1,4	1,3	1,2	OTHERS
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

Fonte: EPE. Balanço energético nacional (2014).

O setor público caracteriza-se de forma semelhante ao comercial, tendo atingido 91,8% do seu consumo em energia elétrica, em 2013. A maioria das atividades desempenhadas não tem por fim a produção de bens, como seria o caso da indústria, por exemplo.

Tabela 5 - Consumo do setor público – 2004-2013

FONTES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	% SOURCES
ÓLEO DIESEL	3,8	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	0,3	0,1	0,2	0,1	DIESEL OIL
ÓLEO COMBUSTÍVEL	1,6	1,8	1,6	2,4	2,4	2,4	0,1	0,2	0,2	0,3	FUEL OIL
ELETRICIDADE	79,1	81,6	82,3	81,5	82,0	83,1	87,5	87,4	91,5	91,8	ELECTRICITY
OUTRAS	15,5	14,2	13,4	13,4	12,9	11,9	12,1	12,4	8,0	7,8	OTHERS
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

Fonte: EPE. Balanço energético nacional (2014).

Eletricidade, gás liquefeito de petróleo e lenha representaram 97% do que é consumido pelo setor residencial em 2013. A maior participação fica por conta da eletricidade, com 45,3%. As informações dão indícios de uma possível inelasticidade

de preço da demanda, em relação as fontes mais utilizadas. Além do mais, não há grande possibilidade de substituição entre a maioria das fontes utilizadas, especialmente para este ramo.

Tabela 6 - Consumo do setor residencial – 2004-2013

FONTES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	% SOURCES
GÁS NATURAL	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,4	NATURAL GAS
LENHA	37,8	37,7	37,5	35,1	33,9	32,6	30,9	28,0	27,2	24,2	FIREWOOD
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	27,3	26,2	25,8	26,5	26,6	26,4	26,7	27,4	26,9	27,5	LIQUEFIED PETROLEUM GAS
QUEROSENE	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	KEROSENE
GÁS CANALIZADO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	GASWORKS GAS
ELETRICIDADE	31,6	32,8	33,4	35,1	36,2	37,4	39,1	41,4	42,6	45,3	ELECTRICITY
CARVÃO VEGETAL	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,5	2,2	2,1	2,0	1,7	CHARCOAL
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

Fonte: EPE. Balanço energético nacional (2014).

Em 2013 no setor agropecuário, 80% do consumo de energia foi de óleo diesel e lenha. Em comparação com os setores anteriormente comentados, este utilizou 19,5% de energia elétrica no ano referido. Como este setor tem participação relevante no consumo total, justifica a presença significativa da lenha na demanda total.

Tabela 7 - Consumo do setor agropecuário – 2004-2013

FONTES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	% SOURCES
LENHA	25,7	26,1	26,2	26,0	25,6	25,2	25,1	24,4	23,3	24,8	FIREWOOD
ÓLEO DIESEL	57,6	56,6	56,1	56,3	57,3	57,7	57,5	56,6	56,8	55,2	DIESEL OIL
ELETRICIDADE	15,5	16,1	16,5	16,6	16,0	15,9	16,2	18,4	19,3	19,5	ELECTRICITY
OUTRAS	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,1	0,5	0,6	0,6	OTHERS
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

Fonte: EPE. Balanço energético nacional (2014).

Na área de transportes o óleo diesel também é altamente significativo, sendo responsável por mais de 45% do fornecimento de energia para ano de 2013. Como esperado, a gasolina automotiva e o álcool etílico também são muito utilizados, somando mais de 40% do total consumido no período. Juntos, óleo diesel e gasolina automotiva representam mais de 75% do consumo total, o que é um indicativo da natureza dos meios transportes mais utilizados.

Ressalta-se o crescimento do biodiesel e do álcool etílico como participação no total empregado em transportes, no período de 2004 a 2013. Embora o óleo diesel tenha apresentado redução, a gasolina automotiva ganhou espaço. Desta forma o impacto ambiental permanece acima do que poderia, caso outros combustíveis fossem mais intensivamente empregados.

Tabela 8 - Consumo do setor transportes – 2004-2013

FONTES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	%
											SOURCES
ÓLEO DIESEL	52,3	51,1	51,1	49,6	48,3	47,1	46,6	46,2	45,7	46,2	DIESEL OIL
BIODIESEL	0,0	0,0	0,1	0,6	1,2	1,7	2,3	2,4	2,4	2,4	BIODIESEL
ÓLEO COMBUSTÍVEL	1,5	1,5	1,4	1,6	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2	1,2	FUEL OIL
GASOLINA AUTOMOTIVA	26,2	25,8	26,9	24,6	23,1	23,3	25,1	28,2	30,9	29,3	GASOLINE
QUEROSENE	4,5	4,8	4,4	4,5	4,5	4,5	4,6	4,8	4,8	4,3	KEROSENE
ÁLCOOL ETÍLICO	12,5	13,2	11,9	14,8	17,5	18,7	17,3	14,5	12,5	14,3	ETHYL ALCOHOL
OUTRAS	3,0	3,5	4,1	4,2	3,7	3,2	2,8	2,6	2,4	2,2	OTHERS
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

Fonte: EPE. Balanço energético nacional (2014).

Dentre os setores observados, o industrial é o mais diversificado, por incorporar a transformação e produção de itens de diversas naturezas. Assim se utiliza de insumos variados. Apesar disso, podemos ressaltar a participação mais expressiva da eletricidade e do bagaço de cana, enquanto fontes de energia empregadas.

No período, Gás natural, lenha e bagaço de cana tiveram aumento da participação, ao mesmo tempo óleo combustível, coque de carvão mineral e carvão vegetal tornaram-se menos relevantes. A indústria apresenta tendências de

emprego das fontes de energia, semelhantes ao consumo total, por ser responsável por grande parcela deste.

Tabela 9 - Evolução do consumo por fonte 2004/13: Setor industrial

FONTES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	% SOURCES
GÁS NATURAL	9,3	9,9	9,9	10,0	10,4	9,5	10,8	11,3	11,1	11,0	NATURAL GAS
CARVÃO MINERAL	4,0	3,9	3,6	3,7	3,8	3,2	3,8	4,2	4,0	4,1	STEAM COAL
LENHA	7,7	7,7	7,6	7,5	8,0	8,6	8,4	8,3	8,4	8,7	FIREWOOD
BAGAÇO DE CANA	17,9	18,0	20,1	19,9	18,9	21,2	20,2	19,1	20,1	19,5	SUGAR CANE BAGASSE
OUTRAS FONTES PRIM. RENOVÁVEIS	5,6	5,8	6,1	6,1	6,5	7,3	7,1	6,9	6,7	7,2	OTHER RENEWABLE PRIMARY SOURCES
ÓLEO COMBUSTÍVEL	6,2	6,1	5,3	5,2	4,9	4,9	3,8	3,3	3,0	3,0	FUEL OIL
GÁS DE COQUERIA	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,5	1,5	1,4	1,4	GAS COKE
COQUE DE CARVÃO MINERAL	9,5	8,8	8,1	8,3	8,2	7,0	8,8	9,3	9,0	8,8	COAL COKE
ELETRICIDADE	20,7	20,7	20,7	20,4	20,8	21,1	20,4	20,3	20,3	20,5	ELECTRICITY
CARVÃO VEGETAL	8,1	7,8	7,2	7,0	6,9	4,3	4,7	4,8	4,5	4,1	CHARCOAL
OUTRAS	9,5	9,9	9,9	10,7	10,5	11,6	10,6	11,3	11,3	11,6	OTHERS
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

Fonte: EPE. Balanço energético nacional (2014).

3.1.3 Relação externa

Apesar de ter grande potencial energético, em parte efetivamente empregado, o país depende de energia do exterior. Muito em razão da natureza energética de suas necessidades, pois algumas das fontes de energia empregadas não estão disponíveis, na quantia ou condição adequadas, internamente. Em 2013 mais de 14% do total da energia utilizada foi importado. A diferença entre a produção interna e a demanda por energia tem crescido, desde o ano de 2009. Carvão mineral e gás natural são as fontes de energia nas quais mais dependemos do exterior, seguidas pelo petróleo.

É compreensível que exista a necessidade de comprar energia do exterior, porém ressalta-se a vulnerabilidade que esta condição implica, a exemplo da crise das crises do petróleo na década de setenta.

Os dados a subsequentes permitem uma análise mais detalhada da relação do Brasil com o exterior, em relação ao comércio de energia e autossuficiência.

Tabela 10 - Dependência externa de energia por fonte – 2004-2013

IDENTIFICAÇÃO	UNIDADE/ UNIT	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	SPECIFICATION
TOTAL	10 ³ tep(toe)	27.858	22.644	18.512	19.571	21.788	9.668	20.694	22.132	30.889	43.151	TOTAL
	%	12,8	10,1	8,0	8,0	8,4	3,9	7,6	7,9	10,7	14,3	
PETRÓLEO	10 ³ bep(boe)) ¹	165	34	-18	19	41	-110	-55	28	187	339	PETROLEUM
	%	9,6	1,9	-1,0	1,0	2,1	-5,7	-2,6	1,3	7,9	13,8	
GÁS NATURAL	10 ³ m ³	8121	9016	9214	10314	11691	8328	12639	10806	13197	17095	NATURAL GAS
	%	41,1	42,5	41,0	44,8	43,5	38,3	43,9	37,6	38,8	42,8	
CARVÃO MINERAL	10 ³ t	16.127	15.440	14.898	16.439	17.210	12.896	17.710	20078	18.077	19.937	COAL
	%	73,5	71,6	69,4	73,5	76,8	71,2	75,6	80,0	70,8	71,1	
ELETRICIDADE	GWh	37.385	39.042	41.164	38.832	42.211	39.666	34.648	35886	40.254	39.867	ELECTRICITY
	%	8,8	8,8	8,9	8,0	8,4	7,8	6,3	6,3	6,8	6,5	

Nota: valores negativos correspondem a exportação líquida. / Note: Negative values corresponds to net exports.

¹ Diferença entre a demanda interna de energia (inclusive perdas de transformação, distribuição e armazenagem) e a produção interna. / ¹ Difference between Domestic Energy Demand (including losses in transformation, distribution and storage) and Domestic Production.

Fonte: EPE. Balanço energético nacional (2014).

Petróleo e derivados somam a maioria das importações em energia, medidas em toe. Em contrapartida o país também exporta energia. Petróleo e derivados também são a maioria das importações em energia.

O resultado líquido das exportações e importações de energia revela uma inversão no comportamento para o petróleo. No período, 2004 a 2013, o Brasil passou de importador para exportador líquido de petróleo. De acordo com a contabilidade do BEN os valores sem sinal significam importações líquidas, enquanto com sinal negativo exportações líquidas.

Tabela 11 - Exportações/Importações líquidas de energia – 2004-2013

FONTES	10 ³ tep (toe)										SOURCES
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
PETRÓLEO	11.350	3.537	-1.723	-298	-2.684	-7.771	-15.135	-14.082	-9.753	-138	OIL
GÁS NATURAL	7.116	7.918	8.614	9.094	9.986	7.362	11.130	9.223	11.602	14.926	NATURAL GAS
CARVÃO METALÚRGICO / VAPOR	9.665	9.407	9.187	10.218	10.544	8.626	10.867	12.165	11.154	12.043	METALLURGICAL COAL/STEAM COAL
COQUE DE CARVÃO MINERAL	1.412	1.202	1.036	1.088	1.311	300	1.243	1.478	1.098	1.308	COAL COKE
URÂNIO	6.134	7.487	5.943	3.497	3.919	3.737	4.945	3.287	10.376	3.935	URANIUM
ELETRICIDADE	3.215	3.358	3.540	3.340	3.630	3.411	2.980	3.086	3.462	3.429	ELECTRICITY
ALCOOL ETÍLICO	-1.154	-1.286	-1.817	-1.862	-2.704	-1.713	-945	-416	-1.310	-1.475	ETHYL ALCOHOL
LENHA / CARVÃO VEGETAL	16	49	94	9	0	1	1	0	0	0	FIREWOOD/CHARCOAL
SUBTOTAL DERIVADOS DE PETRÓLEO	-4.113	-3.263	-2.354	-983	1.431	167	9.418	11.272	12.002	10.710	TOTAL OIL PRODUCTS
ÓLEO DIESEL	1.467	1.628	1.872	2.794	3.623	1.277	6.328	6.973	7.570	7.628	DIESEL OIL
ÓLEO COMBUSTÍVEL	-9.526	-8.234	-8.729	-7.976	-8.227	-7.156	-7.812	-8.222	-8.494	-8.391	FUEL OIL
GASOLINA	-1.518	-2.024	-2.058	-2.846	-2.001	-1.930	-201	1.439	2.799	1.477	GASOLINE
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	1.110	486	948	1.082	1.333	1.550	1.903	2.045	1.725	2.005	LIQUEFIED PETROLEUM GAS
NAFTA	3.429	3.600	3.470	3.672	3.512	3.920	5.136	5.454	5.380	5.261	NAPHTHA
QUEROSENE	-1.039	-850	-713	-670	-385	-630	-396	-686	-718	-916	KEROSENE
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	1.915	1.771	2.099	2.552	2.808	2.644	3.227	3.633	2.953	2.933	OTHER OIL PRODUCTS
PRODUTOS NÃO-ENERGÉTICOS DE PETRÓLEO	47	360	757	408	769	492	1.233	635	787	713	NON-ENERGY OIL PRODUCTS
TOTAL	33.640	28.409	22.520	24.103	25.434	14.119	24.504	26.014	38.630	44.739	TOTAL

Notas: Quantidades sem sinal correspondem a importações líquidas. Quantidades negativas correspondem a exportações líquidas.

Note: Quantities without signs correspond to net imports. Negative quantities correspond to net exports.

Fonte: EPE. Balanço energético nacional (2014).

3.2 Plano Nacional De Energia 2030 e Matriz Energética Nacional 2030

Em 2007, após as crises políticas, causadas pela fragilidade do país em atender sua demanda, o governo iniciou um programa de planejamento energético. Seu objetivo era conduzir as políticas públicas de forma a estabelecer estratégias de segurança e qualidade energética. Além de não ter grande dependência do exterior em uma área nevrálgica como a energia, o país precisava utilizar seus recursos de forma eficiente. O planejamento então estabelecido conta principalmente com dois documentos centrais: o Plano nacional de energia e a Matriz Energética Nacional. Ambos estão pensados até o ano de 2030.

3.2.1 Plano nacional de energia

O Plano Nacional de Energia (2007) possibilita projetar demanda e oferta de energia traçando estratégias e políticas, desta forma assegurando o crescimento nacional. Tenta ter atenção com o aspecto socioambiental e tecnológico, juntamente com as mudanças que podem ocorrer nestes sentidos, durante o período para o qual o plano foi idealizado. Várias decisões já foram tomadas com base nesta alternativa de planejamento. A escolha de reativar o programa de expansão da geração de energia nuclear é um exemplo. A avaliação do potencial da Amazônia, no sentido hídrico, também teve participação do plano.

A construção do plano, iniciado em 2006, foi baseada em diversas frentes, governo, iniciativa privada e universidades, tentando assim conciliar interesses. As pesquisas da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), uma estatal que está à serviço do Ministério de Minas e Energia, serviram de base para grande parte do trabalho.

Alguns dados do plano são interessantes de destacar, para entender seus objetivos. Entre os anos de 2005 e 2030 é esperado um crescimento anual do consumo final, da magnitude de 3,7%. Ao mesmo tempo a intensidade energética do PIB apresenta tendência de queda desde meados de 2010. A intensidade energética é um indicador de eficiência energética que demonstra a influência do consumo final

de energia no PIB. Quanto menor este for, maior a eficiência. Também, o consumo final por fonte de energia deve apresentar queda na utilização do carvão vegetal e derivados de petróleo. Eletricidade, biodiesel, produtos de cana e gás natural devem atingir maior participação no consumo final. Quando olhamos o consumo final por setor, a indústria apresenta queda na participação, o que de acordo com a literatura pode ser um sinal de maior grau de evolução do país, devido aos seus métodos tecnológicos e pelas opções feitas entre as diferentes fontes de energia.

Oreiro e Feijó (2010) abordam o processo de desindustrialização no Brasil, discutindo se realmente há ocorrência de redução da participação da indústria no emprego total do país. Ou seria efeito da modernização consequente da abertura comercial e apreciação do câmbio real. Isso se deve a eficiência energética das fontes ser diferente. No geral, pode-se observar maior diversificação da matriz energética, sem que as fontes renováveis percam espaço, até mesmo aumentando sua participação. Uma questão que se destaca é a consolidação da autossuficiência em petróleo, ao mesmo tempo, é previsto o crescimento nominal da importação de gás natural. O crescimento do emprego da energia elétrica com a redução da participação das hidrelétricas é outro resultado estimado (EPE, 2007).

3.2.2 Matriz Energética Nacional 2030

O documento “Matriz Energética Nacional” simula diferentes cenários de mercado e avalia os efeitos destes, como gargalos de infraestrutura, vulnerabilidades sistêmicas, riscos ambientais, oportunidades de negócios, impactos de políticas públicas, entre outros. Neste documento são definidas matrizes energéticas para os anos de 2005, 2010, 2020 e 2030. Este documento, de responsabilidade do Ministério de Minas e Energia, serviu de referência também no momento de especificação do modelo econométrico para a estimação de demanda de energia.

De acordo com a matriz energética nacional, ocorrerá uma redução do consumo relativo final por parte da indústria. Já os serviços devem aumentar a presença, percentualmente, no consumo final de energia. São projetados quatro

cenários para a intensidade energética. No mais pessimista deles o índice passa a declinar apenas após 2020. O mais otimista dos cenários vê o declínio do índice iniciando por volta de 2010. Enquanto fontes de consumo final, os derivados de petróleo devem perder participação, enquanto principalmente a eletricidade e os produtos de cana ganham espaço. A produção de etanol está prevista para superar em muito o consumo, deixando margem para novas políticas. É interessante comentar a previsão de aumento da dependência líquida energética, o que de certa forma parece fugir do planejamento. Não que este seja pensado no sentido de fechar a economia ou obter autonomia total, mas a dependência externa pode fragilizar em momento de crise internacional, como ocorreu com os choques do petróleo. Essas situações críticas registradas na história são justamente as motivações para o esforço de planejamento e estratégia para o desenvolvimento energético do país. Este aumento da dependência externa pode ser reflexo da autossuficiência em algumas fontes de energia, como o petróleo, favorecendo assim a especialização relativa das fontes de energia utilizadas. Relativa, pois é previsto que a diversificação da matriz energética nacional permaneça.

Foi possível neste capítulo perceber que a matriz energética brasileira possui considerável participação de energias renováveis, no entanto os derivados de petróleo tem apresentado considerável aumento tanto na oferta quanto na demanda. Há substituição da lenha por petróleo e produtos de cana. A eletricidade, que conta com a energia limpa das hidrelétricas, também tem apresentado crescimento no consumo.

Percebemos que a intenção é direcionar a matriz energética para fontes menos agressivas ao meio ambiente, ao mesmo tempo em que se reduz a necessidade de compra externa. Ainda, é esperada diversificação no tipo de energia consumida e nos setores que relativamente demandam em maior quantidade, pois os serviços tem tendência de crescimento no longo prazo.

4 METODOLOGIA, ESTIMAÇÃO E RESULTADOS

O objetivo deste capítulo será mostrar os aspectos relacionados ao método de estimação a fim de estimar as citadas elasticidades para a demanda por energia. Portanto, será conveniente entender os conceitos como: a) estacionariedade e regressão espúria, b) raiz unitária, c) co-integração.

4.1 Estacionariedade e Regressão Espúria

Gujarati (2006) afirma que um processo é dito estacionário se a sua média e a sua variância são constantes ao longo do tempo e quando o valor da covariância entre dois períodos de tempo depende apenas da distância, intervalo ou da defasagem, e não do próprio tempo em que a covariância é calculada. Conhecida também como “estacionariedade fraca”.

De acordo com Bueno (2011), existem três condições para que um processo estocástico seja fracamente estacionário:

- a) o segundo momento não centrado deve ser finito mesmo sendo desigual em diferentes períodos;
- b) a média é igual para todo período independente de alteração ao longo do tempo da distribuição da variável aleatória;
- c) a variância é sempre igual para todo período e autocovariância não depende do tempo, mas da distância temporal entre as observações.

O autor afirma, também, que uma série temporal é estacionária quando a sua média, variância e autocovariância permanecem inalteradas, ou seja, elas não variam com o tempo. Portanto, esse tipo de série temporal tem tendência a voltar para sua média.

Na literatura, segundo Gujarati (2006), são destacados dois testes informais que são a análise gráfica e teste de correlograma:

a) Análise Gráfica: os gráficos dão uma ideia inicial da provável natureza da série temporal. Assim, essa percepção intuitiva é o ponto de partida de testes de estacionariedade mais formais.

b) Teste de Correlograma: um teste simples de estacionariedade é baseado na chamada função de autocorrelação. Portanto, se o correlograma de uma série temporal efetiva é parecido ao correlograma de uma série temporal de ruído branco, pode se dizer que esta série temporal é, provavelmente, estacionaria.

Muitas vezes ao estimarmos uma relação entre séries temporais, supomos que as mesmas são estacionárias. Mas o que acontece se elas não forem estacionárias (exibirem fortes tendências)? O resultado pode ser o que se é conhecido por uma regressão espúria. A regressão espúria é o resultado da regressão de uma série temporal contra outra série temporal ambas não estacionárias.(GUJARATI, 2006). O fenômeno da regressão espúria ou da regressão sem sentido foi descoberta, inicialmente, por Yule. Segundo Gujarati (2006), Yule mostrou que, em séries temporais não-estacionarias, a correlação espúria pode persistir mesmo quando a amostra é muito grande. Assim, para se evitar tal fenômeno é necessária que sejam testadas as estacionariedade das séries para evitar tal problema.

4.2. Raiz Unitária

O teste formal mais conhecido na literatura é teste de raiz unitária de Dickey e Fuller (1979, 1981). Intuitivamente, o teste consiste em verificar se o coeficiente estimado para um processo AR1 (processo autorregressivo de primeira ordem), é igual a um (tem raiz unitária), contra a hipótese alternativa de rejeição da primeira hipótese. O termo raiz unitária se refere à raiz do polinômio no operador de defasagem (GUJARATI, 2006). O teste da raiz unitária se tornou popular nos últimos anos, pois permite a verificação da estacionariedade (ou não-

estacionariedade)(GUJARATI, 2006). Dickey e Fuller (1979, 1981) foram os primeiros a desenvolver testes para verificação de existência de raízes unitárias. No entanto, o primeiro teste Dickey-Fuller apresentava uma dificuldade a medida que Dickey e Fuller (1979) levaram em consideração o erro como um ruído branco, enquanto que, frequentemente, o erro deve ser considerado como um processo estacionário qualquer. Por isso, para evitar distorções se usa convencionalmente o segundo teste, chamado de teste de Dickey-Fuller aumentado. (BUENO, 2011).

O teste de Phillips – Perron (P-P) é uma generalização do teste de Dickey – Fuller, utilizada quando os erros são correlacionados e heterocedásticos. O teste , que segue a mesma distribuição da estatística do teste ADF, é aplicado porque na presença de autocorrelação serial, é preciso considerar também as autocovariâncias dos resíduos.

Enquanto o teste ADF apresenta poder muito baixo, tendo um viés de aceitar a hipótese nula, o teste PP tem distorções de tamanho em amostras finitas. O nível de significância desejado e o efetivo podem divergir. Assim, há viés a rejeitar a hipótese nula. Em pequenas amostras ambos não conseguem distinguir um processo estacionário de um quase estacionário, pois a informação nesses casos pode ser insuficiente a tomada de decisão.

4.3 Co-integração

A despeito da não estacionariedade das séries, ou seja, mesmo se as séries apresentarem raiz unitária, se essas co-integrarem, então pode-se confiar nas inferências estatísticas da regressão estimada por MQO. Bueno (2011) afirma que o teste de co-integração de Engle e Granger (1987) é indicado para ser feito sobre uma única equação, mas é preciso saber nas quais equações devem ser testadas constitui um problema a ser resolvido.

Portanto, a metodologia consiste em estimar a relação de longo prazo e armazenar os resíduos, e se as variáveis se revelarem cointegradas, então os resíduos serão estacionários. Pode se afirmar então que afinal, o objetivo é de

aplicar o teste de raiz unitária nos resíduos (BUENO, 2011). Quando uma regressão não é espúria, pode se afirmar que as variáveis são co-integradas.(GUJARATI, 2006)

Granger (1986¹ apud GUJARATI, 2006), afirma que pode se pensar em teste de co-integração como um pré-teste para evitar situações de regressão espúria. Portanto, segundo Gujarati (2006), existem vários métodos para testar a co-integração propostos na literatura, no entanto, limita-se a examinar dois métodos simples:

a) o teste de raiz unitária de Dickey-Fuller que se aplica aos resíduos estimados da regressão co-integrante;

b) a regressão co-integrante de Durbin-Watson;

O método para testar co-integração a ser utilizado neste trabalho é o de Engle e Granger, que consiste, basicamente, em verificar a ordem de integração das séries e, caso elas sejam I(1), estacionárias em primeira diferença, verificar se o resíduo da regressão é I(0).

4.4. Estimação

O procedimento estatístico a ser realizado para cálculo da elasticidade energia-PIB com os dados brasileiros, conta com a estimação de uma equação linear logarítmica para a demanda de cada fonte de energia que se pretende investigar. Exemplo de equação a ser estimada:

$$\text{LogDFonte} = \alpha + \beta_1 \text{LogPIB} + \beta_2 \text{LogPreço} + \epsilon \quad (03)$$

Onde:

LogDFonte = logaritmo da demanda de energia por fonte.

¹ GRANGER - Econometria Básica. Gujarati, D. N. Elsevier Brasil. Rio de Janeiro. 2006 4ªed.

LogPIB = logaritmo do PIB.

Log Preço = logaritmo do preço

A variável a ser explicada será a demanda de energia, enquanto as explicativas sejam PIB, preços (quando disponíveis), renda disponível, utilização da capacidade instalada e tarifa média. Este procedimento deve ser realizado para as fontes de energia mais expressivas, citadas anteriormente, com o objetivo de encontrar a influência que o PIB tem na demanda de cada fonte.

A estimativa da demanda de energia (total) é o principal objetivo deste trabalho. Uma vez que, diante da tendência de crescimento do país, surge a preocupação com o aumento, paralelamente da disponibilidade de energia. Nas últimas décadas surgiram discussões em relação da capacidade de prover a energia necessária, motivadas eventos de falta de energia, como os apagões em 2001/2002 e o recorrente baixo nível dos reservatórios das hidrelétricas. Desta forma o governo possui planos de expansão de oferta de energia e projeções de crescimento do consumo.

4.4.1 Dados e fonte

A seguir apresenta-se a tabela 12 que mostra as variáveis utilizadas, de onde foram obtidas e se passaram por alguma alteração:

Tabela 12 - Fonte dos dados e período utilizado (continua).

Variável trimestral	Fonte
Consumo final energia - comércio - qde. - Tep (mil)	MMM - BEN
Consumo final energia - indústria - qde. - Tep (mil)	MMM - BEN
Consumo final energia - residência - qde. - Tep (mil)	MMM - BEN
Utilização da capacidade instalada - indústria - dessaz. - (%)	Confederação Nacional da Indústria
IGP-DI - geral - índice (ago. 1994 = 100)	FGV
Deflacionado pelo igp di para 2010:	
PIB - preços de mercado - índice encadeado - dessaz. (média 1995 = 100)	IBGE
Consumo - energia elétrica - residência - tarifa média por MWh - R\$	Eletrobras/ANEEL
Consumo - energia elétrica - indústria - tarifa média por MWh - R\$	Eletrobras/ANEEL
Consumo - energia elétrica - comércio - tarifa média por MWh - R\$	Eletrobras/ANEEL
PIB - indústria - R\$ (milhões)	IBGE
PIB - serviços - comércio - R\$ (milhões)	IBGE
Renda disponível bruta - R\$ (milhões)	IBGE

(continua)

(continuação)

Variável anual	Fonte
PIB (preços 2013) - R\$ de 2013 (milhões). Utilizou-se IGP-DI para empregar os valores em reais de 2010.	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)
Inflação - Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI) - (% a.a.)	FGV
Consumo final por fonte (10 ³ tep)	Ministério de Minas e Energia, Balanço Energético Nacional
Tarifa anual R\$	Média geométrica da tarifa mensal. No período 2000/2002 a série foi completada com média geométrica das tarifas médias de indústria, comércio e residência.
PIB - indústria - valor adicionado - preços básicos - R\$ (milhões)	IBGE
PIB - serviços - comércio - valor adicionado - preços básicos - R\$ (milhões)	IBGE
Renda disponível bruta - R\$ (milhões)	IBGE
PIB transportes 10 ⁶ US\$ppc (2010). (milhões)	BEN Tabela 7.4 - PIB setorial- Empresa de pesquisa energética.
Consumo por fonte de energia	Séries históricas. BEN Tabela 7.10.
Preços correntes de fontes de energia US\$/bep 2	BEN
Preço petróleo importado: Dólar corrente convertido a dólar constante de 2010 pelo IPC (CPI-U) dos Estados Unidos.	BEN
Estados Unidos - IPC - índice (média 2005 = 100)	FMI
Preços das fontes de energia com base em 2010 pelo igp di.	

Fonte: Tabela desenvolvida pela autora (2014).

As informações referentes às equações para demanda total de energia elétrica e por categoria de consumo, têm periodicidade trimestral. Para as equações de demanda de energia por fonte, utilizou-se dados anuais.

Dada a natureza da fonte de dados, alguns testes serão necessários. Para os dados trimestrais se fez a análise visual da série, quando necessário procedemos com a criação de séries dessazonalizadas através de recursos do *software* Eviews. Foi o caso para as demandas de energia, renda disponível e PIB por categoria de consumo. Para o PIB total a série já estava dessazonalizada na base de dados de origem.h

4.5 Resultados

Nesta seção serão apresentados os resultados das estimações das equações de demanda por energia no Brasil. Entretanto, como mostrado anteriormente na metodologia é necessário que se façam os testes de raiz unitária nas séries utilizadas. As séries foram utilizadas na forma logarítmica para que se possa obter a elasticidade.

4.5.1 Testes de raiz unitária

O objetivo é apresentar as estimativas das equações de demanda de energia (tabela 13). O primeiro passo para obter tais estimativas, uma vez que estamos lidando com séries temporais, é proceder com os testes de raiz unitária para verificar se as séries são estacionárias em nível ou diferenciadas. Pois de acordo com Engler e Granger (1987), se as séries forem integradas de mesma ordem, pode-se obter regressões não espúrias, se os resíduos forem estacionários $I(0)$.

De acordo com a revisão de literatura exposta no capítulo 2, percebemos que as variáveis que se apresentam como potenciais variáveis explicativas para a demanda por energia são: PIB, oferta de energia, preço da energia, renda da população. Estas precisam passar pelos testes citados anteriormente e sua capacidade explicativa deve ser avaliada.

Empregou-se o teste de raiz unitária com o objetivo de saber qual a ordem de integração das variáveis. A hipótese nula desse teste considera que a série tem raiz unitária, ou seja, o coeficiente de autocorrelação (ρ) é igual a um, ou seja, $H_0: \rho=1$ contra $H_1: \rho<1$. Nesse sentido são empregados os testes Dickey-Fuller aumentado e o teste Phillips Perron. Neste caso uma diferenciação é necessária para tornar a série estacionária. Deve-se utilizar séries integradas de mesma ordem. Nesse sentido, segue a tabela com os testes de raiz unitária:

Tabela 13 - Testes de raiz unitária

Séries	Testes para I(0)		Testes para I(1)	
	ADF(lag)	P-P	ADF(lag)	P-P
Dtot				
LPIB	-2.477(1)	-2.709 (1)	-7.819 (1)***	-7.720 (1)***
LPRECO_MEDIO	-0.208 (3)	-1.496 (1)	-1.072 (2)***	-9.452 (1)***
Dres				
LRENDA_DISP_SA	-2.690 (1)	-2.840 (1)	-8.967 (1)***	-8.962 (1)***
LPRECO_RESIDEN	-4.39 (8)	-2.258 (1)	-5.013 (2)***	-8.165 (1)***
Dind				
LPIB_IND_SA	-5.357 (2)***	-4.367 (1)	-8.679 (4)***	-1.473 (1)***
LPRECO_IND	-2.410 (2)	-2.228 (1)	-5.293 (2)***	-8.387 (1)***
Dcom				
LPIB_COM_SA	-3.174 (3)	-2.665 (1)	-9.285 (1)***	-9.286 (1)***
LPRECO_COM	-2.405 (2)	-2.221 (1)	-4.993 (2)***	-8149645 (1)***
Fontes				
LPIB_2010	-2.914 (1)	-3.033 (1)	-4.677 (1)***	-4.602 (1)***
LPRECO_2010	-1.973 (1)	-1.818 (1)	-6.220 (1)***	-8.237 (1)***
LP_GAS_NAT	-1.578 (2)	-0.720 (1)	-2.177 (1)	-1.778 (1)
LPETROLEO	-2.343 (1)	-2.647 (1)	-4.838 (1)***	-4.849 (1)***

* Denota a rejeição da hipótese nula ao nível de 1%.

** 5% Denota a rejeição da hipótese nula ao nível de 5%.

*** Denota a rejeição da hipótese nula ao nível de 10%.

Fonte: Tabela desenvolvida pela autora (2014).

Pode-se observar pela tabela 13, que todas as séries, com exceção do preço do gás natural e do PIB industrial dessazonalizado, se mostraram integradas de ordem um, condição necessária para haver co-integração, de acordo com a metodologia de Engler e Granger (1987).

Assumimos as equações como estacionárias de primeira ordem I(1), pois os testes são inconclusivos. As variáveis preço do gás natural e PIB industrial dessazonalizado tornam-se I(1) quando aplicamos os testes apenas com intercepto, sendo que as demais passam pelos testes com intercepto e tendência.

4.5.2 Estimação das equações de demanda por energia por fontes

Na tabela 14 apresentamos as equações estimadas por fontes. Os coeficientes das variáveis estão acompanhados do respectivo erro padrão entre parênteses.

Tabela 14 - Equações de demanda por fonte de energia

Variáveis	Eq 1 - Var.	Eq 2 - Var.	Eq 3 - Var.	Eq 4 - Var.
	Dependente: LALCOOL_ETILICO	Dependente: LBAGACO_CANA	Dependente: LELETRICIDADE	Dependente: LGASOLINA
C	-5.855 (5.273)	-1.394*** (2.690)	2.786 (1.774)	-6.869 (4.409)
LPIB(-2)	0.997*** (0.357)			
LPIB(-1)		1.611*** (0.188)		
LPRECO(-2)		-0.017 (0.067)		
LPIB			0.528*** (0.114)	1.038*** (0.297)
LPRECO				0.150** (0.062)
LP_GAS_NAT(-1)				
LPETROLEO				
AR(1)	0.700*** (0.035)		0.945*** (0.010)	0.861*** (0.056)
AR(2)				
Dummy	-0.276** (0.106)			
R ²	0.976	0.967	0.998	0.942
R ² ajustado	0.974	0.960	0.998	0.937
Durbin-Watson estat.	1.105	1.950	1.991	1.289
ADF resíduo	-3.822**	-5.602***	-5.701***	-4.071**

(continua)

* Denota a rejeição da hipótese nula ao nível de 1%.

** 5% Denota a rejeição da hipótese nula ao nível de 5%.

*** Denota a rejeição da hipótese nula ao nível de 10%.

(continuação)

Variáveis	Eq 5 - Var. Dependente: LGAS_NATURAL	Eq 6 - Var. Dependente: LLENHA	Eq 7 - Var. Dependente: LOLEO_DIESEL	Eq 8 - Var. Dependente: LPETROLEO
C	1.899*(1.021)	5.133**(2.476)	-8.144*** (0.985)	5.471*(2.740)
LPIB(-2)			0.764*** (0.116)	
LPIB(-1)	-0.307 (0.567)			
LPRECO(-2)				
LPIB		0.295*(0.162)		0.401**(0.179)
LPRECO				
LP_GAS_NAT(-1)	0.012 (0.017)			
LPETROLEO			0.641*** (0.145)	
AR(1)	0.981*** (0.012)	0.933*** (0.020)	0.645*** (0.150)	0.923*** (0.058)
AR(2)				
Dummy				
R ²	0.993	0.975	0.991	0.976
R ² ajustado	0.993	0.974	0.990	0.975
Durbin-Watson estat.	1.994	1.402	1.945	1.836
ADF resíduo	-5.912***	-4.325***	-5.539***	-5.479***

* Denota a rejeição da hipótese nula ao nível de 1%.

** 5% Denota a rejeição da hipótese nula ao nível de 5%.

*** Denota a rejeição da hipótese nula ao nível de 10%.

Fonte: Resultados da pesquisa. Tabela desenvolvida pela autora (2014).

Pode-se perceber que as equações atingiram R² ajustado consideravelmente elevado, embora para a lenha, gasolina e álcool o teste de Durbin-Watson tenha mostrado alguma correlação serial dos resíduos. Mesmo assim, os testes de raiz unitária para os resíduos mostraram que todas as equações co-integram. A equação para a demanda por álcool etílico apresentou uma elasticidade-renda de 0,99 o que significa que um aumento de 1% no PIB no tempo t-1 acarreta um aumento de 0,99 % no consumo deste tipo de energia. Já para o bagaço de cana, a elasticidade encontrada é maior, 1,61, o que mostra que este tipo de energia tende a ser mais sensível às variações do PIB em t-1.

Analisando as estimativas, temos que caso o PIB se eleve em 1% a demanda por eletricidade aumentará 0,528%, ou seja, está é consideravelmente sensível à variável em questão.

O coeficiente associado ao petróleo, com 95% de confiança, indica que a elasticidade para esta fonte de energia é de 0,401. A cada um ponto percentual de variação no produto, o consumo de petróleo varia em 0,4%.

Para o óleo diesel os resultados apontam que, a demanda deste cresce 0,764% quando o PIB cresce em 1% no período t-2.

De forma resumida podemos dizer que as demandas mais responsivas às variações da atividade econômica são a cana, gasolina e álcool. Por outro lado lenha, petróleo, gás, eletricidade e diesel são menos sensíveis.

4.5.3 Estimação das equações de demanda por energia total, comércio, indústria e residencial

A tabela 15 apresenta os resultados das estimações para as demandas total e por categorias de consumo de energia elétrica (residencial, industrial e comercial). Muito embora as equações de demanda de energia elétrica por categorias tenham mostrado alguma correlação serial nos resíduos, pelo teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF) dos resíduos, todas as equações cointegram, ou seja, existe relação de longo prazo entre as variáveis.

Tabela 15 - Equações de demanda total, residencial, industrial e comercial de energia elétrica

Variáveis	Eq A - Var.	Eq B - Var.	Eq C - Var.	Eq D - Var.
	Dependente: LCONS_TOT	Dependente: LCONS_RESID_SA	Dependente: LCONS_IND_SA	Dependente: LCONS_COMER_SA
C	1.089***(0.295)		9.084***(0.834)	1.035 (7.161)
LPIB	1.057***(0.091)			
LPRECO_MEDIO	-0.071 (0.053)			
AR(1)	0.829***(0.066)	0.928***(0.053)	0.982***(0.017)	0.995***(0.011)
DUMMY	-0.116***(0.019)	-0.138***(0.029)	-0.095***(0.020)	-0.138***(0.018)
LRENDA_DISP_SA(-2)		0.665***(0.005)		
LPRECO_RESIDEN(-2)		-0.017***(0.008)		
LPIB_IND_SA(-2)			0.060 (0.046)	
LPRECO_IND			-0.006 (0.073)	
DUMMY1			0.123***(0.0194)	
DUMMY2			-0.069***(0.019)	
LPIB_COM_SA(-2)				0.081*(0.046)
LPRECO_COM(-2)				0.002 (0.005)
R ²	0.986	0.964	0.980	0.992
R ² ajustado	0.985	0.963	0.978	0.992
Durbin-Watson estat.	1.903	1.704	1.687	1.646
ADF resíduo	-8.703***	-8.162***	-7.479***	-7.238***

* Denota a rejeição da hipótese nula ao nível de 1%.

** 5% Denota a rejeição da hipótese nula ao nível de 5%.

*** Denota a rejeição da hipótese nula ao nível de 10%.

Fonte: Resultados da pesquisa. Tabela desenvolvida pela autora (2014).

De acordo com o que foi referido anteriormente, o maior crescimento da indústria está relacionado a maiores elasticidades, portanto, países que já estão industrializados terão uma elasticidade energia – PIB menor. Para a equação de demanda de energia total encontramos elasticidade energia-PIB elevada. Ressalta-se que para a demanda comercial a elasticidade foi encontrada em relação ao produto em t-2, ou seja, a estimativa mostra que a demanda por energia responde com certa defasagem às alterações da atividade econômica. A demanda residencial apresentou ajuste apenas com a renda disponível, ao invés do PIB. A demanda industrial se mostrou inelástica em relação ao PIB industrial, em t-2. Esse resultado está de acordo com o exposto no capítulo 2, o que pode ser um indício que nossa indústria se encontra em estágio mais avançado de desenvolvimento.

O consumo total de energia elétrica é elástico em relação ao PIB, crescendo mais que proporcionalmente do que este. Para cada ponto percentual de variação do produto, o consumo total de energia elétrica sofre uma variação de 1,057%.

Quando estimamos a demanda por energia elétrica por categoria de uso, sendo estas: industrial, comercial e residencial, apenas a demanda residencial teve o preço como estatisticamente significativo. Ainda assim, encontramos que a demanda é inelástica em relação ao preço. Este resultado era esperado e coerente, pois indústria e comércio tem ainda mais dificuldade de variar o consumo energético, mesmo que haja custos elevados, do que as residências. Por mais que os indivíduos tendam a poupar quando o preço de um bem se eleva, não há como reduzir muito o consumo de um bem dessa natureza. Não há facilidade de substituição da energia elétrica por outro bem, o que explica a inelasticidade do uso da mesma em relação ao preço.

5 CONCLUSÃO

A matriz energética brasileira possui grande participação de energias renováveis, apesar de considerável aumento nos derivados de petróleo, tanto na oferta quanto na demanda. Entende-se que o objetivo do governo é moldar a matriz energética para fontes que degradem menos o meio ambiente, simultaneamente em que se reduz a necessidade de compra de energia externa. Também, é prevista diversificação na natureza da energia consumida e nos setores que relativamente mais demandam, diante da tendência de aumento na participação dos serviços.

No presente estudo foi possível estimar equações para demanda total de energia elétrica e por categoria de uso: industrial, comercial e residencial. Também foram especificadas equações de demanda por fonte de energia, para as oito fontes mais consumidas. Apesar de o ajuste destas não ter atingido a precisão desejada, pode-se encontrar a elasticidade energia-PIB na maioria dos casos. Para as equações de demanda de energia elétrica foi possível ainda avaliar a elasticidade de preço da demanda.

Sabendo-se da importância da elasticidade energia-PIB para avaliar a condição energética do país, a empregamos no intuito de analisar a sensibilidade da matriz energética diante do crescimento do produto. Percebemos que as fontes de energia têm relações diferentes com o PIB, podendo ser ou não elásticas. A partir disso pode-se esperar que o impacto de variações no produto seja diferente para cada fonte. Enquanto algumas cheguem a beirar a escassez, outras serão pouco utilizadas, por serem inelásticas em relação ao PIB. Percebe-se substituição de lenha por petróleo e produtos de cana. Ainda assim, o consumo de eletricidade tem crescido. Os resultados apontaram elasticidade da demanda em relação ao PIB, de fontes consideradas bastante degradante ao meio ambiente, como a gasolina, devido a emissão de gases.

Em relação às estimativas de demanda de energia elétrica, somente para explicar a demanda residencial o preço foi significativo, embora inelástico. A não significância e a inelasticidade do preço já eram esperados, pois principalmente indústria e comércio não tem como alterar o volume de suas operação, ainda mais

no curto prazo, devido a variação no preço da energia elétrica. Mesmo para a demanda residencial, por mais que o consumo dos indivíduos seja inversamente proporcional ao preço, não há como reduzir muito o consumo de um bem tão básico e de dificuldade de substituição.

Pelas equações de demanda de energia elétrica, que apresentaram melhor ajuste, há elasticidade em relação ao PIB, como nas economias ainda não tão evoluídas industrialmente.

Algumas equações não atingiram o ajuste desejado, em parte por conta da frequência disponível dos dados, anual, que não permitiu a inclusão de mais variáveis explicativas diante do número de observações, devido a perda de graus de liberdade. A disponibilidade de dados que pudessem ser significativos também foi uma dificuldade encontrada, pois muitas informações não estão disponíveis para consulta ou possuem séries descontínuas.

Em possíveis sequências desta pesquisa, poder-se-ia refinar os métodos estatísticos, por exemplo, utilizando vetores autoregressivos e de correção de erros, para melhorar o ajuste das equações sem geração de outros problemas estatísticos.

Os resultados encontrados para as elasticidades confirmam a ideia de energia como bem essencial. Tanto total e por categoria de consumo, quanto por fonte de energia, constatamos que em geral há inelasticidade em relação à renda e ao preço.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. F. et al. **Economia da Energia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- ANDRADE, T. LOBÃO, W. **Elasticidade renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil**. Brasília: Ipea, 1997. (Texto para discussão, 489).
- BAJAY, S. **Desafios metodológicos e organizacionais no planejamento da expansão do setor elétrico brasileiro e na elaboração das projeções da matriz energética brasileira**. São Paulo: USP, 2000.
- BRASIL. Ministério De Minas E Energia. Conselho Nacional De Política Energética. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília, 2007.
- CAPRIGLIONE, P. **A energia renovável na matriz energética brasileira**. São Paulo: FGV, 2006.
- DARMSTADTER, J. **Energy in the World Economy: a Statistical Review of Trends in Output, Trade and Consumptions since 1825**. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1971.
- FERREIRA, P. MALLIAGROS, T. **Investimentos, Fontes de Financiamento e Evolução do Setor de Infra-estrutura no Brasil: 1950-1996**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1999.
- HOURCADE, J. C. Calcul Economique et Construction Sociale des Irreversibilités: Leçons de L'histoire Energétique Recente. Cidade, data. In: **Coloque irreversibilités**. Paris: EHESS, 21-23 jun. 1989.
- JANOSI, P. E. ; GRAYSON, L. E. Patterns of Energy Consumption and Economic Growth and Structure. **The Journal of Development Studies**, [S.l.], v. 8, n. 2, jan. 1972.
- KAMOGAWA, L. **Crescimento econômico, consumo de energia e qualidade ambiental: modelos intergeracionais sob a luz da hipótese EKC**. Piracicaba: USP, 2008.
- MAINGUY, Y. **L'économie DE l'Énergie**. Paris: Coll. Finances et économie, Dunod, 1967.
- MARTIN, J. M. **A economia mundial da energia**. São Paulo: Editora Unesp, 1992.
- MASON, E. 1955. In: **Economia as energia**.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia; CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA – CNPE. **Matriz Energética Nacional 2030**. Brasília, 2007.
- MATTOS, L. B. Uma estimativa da demanda industrial de energia elétrica no Brasil: 1974-2002. **Organ. rurais agroindustriais**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 238-246, 2005.
- PERCEBOIS, J. **Economie de l'Énergie**. Paris: Economica, 1989.

EMPRESA PÚBLICA DE ENERGIA - EPE. **Plano nacional de energia 2030**. Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Estudos/Paginas/Plano%20Nacional%20de%20Energia%20%E2%80%93%20PNE/Estudos_12.aspx?CategoriaID=346> . Acesso em: 02 abr. 2014

SILVA, A. **O uso dos recursos energéticos, água e energia solar: implicações econômicas e decisão através de modelos dinâmicos**. Recife: UFPE, 1999.

SILVA, F. **Análise da evolução dos indicadores de intensidade energética do gênero Química do Brasil: 1996 a 2005**. Santo André: Universidade Federal Do Abc, 2009.

TIMPONI, R.L. **Leilões como mecanismo de planejamento da expansão de geração elétrica: o caso do setor elétrico brasileiro**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

OREIRO, José Luis; FEIJÓ, Carmem. Desindustrialização: conceituação, causas, efeitos e o caso brasileiro. *Revista de Economia Política*, São Paulo, v. 30, n. 2, abr./jun. 2010.

SCHMIDT, C. A. J. **A demanda por energia elétrica no Brasil**. RBE, Rio de Janeiro, v. 58, n. 1, p. 67-99, jan./mar. 2004. Disponível em: www.energiabrasil.gov.br. Acesso em: 28/09/2014.

GARCEZ, E. W.; GHIRARDI, A. G. **Elasticidades da demanda residencial de energia elétrica**. In: ENCONTRO ANPEC 2003. Porto Seguro, Bahia

Varian, H R. **Microeconomia: Princípios Básicos**. Elsevier Brasil, 2006. 7ªed.

BUENO, Rodrigo de Losso da Silveira. **Econometria de Séries Temporais**. – São Paulo: Cengage Learning, 2011.

ANEXO A - FLUXO DE ENERGIA

