

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Conrado Augustus de
Melo..... E APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 08.107.2009


ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS

Padrões de Eficiência Energética Para Equipamentos Elétricos de Uso Residencial

Autor: Conrado Augustus de Melo

Orientador: Gilberto de Martino Jannuzzi

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

Padrões de Eficiência Energética Para Equipamentos Elétricos de Uso Residencial

Autor: Conrado Augustus de Melo

Orientador: Gilberto de Martino Jannuzzi

Curso: em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Área de Concentração: Eficiência Energética

Tese de doutorado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, 2009

S.P. – Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

M491p Melo, Conrado Augustus de
 Padrões de eficiência energética para equipamentos
 elétricos de uso residencial / Conrado Augustus de Melo.
 --Campinas, SP: [s.n.], 2009.

 Orientador: Gilberto de Martino Jannuzzi.
 Tese de Doutorado - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

 1. Equipamentos elétricos. I. Jannuzzi, Gilberto de
 Martino . II. Universidade Estadual de Campinas.
 Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: Energy efficiency standards for residential appliances

Palavras-chave em Inglês: Electrics equipments

Área de concentração: Planejamento de Sistemas Energéticos

Titulação: Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos

Banca examinadora: Roberto Schaeffer, Sérgio Valdir Bajay, Ricardo Alan

Verdú Ramos, José Antenor Pomilio

Data da defesa: 08/07/2009

Programa de Pós Graduação: Planejamento de Sistemas Energéticos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS

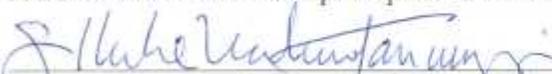
TESE DE DOUTORADO

**Padrões de Eficiência Energética Para
Equipamentos Elétricos de Uso Residencial**

Autor: **Conrado Augustus de Melo**

Orientador: **Gilberto de Martino Jannuzzi**

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Tese:



Prof. Dr. Gilberto de Martino Jannuzzi, Presidente
Instituição Universidade Estadual de Campinas



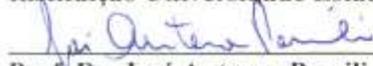
Prof. Dr. Roberto Schaeffer
Instituição Universidade Federal do Rio de Janeiro



Prof. Dr. Sérgio Valdir Bajay
Instituição Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. Ricardo Alan Verdú Ramos
Instituição Universidade Estadual Paulista



Prof. Dr. José Antenor Pomilio
Instituição Universidade Estadual de Campinas

Campinas, 8 de julho de 2009

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha querida filha Laura.

Agradecimentos

Agradeço a todos os professores e colegas do departamento e do NIPE, que ajudaram de forma direta e indireta na conclusão deste trabalho.

Presto uma homenagem especial ao professor Bajay que me proporcionou um excelente aprendizado em relação ao planejamento de sistemas energéticos e, também, ao meu orientador, professor Jannuzzi, que sempre, de modo brilhante, me mostrou o caminho a ser seguido.

Resumo

MELO, Conrado Augustus, *Padrões de Eficiência Energética Para Equipamentos Elétricos de Uso Residencial*, Campinas,: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009. 130 p. Tese (Doutorado)

Os padrões de eficiência energética são mecanismos de política pública responsáveis por significativas economias de energia em muitos países. Em 2007, foram lançadas no Brasil, as primeiras regulamentações específicas que estabeleceram padrões mínimos de eficiência energética para refrigeradores e aparelhos de ar condicionado. Porém, a ausência de procedimentos de avaliação dos impactos destes padrões no consumo de energia do país dificulta uma abordagem mais específica da contribuição da eficiência energética no planejamento energético. Esta tese propõe uma metodologia para estimar os impactos do estabelecimento de padrões de eficiência energética para refrigeradores, aparelhos de ar condicionado, televisores e lâmpadas. São avaliadas as relações entre custo e eficiência energética sob a perspectiva da sociedade e dos consumidores. É verificada a possibilidade de aumento das restrições dos padrões existentes e a oportunidade de ampliação da abrangência dos padrões para outros equipamentos.

Palavras Chave

- Eficiência Energética, Padrões, Setor Residencial

Abstract

MELO, Conrado Augustus, *Energy Efficiency Standards for Residential Appliances*, Campinas,: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009. 130 p. Tese (Doutorado)

Energy efficiency standards are policy mechanisms responsible for significant energy saving in several countries. In Brasil in year 2007 was launched the first regulation for residential appliances establishing minimum energy efficiency standards for refrigeradors and air conditioners. However the lack of impact evaluation of energy savings due the standards adopted do not allow the properly account the contribution of energy efficiency at the national energy planning level. This thesis contributes developing a methodology for estimating the impacts of energy efficiency standards for refrigeradors, air conditioners, television sets and light bulbs. A cost-benefit analysis for improved standards is presented under the perspective of the society and the consumers. It is analyzed the possibility of enforce higher levels of existing standards and the possibility of extending the implementation of standards for other equipment.

Key Words

Energy Efficiency, Standards, Residential Sector

Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xiii
Siglas	xvi
Capítulo 1	1
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Índices Mínimos de Eficiência Energética	1
1.2 Justificativa para execução do trabalho	4
1.3 Objetivos.....	7
1.4 Estrutura do trabalho	8
Capítulo 2	10
2 CONSUMO RESIDENCIAL DE ELETRICIDADE.....	10
2.1 Introdução.....	10
2.2 Diagnóstico do Mercado de Equipamentos no Setor.....	13
2.2.1 Lâmpadas Elétricas	13
2.2.2 Refrigeradores e “freezers”	15
2.2.3 Condicionadores de Ar	17
2.2.4 Televisores	18
2.2.5 Chuveiros elétricos.....	20
2.3 A estrutura do consumo.....	21
2.3.1 Análise regional por classes de renda	23
2.3.2 Outros Estudos	26
2.4 A indústria de linha branca no Brasil	29
Capítulo 3	31
3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	31
3.1 Introdução.....	31
3.2 A experiência japonesa.....	32
3.3 A experiência dos Estados Unidos	34
3.4 A experiência do Brasil	35
3.5 A eficiência energética no Plano Nacional de Energia 2030.....	37
3.6 Comparações: OECD x Brasil.....	39

Capítulo 4	42
4 PADRÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	42
4.1 Introdução	42
4.2 Transformação de mercado	44
4.3 Exemplos de impactos	47
4.4 Análise comparativa dos padrões brasileiros	49
Capítulo 5	54
5 METODOLOGIA DE PROJEÇÃO	54
5.1 Modelo geral	54
5.2 Opções técnicas de eficiência e custos relacionados	56
5.3 A penetração de equipamentos	57
5.3.1 Resultados das estimativas	60
5.4 Variação do estoque ano a ano	64
5.5 Cenários	66
5.5.1 Parâmetros	67
5.6 Impactos potenciais	71
5.6.1 Consumidor	71
5.6.2 Sociedade	73
5.6.3 Fabricantes	74
Capítulo 6	75
6 APLICAÇÕES E RESULTADOS	75
6.1 Introdução	75
6.2 Lâmpadas	75
6.2.1 Estoque e vendas de lâmpadas	76
6.2.2 Potencial de economia de energia	78
6.2.3 O enfoque do consumidor	78
6.2.4 Perspectiva da sociedade	79
6.3 Refrigeradores	80
6.3.1 O estoque	81
6.3.2 Potencial de conservação de energia	82
6.3.3 O enfoque do consumidor	83

6.3.4	A perspectiva da sociedade	85
6.4	Aparelhos de ar condicionado	88
6.4.1	O estoque	89
6.4.2	Potencial de conservação de energia.....	89
6.4.3	O enfoque do consumidor	90
6.4.4	A perspectiva da sociedade	92
6.5	Televisores.....	95
6.5.1	O estoque	96
6.5.2	O potencial de economia de energia	96
Capítulo 7	98
7	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
7.1	Introdução.....	98
7.2	Diagnóstico do consumo de energia de equipamentos elétricos no setor residencial...98	
7.3	Comparação internacional dos padrões adotados no Brasil para refrigeradores e aparelhos de ar condicionado	99
7.4	Potenciais de eficiência energética e benefícios econômicos com a adoção de padrões mais restritivos para de refrigeradores, aparelhos de ar condicionado, lâmpadas e televisores.....	100
7.5	Análise crítica da eficiência energética nas projeções oficiais do Plano Nacional de Energia 2030 para o setor residencial.....	103
7.6	Considerações finais.....	105
	Referências Bibliográficas.....	106
	Anexos	115

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Produção, consumo total final e consumo residencial de eletricidade no Brasil (1970-2005)	10
Figura 2.2- Participação das classes de consumo por classes de renda no Brasil.	11
Figura 2.3 - Regressão entre a penetração de equipamentos e classes de renda no Brasil.....	12
Figura 2.4 – <i>Market share</i> de lâmpadas elétricas por classes de renda no Brasil.....	14
Figura 2.5 – <i>Market Share</i> – Faixas de volume de refrigeradores (litros) por classes de renda.....	16
Figura 2.6– <i>Market Share</i> – “Freezer” (litros) por classes de renda no Brasil.	16
Figura 2.7 – <i>Market share</i> - Potência (Btu/h) de condicionadores por classes de renda no Brasil.....	18
Figura 2.8 – <i>Market Share</i> – Faixas de polegadas de televisores por classes de renda no Brasil.	19
Figura 2.9 – <i>Market Share</i> – Potências de chuveiros (W) por classes de renda no Brasil.	20
Figura 2.10 – Vendas percentuais de refrigeradores, condicionadores de ar, televisores e “freezers”	28
Figura 2.11– Vendas anuais de equipamentos no Brasil no período de 1994-2002.....	29
Figura 3.1– Distribuição dos investimentos em eficiência energética pelas companhias de distribuição de eletricidade	37
Figura 3.2 - TPES por GDP, TFC por GDP, e TPES por TFC para os 11 maiores países da OECD	39
Figura 3.3 – Uso atual de energia e uso hipotético sem redução da intensidade energética nas 11 maiores nações da OECD.	40
Figura 3.4 - OIE por PIB, CFE por PIB, e OIE por CFE para o Brasil no período de 1970 a 2004.	41
Figura 3.5– Uso atual de energia e uso hipotético sem redução da intensidade energética	41
Figura 4.1 – Efeitos dos padrões e etiquetas de eficiência energética na transformação do mercado	44
Figura 4.2 – Comportamento do índice de eficiência energética de refrigeradores frost-free (kWh/ano) na Austrália: projeções e impactos reais de selos e MEPS.	46
Figura 4.3 – Comportamento do consumo médio de refrigeradores e “freezers” na união européia no período de 1990/92 a 1999.	46
Figura 4.4 - Distribuição das classes de condicionadores de ar e o respectivo índice mínimo de eficiência energética.....	49
Figura 4.5 – Comparação entre o padrão europeu (1993) de índices máximos de consumo de refrigeradores e a classificação do PBE no Brasil.	51
Figura 4.6 – Comparação entre os padrões de eficiência energética dos condicionadores de ar adotados nos EUA (1997) e a classificação brasileira.	53
Figura 5.1 – Visão geral da metodologia de análise dos padrões de eficiência energética	55
Figura 5.2 – Séries históricas dos índices de preços dos eletrodomésticos (IPA-OG) e do PIB (2005 = 100%)	60
Figura 5.3 – Probabilidade de sucateamento dos equipamentos em função da idade.	65
Figura 5.4 – Diagrama de contabilização do estoque ano a ano.....	66
Figura 5.5 – Projeção da população brasileira por regiões de 2005 a 2030.....	68

Figura 5.6 – Composição regional do PIB para o período de 1985 a 2004 e prospecção da tendência de participação regional até 2030.	69
Figura 5.7 – Projeção do IPA-OG (eletrodomésticos).....	70
Figura 6.1 – Estoque de lâmpadas no setor residencial.....	77
Figura 6.2 – Vendas totais de lâmpadas devidos às substituições e primeiras compras no cenários Base e MEPS.	77
Figura 6.3 – Projeções do consumo de lâmpadas nos cenários BASE e MEPS – (2008 -2030).....	78
Figura 6.4 – Análise de sensibilidade entre o valor presente dos custos (compra + operação) em cada cenário com a taxa de desconto – lâmpadas.	79
Figura 6.5 - Custos, benefícios e economia líquida per capita com a adoção de padrões de lâmpadas.	80
Figura 6.6 – Projeção do estoque de refrigeradores para diferentes taxas de crescimento do PIB.....	81
Figura 6.7 – Projeção do estoque de refrigeradores nos cenários BASE e MEPS: Brasil até 1 salário mínimo.	82
Figura 6.8 – Economia líquida per capita de refrigeradores modelo equivalente 201-300 litros referente à opção de engenharia 7.	88
Figura 6.9 – Projeção do estoque residencial de aparelhos de ar condicionado.	89
Figura 6.10 - Economia líquida per capita de aparelhos de ar condicionado modelo equivalente 6000 – 7999 Btu/h referente a opção de engenharia 3.....	95
Figura 6.11 – Estoque de televisores: impacto das elasticidades renda em relação as diferentes hipóteses de crescimento econômico.	96
Figura 6.12 – Projeção do consumo de televisores: cenário BASE e MEPS.....	97
Figura 7.1- Custo do ciclo de vida e eficiência energética de refrigeradores 1 porta com volume entre 200 e 300 litros.	100
Figura 7.2 - Custo do ciclo de vida e eficiência energética de aparelhos de ar condicionado com capacidade de refrigeração entre 6000 e 8000 Btu/h	102

Lista de Tabelas

Tabela 1.1 – Estudos identificados pelo CGIEE necessários à aplicação sustentável da Lei de Eficiência Energética	2
Tabela 1.2 - Portarias interministeriais referentes à regulamentação específica para refrigeradores e congeladores, fogões e fornos a gás, e condicionadores de ar.....	3
Tabela 1.3 - Principais elementos de análise para implementação de padrões de eficiência energética (MEPS) na Austrália e nos EUA	5
Tabela 2.1 – Hipóteses sobre o tempo de operação das lâmpadas no Brasil	14
Tabela 2.2 – Número médio de lâmpadas por região por classes de renda	15
Tabela 2.3 – Consumo de lâmpadas por residência no ano de 2005 (kWh/ano) no Brasil.....	15
Tabela 2.4 – Modelo equivalente e respectivos consumos anuais: refrigeradores	17
Tabela 2.5 – Modelo equivalente e respectivos consumos anuais: “freezers”	17
Tabela 2.6 – Características dos modelo equivalentes dos aparelhos de ar condicionado	18
Tabela 2.7 – Consumo médio de televisores no Brasil.....	19
Tabela 2.8 – Consumo ponderado de chuveiros por região no Brasil.....	21
Tabela 2.9 - Número de equipamentos por classes de renda	22
Tabela 2.10 - Fatores de degradação da eficiência elétrica	22
Tabela 2.11 – Estimativa do consumo em kWh/mês e respectivas participações em % dos equipamentos nos domicílios brasileiros por classes de renda – Região Sudeste	25
Tabela 2.12 – Estimativa do consumo em kWh/mês e respectivas participações em % dos equipamentos nos domicílios brasileiros por classes de renda – Região Sul.....	25
Tabela 2.13 – Estimativa do consumo em kWh/mês e respectivas participações em % dos equipamentos nos domicílios brasileiros por classes de renda – Região Centro Oeste	25
Tabela 2.14 – Estimativa do consumo em kWh/mês e respectivas participações em % dos equipamentos nos domicílios brasileiros por classes de renda – Região Norte.....	26
Tabela 2.15 – Estimativa do consumo em kWh/mês e respectivas participações em % dos equipamentos nos domicílios brasileiros por classes de renda – Região Nordeste	26
Tabela 2.16 – Estimativa do consumo em kWh/mês e respectivas participações em % dos equipamentos nos domicílios brasileiros por classes de renda – Brasil	26
Tabela 2.17 – Composição da demanda de eletricidade no setor residencial em diferentes estudos (%).	27
Tabela 3.1 – Mecanismos para promoção da eficiência energética	32
Tabela 3.2: Investimentos das concessionárias em programas de eficiência energética: ciclo 2005/2006 e 2006/2007	37
Tabela 3.3 - Eficiência energética no setor residencial (% do consumo final) e redução do consumo em 2030 – Progresso autônomo.....	38

Tabela 4.1 – Resultados da adoção de padrões e selos de eficiência energética no México durante o período de 1994 a 2005	47
Tabela 4.2 - Resultados da adoção de padrões e selos de eficiência energética na Austrália durante (1993 a 2005)	48
Tabela 4.3 - Resultados da adoção de padrões e selos de eficiência energética na Coreia	49
Tabela 4.4 – Participação de refrigeradores e aparelhos de ar condicionado por faixas de classificação conforme a amostra de equipamentos retirados do mercado para análise.....	50
Tabela 4.5 – Análise comparativa Brasil x EUA/Canadá dos padrões máximos de consumo de refrigeradores de um porta com compartimento interno de congelamento.....	52
Tabela 5.1 – MEPS para Refrigeradores: fatores de eficiência e custos.....	56
Tabela 5.2 – MEPS para aparelhos de ar condicionado: fatores de eficiência e custos.....	57
Tabela 5.3 – Resultados da regressão e análise estatística dos televisores.....	61
Tabela 5.4- Resultados da regressão e análise estatística dos refrigeradores.....	62
Tabela 5.5 - Resultados da regressão e análise estatística dos “Freezers”.....	63
Tabela 5.6 – Hipotese relativas à penetração de equipamentos por classes de renda.....	64
Tabela 5.7 – Taxa média de crescimento anual do PIB (2005 -2030) conforme cenários do Plano Nacional de Energia (2030).	68
Tabela 6.1 – Método de estimação da vida útil das lâmpadas em cada cenário.....	76
Tabela 6.2 – Opções de padrões consideradas nos modelos equivalentes brasileiros e respectivas participações no mercado.	80
Tabela 6.3 – Resultados das projeções de consumo (TWh/ano) nos cenários BASE e MEPS para refrigeradores.....	83
Tabela 6.4 – Análise do fluxo de caixa líquido para as opções de engenharias de eficiência energética: modelo equivalente 1 porta (201 - 300 litros).....	84
Tabela 6.5 – Análise do fluxo de caixa líquido para as opções de engenharias de eficiência energética: modelo equivalente 1 porta (301 - 400 litros).....	84
Tabela 6.6 – Análise do fluxo de caixa líquido para as opções de engenharias de eficiência energética: modelo equivalente combinado “Frost Free” (301 - 400 litros).....	85
Tabela 6.7 – Resultados da avaliação econômica (VPB, VPC e VPL), no período de 2009 a 2030, referente as opções de aumento da eficiência energética para o modelo equivalente de refrigerador (201 -300 litros)86	86
Tabela 6.8 – Resultados da avaliação econômica (VPB, VPC e VPL), no período de 2009 a 2030, referente as opções de aumento da eficiência energética para o modelo equivalente de refrigerador (301 -400 litros)	86
Tabela 6.9 – Resultados da avaliação econômica (VPB, VPC e VPL), no período de 2009 a 2030, referente as opções de aumento da eficiência energética para o modelo equivalente de refrigerador FF (301 -400 litros)	87
Tabela 6.10 – Ar condicionado: Modelos equivalentes, MEPS e respectiva participação no mercado geral para	

o Brasil	88
Tabela 6.11 – Resultados das projeções de consumo (TWh/ano) nos cenários BASE e MEPS para aparelhos de ar condicionado.	90
Tabela 6.12 - Fluxo líquido de caixa para as opções de engenharias de eficiência energética para aparelhos de ar condicionado modelo equivalente 6000 – 7999 Btu/h.	91
Tabela 6.13 – Fluxo líquido de caixa para as opções de engenharias de eficiência energética para aparelhos de ar condicionado modelo equivalente 8000 – 13999 Btu/h.	92
Tabela 6.14 – Fluxo líquido de caixa para as opções de engenharias de eficiência energética para aparelhos de ar condicionado modelo equivalente 14000 – 19999 Btu/h.	92
Tabela 6.15 – Resultados da avaliação econômica (VPB, VPC e VPL), no período de 2009 a 2030, referente as opções de aumento da eficiência energética para o modelo de aparelho de ar condicionado equivalente 6000 – 7999 Btu/h.....	93
Tabela 6.16 – Resultados da avaliação econômica (VPB, VPC e VPL), no período de 2009 a 2030, referente as opções de aumento da eficiência energética para o modelo de aparelho de ar condicionado equivalente 8000 – 13999 Btu/h.....	94
Tabela 6.17 – Resultados da avaliação econômica (VPB, VPC e VPL), no período de 2009 a 2030, referente as opções de aumento da eficiência energética para o modelo de aparelho de ar condicionado equivalente 14000 – 19999 Btu/h.....	94
Tabela 6.18 – Características dos modelos equivalentes de televisores: consumo <i>standby</i> e participação no mercado.	95
Tabela 7.1 – Opções ilustrativas de engenharia para aumento da eficiência energética viáveis economicamente sob a perspectiva do consumidor: refrigeradores	101
Tabela 7.2 – Características técnicas das engenharias com avaliação financeira positiva para aparelhos de ar condicionado.....	102
Tabela 7.3 – Potencial de eficiência energética técnico, econômico e de mercado: PNE e tese.....	104

Siglas

CGIEE - Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética

PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem

ENCE - Etiquetas Nacionais de Conservação de Energia

MME - Ministério de Minas e Energia

ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica

Inmetro - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

ELETROS - Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

EPE – Empresa de Planejamento Energético

MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia

GEE - gases de efeito estufa

IEA - International Energy Agency

DOE - U.S.Department of Energy

EECJ - Energy Conservation Center, Japan

CGC - Cogeneration Center Japan

ESCOs - Energy Service Companies

EPA - Environmental Protection Agency

IECC - International Energy Conservation Code

BCAP - Building Codes Assistance Project

TPES - oferta total de energia primária

TFC - consumo total final de energia

GDP – gross domestic product

PIB - produto interno bruto

PIMVP – Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Desempenho

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PNAD - Pesquisa Nacional de Domicílios

PNE - Plano Nacional de Energia

CME - consumo máximo de energia

MEPS - Minimum Energy Performance Standards (Padrões mínimos de desempenho energético)

IPA-OG - Índice de Preços no Atacado – Oferta Global

MIA - Manufacturer Impact Analysis

TIR - taxa interna de retorno

VPL Valor presente líquido

SIDRA - sistema IBGE de recuperação automática

Capítulo 1

1 INTRODUÇÃO

1.1 Índices Mínimos de Eficiência Energética

Índices mínimos de eficiência energética são mecanismos de políticas públicas que restringem a comercialização de produtos não adequados à requerimentos específicos de consumo energético. Esses mecanismos eliminam equipamentos ineficientes do mercado, e assim, promovem a conservação de energia.

Em meio às opções de mecanismos de promoção de conservação de energia, os índices mínimos de eficiência energética estão dentre os que têm apresentado resultados mais efetivos em relação aos ganhos de conservação de energia e à transformação dos mercados de eficiência energética. Por exemplo, nos EUA, segundo Rosenquist *et al* (2006), os padrões de eficiência energética para equipamentos de uso residencial e comercial são a maior fonte de economia de energia. Schiellerup (2002) pontua: “do ponto de vista da transformação do mercado em prol do aumento da eficiência energética de equipamentos elétricos para refrigeração na Inglaterra, as mais importantes políticas, muito além das outras, têm sido as etiquetas e os padrões de eficiência energética”.

No Brasil, o processo de implementação de índices mínimos de eficiência energética se iniciou com o estabelecimento, em 2001, da Lei Nº 10.295, chamada de Lei de Conservação e Uso Racional de Energia. Esta Lei foi regulamentada pelo Decreto Nº 4.059, também de 2001, que estabeleceu o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética - CGIEE¹. Este

¹ O Decreto no 4.059 estabelece que o comitê deve ser composto por representantes dos seguintes órgãos e entidades: I - Ministério de Minas e Energia, que o presidirá; II - Ministério da Ciência e Tecnologia; III - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; IV - Agência Nacional de Energia Elétrica; V - Agência Nacional do Petróleo; e VI - um representante de universidade brasileira e um cidadão brasileiro, ambos

comitê ficou responsável, dentre outras atribuições, por elaborar um plano de trabalho para a implementação progressiva da Lei. Conforme mostra a Tabela 1.1, o plano elaborado pelo CGIEE (MME, 2002) indentificou e classificou estudos necessários ao processo de decisão de quais índices limitantes do consumo deveriam ser adotados. No entanto, o plano observou: “Destaca-se que os trabalhos relativos à definição dos índices máximos de consumo específico de energia ou mínimos de eficiência energética para os aparelhos consumidores de energia são inéditos no país e um longo caminho ainda tem que ser percorrido para a completa implementação da Lei. Além do ineditismo do tema, este trabalho se caracteriza pela alta complexidade dos assuntos tratados, pela necessidade de um esforço contínuo de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico e pela diversidade de agentes públicos e privados envolvidos.”

Tabela 1.1– Estudos identificados pelo CGIEE necessários à aplicação sustentável da Lei de Eficiência Energética

<i>Estudos Gerais</i>	<i>Estudos Específicos</i>
1. Levantamento da experiência internacional sobre Programas de Etiquetagem e Indicadores de Desempenho Energético de Máquinas e Aparelhos consumidores de energia	1. Avaliação dos laboratórios existentes e das necessidades futuras
2. Avaliação e definição das metodologias a serem utilizadas para o estabelecimento dos níveis de eficiência energética	2. Elaboração de estudos de mercado para as principais máquinas e equipamentos consumidores de energia
3. Identificação de parcerias institucionais e estabelecimento de forma de atuação conjunta	3. Identificação das inovações tecnológicas que possam resultar da implementação da lei
4. Identificação de fontes e de recursos financeiros, assim como incentivos fiscais e tributários que podem ser mobilizados em apoio à implementação da legislação	4. Estimativa da economia de energia que pode se obtida com a implementação da lei
5. Estabelecimento de procedimentos operacionais para a implementação sustentada da lei	5. Definição dos equipamentos para elaboração das regulamentações específicas
6. Identificação das implicações comerciais nos mercados interno e externo	6. Elaboração do programa de metas dos primeiros equipamentos contemplados com a lei

especialistas em matéria de energia, a serem designados pelo Ministro de Estado de Minas e Energia, para mandatos de dois anos, podendo ser renovados por mais um período.

Neste contexto, no dia 24 de dezembro de 2007, foram publicadas três portarias interministeriais referentes à regulamentação específica para três equipamentos, conforme descreve a Tabela 1.2. Porém, alguns dos estudos indicados pelo CGIEE, por exemplo, estimativas de economia de energia e avaliação e definição de metodologias a serem utilizadas para o estabelecimento dos níveis de eficiência energética, não foram considerados e/ou realizados na definição dos padrões adotados.

Tabela 1.2 - Portarias interministeriais referentes à regulamentação específica para refrigeradores e congeladores, fogões e fornos a gás, e condicionadores de ar.

Portaria Interministerial	Ementa	Situação
MME-MCT-MDIC nº 362/2007 de 24/12/2007 (DOU de 26/12/2007)	Aprova a Regulamentação Específica de Refrigeradores e Congeladores, na forma constante do Anexo à presente Portaria.	Em vigor
MME-MCT-MDIC nº 363/2007 de 24/12/2007 (DOU de 26/12/2007)	Aprova a Regulamentação Específica de Fogões e Fornos a Gás, na forma constante dos Anexos à presente Portaria.	Em vigor
MME-MCT-MDIC nº 364/2007 de 24/12/2007 (DOU de 26/12/2007)	Aprova a Regulamentação Específica de Condicionadores de Ar, na forma constante dos Anexos à presente Portaria.	Em vigor

Assim, coube ao Ministério de Minas e Energia (MME) justificar: A estimativa de economia de energia em função da entrada em vigor desta regulamentação requer informações acerca da substituição de refrigeradores/condicionadores de ar velhos por novos. Atualmente, inexistem informações concisas a respeito dessas variáveis, o que impede a estimativa da economia de energia em decorrência da regulamentação. Conforme o ofício ELETROS OF PRES 181/2005, essa associação informa indispor de informações de vendas de refrigeradores/condicionadores de ar” (MME, 2006a e MME, 2006b).

Não se trata de fazer aqui uma crítica a justificativa apresentada pelo MME. No entanto, o fato evidencia que, no mínimo, não existe ainda uma estrutura adequada para avaliação deste mecanismo de promoção da conservação de energia. Logo, são maiores as dificuldades em determinar o quanto estes índices estão sendo efetivos, ou, se existe a necessidade de qualquer alteração do mecanismo, aumento do rigor, ou mesmo reformulação do plano de metas.

Em adição, a falta dessa análise inviabiliza um ajuste mais fino e específico relacionado à consideração da eficiência energética no planejamento da matriz energética. As estimativas dos impactos dos padrões adotados poderiam auxiliar na identificação de oportunidades de redução da necessidade de expansão da matriz de geração de energia elétrica. No Plano Nacional de Energia 2030 (MME & EPE, 2007) não existe referência à possíveis impactos de mecanismos de eficiência energética no comportamento da demanda projetada.

Países com grande experiência de adoção dos padrões de eficiência energética contemplam, em sua análise de implementação, diferentes enfoques e utilizam dados bem específicos. Por exemplo, nos EUA, a avaliação dos impactos dos padrões sob perspectiva dos fabricantes, em alguns casos, baseia-se na análise do fluxo de caixa, o que demanda dados detalhados sobre a produção e a comercialização dos equipamentos (McMahon, 2004).

A experiência internacional mostra que a implementação dos padrões de eficiência energética requer a execução de várias etapas, inclusive de avaliação prospectiva de impactos. McMahon (2004) compara, para os casos dos EUA e da Austrália, os elementos existentes no processo de estabelecimento dos MEPS (padrões mínimos de desempenho energético – do inglês *Minimum Energy Performance Standards*). Apesar de possuírem objetivos principais diferentes (Austrália - redução de gases de efeito estufa, EUA - aumento da eficiência energética), a análise comparativa mostrada na Tabela 1.3 revela a existência de etapas idênticas nos processos adotados e uma evidente preocupação com os impactos decorrentes da adoção dos padrões sob o enfoque dos consumidores (custo do ciclo de vida), da sociedade (benefícios e custos nacionais), dos comerciantes e dos fabricantes (questões relativas à indústria, competição e comércio).

1.2 Justificativa para execução do trabalho

A avaliação do processo implementação dos padrões de eficiência energética no Brasil indica a ausência de etapas analíticas (usualmente adotadas em países com maior experiência na utilização de padrões) que viabilizariam um maior conhecimento dos impactos potenciais deste mecanismos. Neste quadro, o próprio planejamento energético torna-se mais restrito em sua análise, por não considerar mais especificamente os efeitos dos potenciais de conservação de

energia com a adoção de padrões de eficiência energética.

Tabela 1.3 - Principais elementos de análise para implementação de padrões de eficiência energética (MEPS) na Austrália e nos EUA

Análise	Austrália	EUA
Avaliação tecnológica	Análise estatística e estimativas de engenharia	Estimativas de engenharia
Avaliação de mercado	Projeção de vendas	Projeção de vendas
Relação entre preço e eficiência	Baseado no mercado corrente	Estimativas de custos calibradas para derrubar produtos concorrentes selecionados
Níveis de MEPS candidatos	Pretende refletir as melhores práticas mundiais. É baseado na avaliação tecnológica e de mercado e nos MEPS atuais adotados ao redor do mundo	Eficiência máxima que é tecnologicamente possível e economicamente justificada. Baseada em análise de engenharia econômica
Custo do ciclo de vida	Mudanças nas médias de custos dos equipamentos e nos custos de operação devidos aos MEPS	Distribuição das mudanças nos custos dos equipamentos e nos custos de operação devidos aos MEPS
Benefícios e custos nacionais	Projeção nacional de vendas, economia de energia e custos dos equipamentos	Projeção nacional de vendas, economia de energia e custos dos equipamentos
Questões relativas a indústria, competição e comércio	Composição do mercado e tendências. Compatibilidade com acordos no comércio.	Análise financeira dos impactos dos fabricantes e valor presente da indústria. Determinação de impactos na competição
Consulta	Grupos de trabalho incluindo <i>stakeholders</i> e encontros públicos	Processo aberto com <i>stakeholders</i> e <i>workshop</i> públicos
Avaliação e recomendação	Incluídas nas análises	Separadas das análises. Incluídas nas notas de registro federal
Revisão	Implementada como regulamentações territoriais	Implementada como regulação federal e de antemão pelos estados

O processo de estruturação deste mecanismo é inicial no Brasil, assim como a utilização de metodologias e o desenvolvimento de modelos para avaliar os diferentes impactos resultantes da utilização dos índices mínimos. Poucos são os trabalhos acadêmicos² que avaliam a questão dos impactos potenciais do estabelecimento de índices de eficiência energética para equipamentos elétricos de uso residencial no Brasil.

Outra análise, que também pode ser útil, no processo de decisão de quais devem ser os índices mínimos de eficiência energética, é a avaliação comparativa dos padrões atuais adotados

² Os trabalhos publicados nesta área analisam os padrões de eficiência energética de motores elétricos utilizados principalmente na indústria. Alguns exemplos de trabalhos que abordam esta questão são (Garcia, 2003) e (Schaeffer, 2008).

no Brasil em relação aos adotados em outros países. O mesmo vale para a identificação de possibilidades para aumentar a abrangência destes mecanismos para outros equipamentos, o que pode indicar novas oportunidades de conservação de energia. Por exemplo, o consumo *standby* de aparelhos de televisão, o qual não é limitado no Brasil, é limitado a 1W em países como China e Rússia.

A escolha de estudar o setor residencial foi motivada pela obtenção de dados da pesquisa PUC (2005). Estes dados foram disponibilizados pelo Professor da PUC-Rio, Reinaldo Castro Souza (Coordenador da Pesquisa), através de comunicação interna intermediada pela ELETROBRAS. Esta pesquisa foi realizada em 17 Estados e contempla 21 concessionárias, abrangendo aproximadamente 95% da área de concessão de todas as distribuidoras em território nacional. Não são identificadas na análise as concessionárias pesquisadas³. A qualidade da pesquisa deve ser destacada, principalmente devido ao planejamento das amostras⁴, focado nas classes de consumo e admitindo um erro máximo de 1,5% nas estimativas de proporções obtidas e um intervalo de confiança para o pior caso de 95%. A Tabela 1.4 lista as concessionárias pesquisadas por regiões e o tamanho das amostras.

A partir dos bancos de dados disponibilizados em Access, o trabalho inicial consistiu na organização dos dados dos equipamentos (fabricante/marca, tipo/potência e idade) por faixas de renda⁵ e classes de consumo. Os equipamentos contemplados na presente análise foram: lâmpadas, refrigeradores, “freezers”, condicionadores de ar, televisores e chuveiros. Entretanto, foca-se, neste estudo, os refrigeradores e aparelhos de ar condicionado, equipamentos que atendem os padrões de eficiência energética estabelecidos, no ano de 2007.

³ A pesquisa só foi liberada mediante o envio para a Eletrobrás de um termo de não publicação de dados por concessionária.

⁴ Foram estratificados municípios na área de concessão das concessionárias de acordo com seu “perfil elétrico” baseado na metodologia de Mapas Auto- Organizáveis de *Kohonen*.

⁵ Os dados foram organizados considerando a renda declarada na pesquisa PUC (2005); o que pode não corresponder a realidade da renda dos moradores pesquisados.

Tabela 1.4 – Números da pesquisa PUC (2005)

Região	Concessionárias	Total de questionários aplicados	Com renda declarada (utilizados na presente pesquisa)
Sudeste	AMPLA, CEMIG, CPFL, ELEKTRO, ELETROPAULO, LIGHT	3850	3115
Sul	CEEE, CELESC, COPEL E RGE	1600	589
Centro Oeste	CEB, CELG E CEMAT	1200	905
Norte	CELPA, CERON E MANAUS	1200	687
Nordeste	CELPE, CEMAR, COELBA, COELCE E COSERN	2000	1575
Total	21	9850	6871

1.3 Objetivos

Este estudo tem o objetivo de propor um modelo para avaliação dos impactos da adoção de índices mínimos de eficiência energética para equipamentos elétricos de uso residencial. Para tanto, o modelo permitirá a realização de projeções de consumo de eletricidade considerando a eficiência energética dos equipamentos que penetram nos domicílios brasileiros. Serão contempladas várias opções de incremento de eficiência energética que podem vir a tornar-se padrões mandatórios de eficiência energética. O modelo será desenhado para, a partir dos resultados das previsões, avaliar os impactos econômicos dos possíveis índices mínimos de eficiência energética frente a perspectiva individual dos consumidores e da sociedade de modo geral.

O modelo que será desenvolvido pretende auxiliar o complexo processo de tomada de decisões referente a adoção de padrões mandatórios de eficiência energética. Além disso, as previsões do modelo poderão ser utilizadas no planejamento da matriz energética. Assim, ao se projetar a necessidade de capacidade instalada para suprir a demanda de energia elétrica, a abordagem da eficiência energética pode ser mais específica ao se considerar o potencial de conservação de energia que pode ser alcançado através dos padrões de eficiência energética; alternativa essencial para indicar possíveis reduções na trajetória de expansão da matriz energética.

Os objetivos específicos deste estudo são:

1. Diagnosticar o consumo de energia de equipamentos elétricos no setor residencial;
2. Realizar comparação internacional dos padrões adotados no Brasil para refrigeradores e aparelhos de ar condicionado;
3. Desenvolver, a partir do modelo de avaliação dos impactos dos índices mínimos, uma ferramenta computacional para otimização da análise;
4. Estimar potenciais de conservação de energia para cada opção de incremento de eficiência energética no caso de refrigeradores, aparelhos de ar condicionado, lâmpadas e televisores, vis a vis a possibilidade de captura de benefícios econômicos para os consumidores e para a sociedade;
5. Comparar os impactos estimados de economia de energia com as projeções oficiais relacionadas a eficiência energética e, contempladas no Plano Nacional de Energia 2030 para o setor residencial.

1.4 Estrutura do trabalho

No capítulo 2 é avaliado o consumo de eletricidade no setor residencial. Inicialmente é realizado um diagnóstico do mercado e do consumo dos equipamentos analisados. Esta análise é realizada de maneira desagregada por classes de renda para as 5 macro regiões brasileiras e para o país como um todo.

O capítulo 3 tem por objetivo contextualizar a eficiência energética no cenário mundial. São apresentadas as experiências dos EUA, Japão e Brasil e realizadas comparações entre os ganhos de conservação de energia entre o Brasil e o conjunto de países da OECD. Também é descrito o papel da eficiência energética contemplado no PNE 2030.

No capítulo 4 é apresentada uma revisão bibliográfica da teoria de transformação de mercado relacionada aos padrões de eficiência energética. São descritas experiências de implementação destes mecanismos, os benefícios e impactos realizados através destes mecanismos. Por fim, são realizadas comparações entre os padrões adotados recentemente no Brasil com padrões internacionais.

No capítulo 5 é apresentado o modelo utilizado para a análise prospectiva. É desenvolvida a metodologia de projeção, são descritos os modelos de projeção da penetração de equipamentos e de sucateamento do estoque. São descritas as opções de eficiência energética para os equipamentos e os custos relacionados. Também são descritos os parâmetros utilizados nos cenários prospectivos e os métodos referentes à avaliação dos impactos sob a perspectiva dos consumidores, dos fabricantes e da sociedade.

No capítulo 6 são realizadas algumas aplicações para casos gerais do modelo apresentado. Assim, são apresentados e discutidos alguns resultados considerando as perspectivas contempladas. Finalmente, no capítulo 7 são apresentadas as conclusões, considerações finais e limites do modelo utilizado.

Capítulo 2

2 CONSUMO RESIDENCIAL DE ELETRICIDADE

2.1 Introdução

Ao longo das últimas décadas o setor residencial têm apresentado um consumo crescente de eletricidade, o qual tem sido objeto de estudo em vários trabalhos científicos (Jannuzzi, 1989; Jannuzzi e Lee Schipper, 1991; Almeida, Schaeffer & La Rovere, 2001; Achão, 2003; Ghisi, Gosch & Lamberts, 2007; e Schaeffer, 2007). A Figura 2.1 mostra a produção total, o consumo final total e o consumo de eletricidade no setor residencial. A eletricidade foi responsável, em 2007, por 35,1% do consumo de energia no setor residencial (MME 2008). O setor residencial representa a segunda maior participação do consumo total de eletricidade no Brasil, em 2006 esta participação foi de 22%. A primeira colocação é do setor industrial, cuja participação em 2006 foi de 47%.

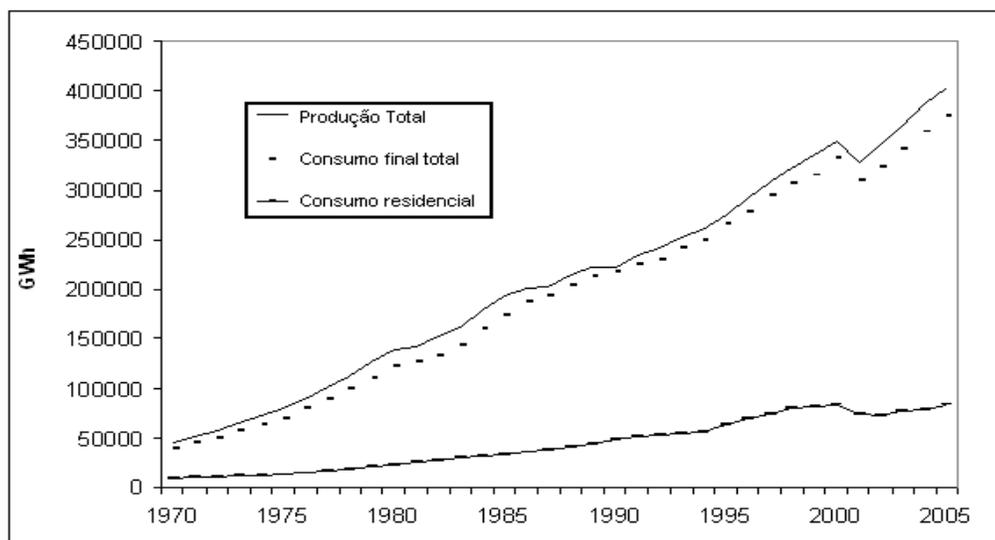


Figura 2.1 - Produção, consumo total final e consumo residencial de eletricidade no Brasil (1970-2005) Fonte – Balanço Energético Nacional - MME (2008)

Apesar do comportamento decrescente da renda média da população no período de 1994 a 2004 (Soares, 2006), a crescente demanda residencial de eletricidade pode ser explicada:

1) Pelo provável acréscimo da penetração de equipamentos elétricos, principalmente refrigeradores, televisores e máquinas de lavar em classes de baixa renda devido à existência de um mercado de “segunda mão” e descarte ou doação de equipamentos obsoletos pelas classes de média e alta renda para populações de baixa renda;

2) Pelo aumento da penetração de equipamentos devido ao recente aumento das facilidades de obtenção de crédito pelas classes de baixa renda⁶;

3) Devido à penetração de equipamentos como consequência da existência de programas sociais; em 2006, 18,3% do total de residências do País receberam ajuda financeira do governo conforme indica IBGE (2006) e;

4) Devido ao aumento das opções de equipamentos disponíveis no mercado.

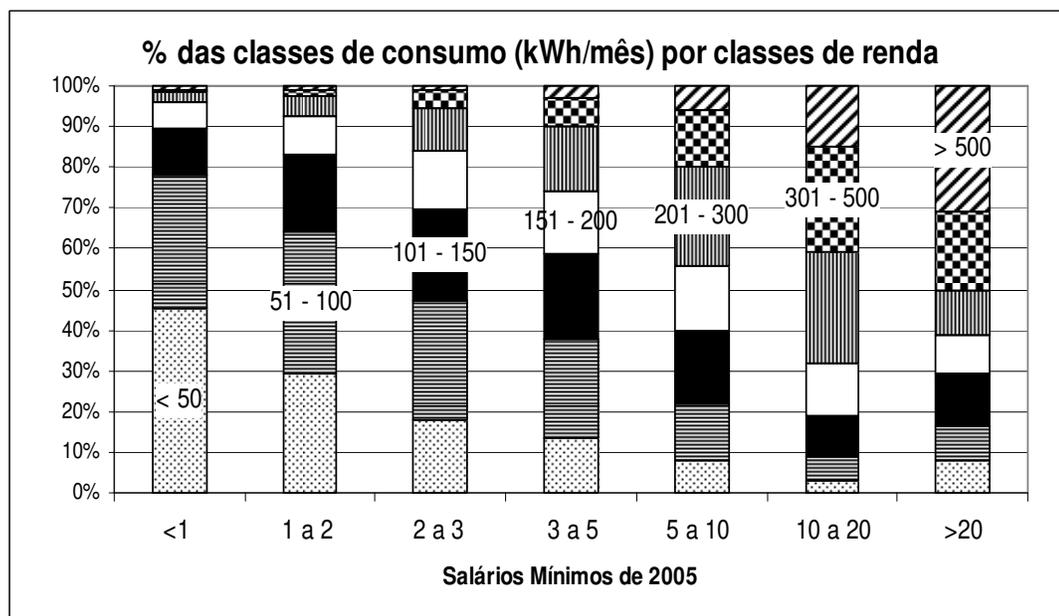


Figura 2.2- Participação das classes de consumo por classes de renda no Brasil.
Fonte: Elaboração própria a partir de PUC (2005)

⁶ Parente, (2002) explica: “o setor bancário começou a ver o mercado de baixa renda como uma oportunidade de negócio”; no entanto, essas taxas de juros podem ser consideradas abusivas, oscilando entre 80% e 190% ao ano.

A desigual distribuição de renda no Brasil possui reflexos diretos na distribuição do consumo de energia. Conforme ilustra a Figura 2.2, nas classes com renda até um salário mínimo, 45% das residências consomem até 50kWh/mês. Por outro lado, nas classes com renda superior a 10 salários mínimos aproximadamente metade das residências consomem acima de 300 kWh/mês.

Apesar do aumento da posse de equipamentos elétricos no setor residencial, como demonstram as pesquisas PNAD (Pesquisa Nacional de Domicílios) (IBGE, 2006), equipamentos como refrigeradores, chuveiros e televisores ainda não possuem penetração completa nas classes de baixa renda no Brasil. Por outro lado, nas classes de média e alta renda existe uma maior utilização de outros equipamentos com grande consumo de energia como “freezers” e aparelhos de ar condicionado.

A Figura 2.3 ilustra as curvas de regressão e os respectivos coeficiente de correlação (R^2) entre a posse de equipamentos por classes de renda.

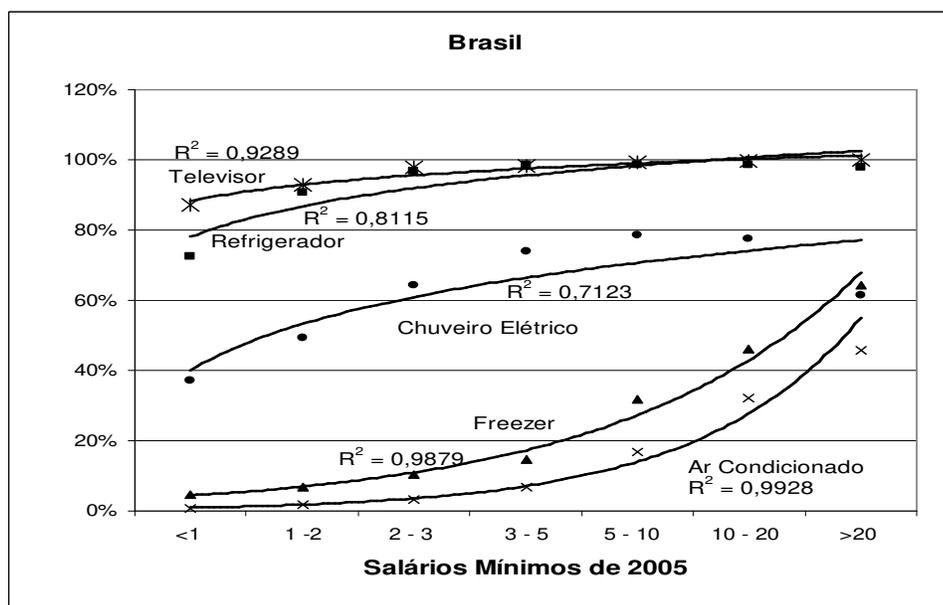


Figura 2.3 - Regressão entre a penetração de equipamentos e classes de renda no Brasil.
 Fonte: Elaboração própria a partir de PUC (2005)

Observa-se, através das curvas de regressão, a existência de diferentes padrões de comportamento da posse de condicionadores de ar e “freezers” em relação aos chuveiros, refrigeradores e televisores com a variação das classes de renda. Os primeiros são melhor ajustados por curvas exponenciais, enquanto para o segundo grupo as curvas que melhor ajustam o comportamento da posse são os logaritmos. As curvas exponenciais evidenciam que a posse de freezer e ar condicionado começam a tornar-se significativas a partir de faixas superiores a 3 e a 5 salários mínimos, respectivamente. Já as curvas logarítmicas indicam que nas faixas de renda inferior a 3 salários mínimos pequenos acréscimos na renda impactam fortemente na posse de televisores e refrigeradores, dada a demanda reprimida nessas faixas.

2.2 Diagnóstico do Mercado de Equipamentos no Setor⁷

Os usos finais considerados referem-se aos equipamentos elétricos com maior consumo de energia nas residências. A classificação dos equipamentos é realizada por categorias conforme descrito a seguir:

1. **Iluminação:** potência de lâmpadas incandescentes e fluorescentes compactas;
2. **Refrigeração de alimentos:** faixas de volume de refrigeradores e “freezers” e tecnologia ““Frost Free””;
3. **Condicionamento de ar:** faixas de potência em Btu/h de condicionadores de ar (janela ou parede e Split)
4. **Televisores:** tecnologia empregada e faixas de dimensão da tela em polegadas;
5. **Aquecimento de água para banho:** potência de chuveiros elétricos.

2.2.1 Lâmpadas Elétricas

No caso da iluminação, de maneira geral para o Brasil, verifica-se o predomínio de lâmpadas incandescentes de 25W em todas as classes de renda. No entanto, a participação destas é maior nas classes de baixa renda, sendo de aproximadamente 50%.

Nas classes de maior renda a participação destas reduz até 28%, cedendo mercado para lâmpadas incandescentes de maior potência e lâmpadas fluorescentes compactas. Em segundo lugar em

⁷ Esta análise baseia-se na pesquisa PUC (2005).

participação, com um comportamento decrescente menos acentuado em função da renda, aparecem as lâmpadas incandescentes de 60W.

A Figura 2.4 ilustra a participação dos tipos de lâmpadas pesquisadas em relação as classes de renda para o caso geral brasileiro. No Anexo 1 são apresentadas as categorias de lâmpadas e suas participações nos mercados regionais e os consumos regionais por faixas de renda.

As hipóteses de uso das lâmpadas (tempo em que estas ficam ligadas por dia) são listadas na Tabela 2.1. O número de lâmpadas por residência por faixas de renda é apresentado na Tabela 2.2. O resultado da estimativa do consumo no Brasil devido ao uso da lâmpadas é apresentado na Tabela 2.3. Verifica-se, de um modo geral, que a diferença entre o consumo de lâmpadas por tipo nas classes de renda é mais divergente quando comparam-se lâmpadas incandescentes de maior potência e lâmpadas fluorescente compactas.

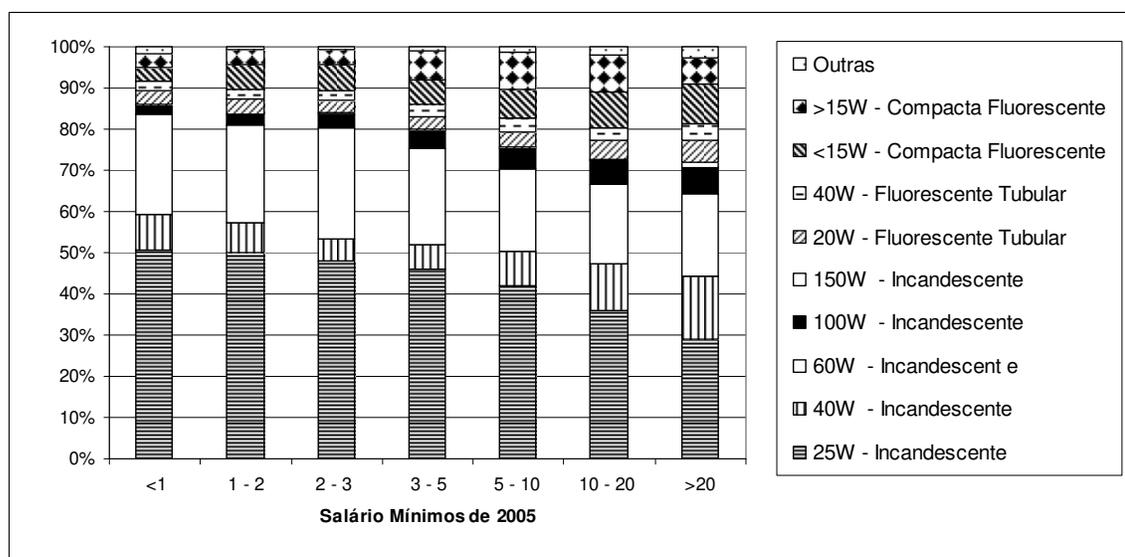


Figura 2.4 – *Market share* de lâmpadas elétricas por classes de renda no Brasil
 Fonte: Elaboração própria a partir de PUC (2005)

Tabela 2.1 – Hipóteses sobre o tempo de operação das lâmpadas no Brasil

% (Lâmpadas)	20%	10%	70%	Média Ponderada
Uso diário	4 horas	2 horas	1 hora	1,7

Tabela 2.2 – Número médio de lâmpadas por região por classes de renda

Região	Renda (Salários mínimos de 2005)						
	<1	1 a 2	2 a 3	3 a 5	5 a 10	10 a 20	>20
SE	10,17	10,48	11,82	13,24	15,86	20,86	20,22
S	8,59	12,00	12,47	12,93	15,72	21,52	28,38
CO	9,60	14,12	13,00	13,21	14,93	17,97	20,67
N	10,00	8,43	11,37	12,55	14,58	19,45	20,67
NE	9,56	10,62	13,46	15,36	16,88	12,24	27,36
Média	9,58	11,12	12,42	13,45	15,59	18,40	23,46

Fonte: Elaboração própria a partir de PUC (2005)

Tabela 2.3 – Consumo de lâmpadas por residência no ano de 2005 (kWh/ano) no Brasil

Tipos de Lâmpadas	Renda (Salários mínimos de 2005)						
	<1	1 a 2	2 a 3	3 a 5	5 a 10	10 a 20	>20
25W – Incandescente	75,17	86,09	92,63	95,85	101,99	102,41	105,90
40W - Incandescente	20,87	20,95	16,58	20,20	31,35	52,78	89,58
60W - Incandescente	86,86	97,47	123,74	116,44	116,82	132,99	172,82
100W - Incandescente	13,41	18,63	27,74	38,01	48,58	64,48	93,76
150W - Incandescente	1,96	0,77	2,48	2,00	3,82	4,51	25,30
20W - Fluorescente Tubular	3,91	4,74	4,62	5,41	7,20	10,17	16,05
40W - Fluorescente Tubular	5,22	6,80	7,02	9,30	12,59	14,16	23,74
Fluorescente compacta < 15W	2,91	6,24	7,38	7,65	9,98	15,07	20,64
Fluorescente compacta >15W	3,16	3,76	4,37	8,72	13,28	15,15	13,96
Outras	2,05	1,05	0,95	1,81	2,82	5,23	8,61
Total	215,51	246,51	287,52	305,39	348,45	416,95	570,37

Fonte: Elaboração própria a partir de PUC (2005)

2.2.2 Refrigeradores e “freezers”

No caso dos refrigeradores, verifica-se que, para equipamentos com faixa de volume de até 200 litros e equipamentos com volume superior a 500 litros, parece não existir correlação com as respectivas participações no mercado e as classes de renda, o que pode ser explicado, no caso dos equipamentos com maior volume pelo fato de que existe provavelmente uma maior reutilização desses equipamentos pelas classes de baixa renda. Para as outras faixas de volume, percebe-se um comportamento já esperado: 1) modelos com volume até 400 litros sem a tecnologia ““Frost Free”” (FF) estão concentrados nas classes de baixa renda e; 2) equipamentos com volume superior a 300 litros com tecnologia FF concentrados em classes de renda superiores. A Figura 2.5 ilustra o comportamento das participações no mercado dos refrigeradores em função das classes de renda.

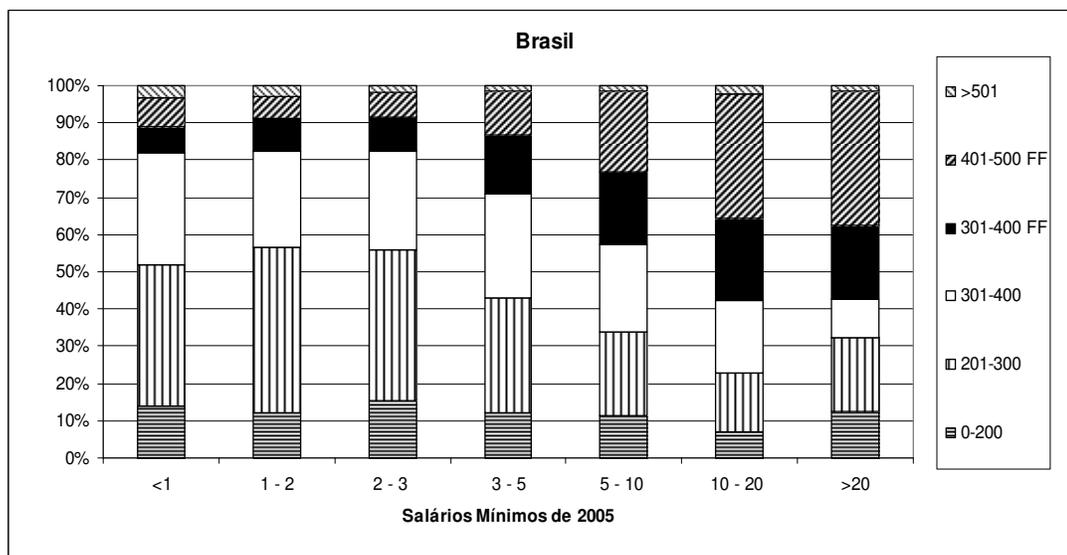


Figura 2.5 – *Market Share* – Faixas de volume de refrigeradores (litros) por classes de renda.
 Fonte: Elaboração própria a partir de PUC (2005)

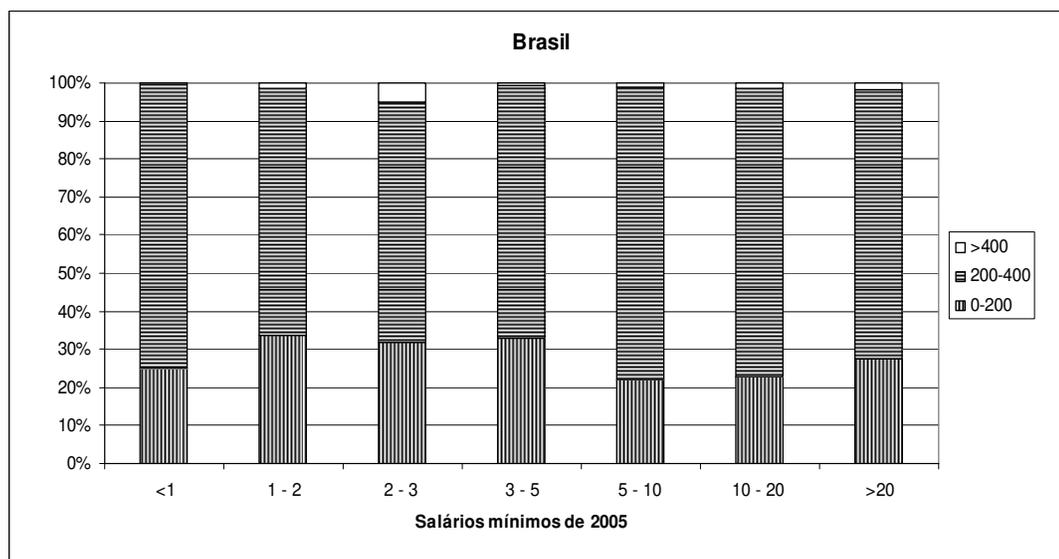


Figura 2.6– *Market Share* – “Freezer” (litros) por classes de renda no Brasil.
 Fonte: Elaboração própria a partir de PUC (2005)

No caso dos “freezers”, verifica-se através da Figura 2.6 a não existência de correlação entre as faixas de volume consideradas e as classes de renda. No entanto, percebe-se claramente o domínio do mercado por equipamentos com volume entre 200 e 400 litros, com participação em média de 70% do mercado. Em segundo lugar aparecem os equipamentos com volume até

200 litros, e por último, com participação reduzida aparecem os “freezers” com volume superior a 400 litros.

No caso dos refrigeradores a pesquisa PUC (2005) contemplou 8 fabricantes totalizando 49 modelos existentes no mercado, conforme lista o Anexo 2. Estes equipamentos foram agrupados por faixa de volume e característica técnica “Frost Free” (FF) de modo a estabelecer modelos equivalentes de refrigeradores conforme lista a Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Modelo equivalente e respectivos consumos anuais: refrigeradores

Modelos Equivalentes	Volume (litros)	Consumo (kWh/ano)
Compacto	0-200	232,40
1 porta	201-300	326,55
1 porta	301-400	483,49
Combinado “Frost Free”	301-400	580,35
Combinado “Frost Free”	401-500	667,29
Combinado “Frost Free”	>501	1036,80

Fonte: Elaboração própria a partir de PUC (2005)

No caso dos “freezers” a pesquisa PUC (2005) contemplou 7 fabricantes totalizando 37 modelos conforme lista o Anexo 2. Estes foram agrupados por faixas de volume conforme lista a Tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Modelo equivalente e respectivos consumos anuais: “freezers”

Modelos Equivalentes	Volume (litros)	Consumo (kWh/ano)
Vertical/Horizontal	0-200	507,80
Vertical/Horizontal	201-400	629,63
Vertical/Horizontal	> 401	1061,76

Fonte: Elaboração própria a partir de PUC (2005)

2.2.3 Condicionadores de Ar

No caso do condicionamento térmico foram avaliados os condicionadores de ar janela ou parede e “Split”⁸. Nas classes de renda até 2 salários a penetração destes equipamentos e bem

⁸ Os aparelhos tipo split possuem o compressor (lado externo) separados dos evaporadores (lado interno). A lista de aparelhos de ar condicionado pode ser verificada no Anexo 3.

reduzida. Verifica-se que a partir das classes entre 3 e 5 salários mínimos que é crescente a participação de equipamento com maior potência com o aumento da renda.. A Figura 2.7 ilustra o *market share* das faixas de potência dos condicionadores de ar por classes de renda para o Brasil. A Tabela 2.6 lista, para os modelos equivalentes de condicionadores de ar estudados, o consumo estimado e o *market share*.

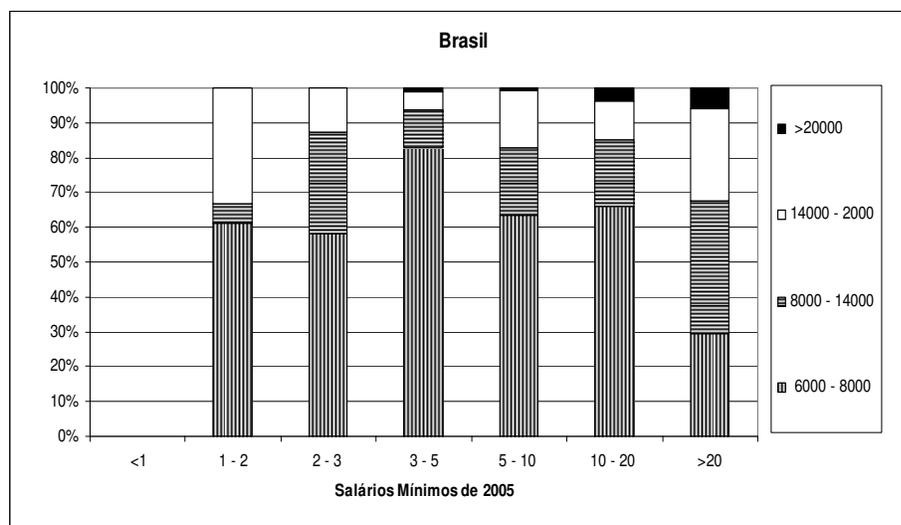


Figura 2.7 – *Market share* - Potência (Btu/h) de condicionadores por classes de renda no Brasil.
Fonte: Elaboração própria a partir de PUC (2005)

Tabela 2.6 – Características dos modelo equivalentes dos aparelhos de ar condicionado

Aparelhos de ar condicionado - Modelos Equivalentes	Consumo anual ¹ (kWh)	<i>Market Share</i>
(<6000Btu/h)	283,50	0,48%
(entre 6000 e 8000 Btu/h)	258,88	64,49%
(entre 8000 e 14000 Btu/h)	358,31	19,32%
(entre 14000 e 2000 Btu/h)	581,73	14,25%
(>20000 Btu/h)	869,79	1,45%

¹ O consumo reflete a média do cruzamento dos dados da pesquisa com a tabela do INMETRO para o ano de 2008. A operação utilizada na estimativa é de 5 horas dia durante 6 meses. Fonte: Elaboração própria a partir de PUC (2005)

2.2.4 Televisores

No caso dos televisores é evidente a correlação entre o as dimensões dos equipamentos e as classes de renda conforme ilustrado na Figura 2.8. Aparelhos com dimensão menor que 17 polegadas decrescem sua participação em função da renda e aparelhos maiores que 25 polegadas

possuem forte variação positiva da participação no mercado com a renda. Os equipamentos pesquisados são listados no Anexo 4.

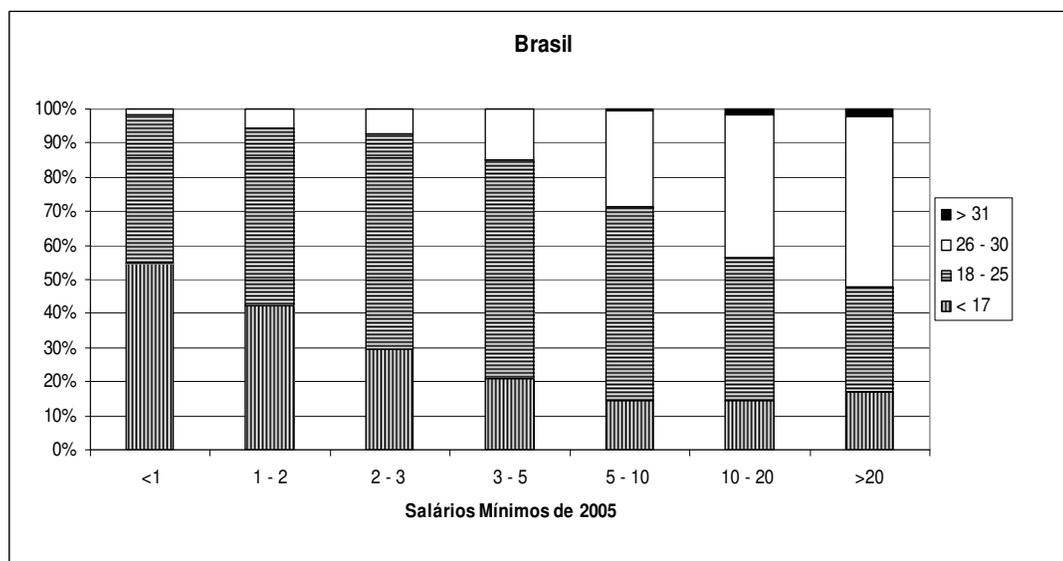


Figura 2.8 – *Market Share* – Faixas de polegadas de televisores por classes de renda no Brasil.
Fonte: Elaboração própria a partir de PUC (2005)

Tecnologicamente esses equipamentos variaram muito em relação a qualidade das imagens; no entanto, o consumo de energia também acompanhou esse acréscimo. Atualmente, com as tecnologias *standy-by*, a potência média dos equipamentos brasileiros aumentou 3,3W em média. Outras tecnologias, como televisores LCD e Plasma com dimensões maiores, também demandam mais energia em relação aos modelos mais usuais no Brasil, de 21 polegadas. A Tabela 2.7 lista o consumo estimado dos televisores no Brasil.

Tabela 2.7 – Consumo médio de televisores no Brasil

Faixas (Polegadas)	Consumo Anual kWh/ano ¹	<i>standyby</i> kWh/ano
menor ou igual a 17	136,5	19,5
18 a 25	220,5	17,5
26 a 30	294,5	19,5
maior ou igual a 31	476,5	5,9

¹Considerou-se um uso diário de 8 horas e *standyby* de 16 horas.

Fonte: Elaboração própria a partir de pesquisa de modelos de equipamentos pela Internet.

2.2.5 Chuveiros elétricos

A análise das categorias de equipamentos por faixas de potência evidência conforme mostra a Figura 2.9 o grande domínio do mercado (cerca de 80%) de equipamentos com potência de até 4999W. Em seguida aparecem os equipamentos com potência entre 5000W e 6999W, com cerca de 10% do mercado. Equipamentos com potência maior alcançam cerca de 3% do mercado nas classes com renda superior a 20 salários mínimos. Os equipamentos pesquisados estão listados no Anexo 5.

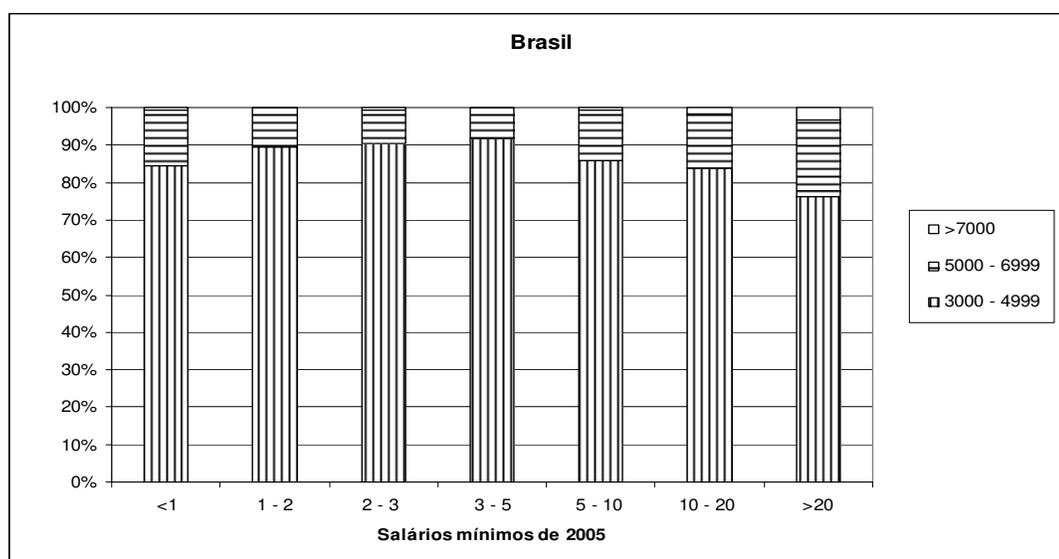


Figura 2.9 – *Market Share* – Potências de chuveiros (W) por classes de renda no Brasil.
Fonte: Elaboração própria a partir de PUC (2005)

O consumo destes equipamentos é fortemente dependente de seu uso e das condições de temperatura regionais. Famílias maiores tendem a ter um consumo relativo maior devido ao maior número de banhos. Nas regiões com maior temperatura média anual, Norte e Nordeste, a posse destes equipamentos ainda hoje é insignificante nas classes de baixa renda. Assim, o consumo médio mensal⁹ destes equipamentos varia conforme as estimativas do presente trabalho entre 168 kWh/ano nas classes de baixa renda até 406 kWh/ano nas classes de maior renda.

⁹ Considerou-se um uso por domicílio de 0,67 horas dia.

A Tabela 2.8 ilustra a ponderação¹⁰ adotada em relação a posição da chave nas diferentes macro regiões brasileiras consideradas.

Tabela 2.8 – Consumo ponderado de chuveiros por região no Brasil

Posição da chave	50% morno 50% quente	0% morno 100% quente	100% morno
Faixa de Potência (W)	Sudeste	Sul	CO, N e NE
3000 - 4999	44,6	52,5	36,7
5000 - 6999	70,1	82,5	57,7
>7000	89,3	105	73,5

Fonte: Elaboração própria a partir de PUC (2005)

2.3 A estrutura do consumo

O consumo total de energia por faixas de renda para cada uma das regiões pesquisadas é dada pela Equação 2.1.

$$C_{TFR} = \sum_{CC} P_{CC} \times \left(\frac{C_{MAX} + C_{MIN}}{2} \right)_{CC} \quad (2.1)$$

onde P_{CC} é a participação da classe de consumo CC , C_{MAX} é o consumo máximo e C_{MIN} é o consumo mínimo da respectiva classe de consumo. O consumo de cada uso final é dado pela Equação (2.2).

$$C_{E,FR} = F_{NE} * F_I * \sum_M (P_M * C_M) \quad (2.2)$$

onde F_{NE} é o fator número de equipamentos por residência dado pela Tabela 2.9, F_I é o fator de degradação da eficiência conforme a idade, quando aplicável para o equipamento¹¹. A Tabela 2.10 lista os fatores adotados. P_M é a participação do modelo M equivalente em cada faixa de: 1)

¹⁰ A potência nominal do chuveiro foi ponderada com base na posição da chave, em “morno”, “quente”. Assim, o fator de correção é tal que: [(a x 70%) +(b)] (Schaeffer 2007) Sendo:

a = participação dos chuveiros com a chave na posição “morno”;

b = participação dos chuveiros coma chave na posição “quente”;

(a x 70%) = pois a potência nominal diminui em 30% ao usar em “morno”

¹¹ Este fator é aplicado no consumo dos equipamentos: refrigerador, freezer e aparelhos de ar condicionado.

potência para chuveiros, lâmpadas, condicionadores de ar; 2) volume para refrigeradores e “freezers” e 3) polegadas para televisores. C_M é o consumo dos modelos equivalentes para cada faixa descrita acima, que por sua vez é o consumo médio dos equipamentos pesquisados que se enquadram nas respectivas faixas. Assim, para cada faixa de renda a demanda dos outros equipamentos¹² é dada pela Equação 2.3.

$$CO_{FR} = \left(\sum_{CC} P_{CC} * \left(\frac{C_{MÁX} - C_{MIN}}{2} \right)_{CC} \right) - \sum_E C_{E,FR} \quad (2.3)$$

Tabela 2.9 - Número de equipamentos por classes de renda

F _{NE}	<1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	5 - 10	10 - 20	>20
Lâmpadas	10	11	12	13	16	18	23
Televisores	1	1	1	1	1	2	2
Refrigeradores	1	1	1	1	1	1	1
Freezer	1	1	1	1	1	1	1
Ar condicionado	1	1	1	1	2	3	3
Chuveiros	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Elaboração própria com base em PUC (2005).

Tabela 2.10 - Fatores de degradação da eficiência elétrica

Equipamentos	0-5 (Anos)	6 a 10 (Anos)	11 a 15 (Anos)
Refrigerador ¹³	0	1,16	1,43
Freezer	0	1,13	1,40
Ar Condicionado ¹⁴	0	1,15	1,35

Finalizando, a equação geral de estimativa da participação dos usos finais considerados no consumo de eletricidade das residências por faixas de renda é dada pela Equação (2.4):

¹² Os outros equipamentos são os equipamentos não considerados no presente trabalho como: máquina de lavar roupas, máquina de lavar louças, rádios, computadores, ferros de passar roupa, microondas, etc.

¹³ Os principais problemas são: vedação e isolamento (a partir dos 5 anos de idade) e Termostato e Compressor (a partir dos 10 anos de idade).

¹⁴ As principais falhas que podem ocasionar um consumo excessivo de energia elétrica por esses equipamentos são: compressores com defeito, erro de controle, condensador, sistema elétrico, evaporador, controle de ar, vazamento de refrigerante, retorno na água de resfriamento e ventilador.

$$PC_{E,FR} = P_{E,FR} \times \left(\frac{C_{E,FR}}{C_{TFR}} \right) \times 100 \quad (2.4)$$

onde PC é a participação do uso final em %, P é a penetração do equipamento na faixa de renda. Os valores médios ponderados das participações das classes de consumo por faixas de renda possibilita a determinação do consumo mensal médio das residências por faixas de renda.

2.3.1 Análise regional por classes de renda

As estimativas apresentaram, de maneira geral, os reflexos da existência de um maior número de equipamentos, de uma maior gama de equipamentos e de uma maior capacidade destes nas classes de alta renda. Enquanto nas classes de baixa renda o consumo de chuveiros elétricos, lâmpadas, refrigeradores e televisores são responsáveis por até 100% do consumo dos domicílios, nas classes com renda superior a 10 salários mínimos a participação destes equipamentos é de aproximadamente 50%.

Em relação às variações regionais, percebe-se que fatores como luminosidade, clima e temperatura e diferenças de hábitos de uso dos equipamentos também podem influenciar no consumo de eletricidade de cada equipamento.

No caso das lâmpadas, a participação através das classes de renda é em torno de 20%. No entanto, enquanto nas classes com renda inferior a 1 salário mínimo o consumo médio é de 20 kWh/mês, nas classes com renda superior a 20 salários mínimos este consumo é de até 120 kWh/mês. Em relação às diferenças regionais, percebe-se que existe um consumo mais intenso nas regiões Sul e Sudeste, regiões mais afastadas da linha do Equador e com menores taxas de luminosidade anuais.

Os refrigeradores representam, de maneira geral, a maior participação no consumo de eletricidade nas classes de baixa renda, os valores variam entre 25% e 35% e o consumo médio é de cerca de 35 kWh/mês. Por outro lado, nas classes com renda superior a 10 salários mínimos a participação destes equipamentos é em média de 13% e o consumo é de cerca de 48 kWh/mês.

Os “freezers” possuem um comportamento contrário ao dos refrigeradores. A participação destes aumenta com a renda, assim como o consumo médio. Enquanto a participação destes equipamentos nas classes de baixa renda é em torno de 2% e o consumo médio por residência é cerca de 5 kWh/mês, nas classes de alta renda a participação destes equipamentos alcança 7% e o consumo 37 kWh/mês.

Os aparelhos de ar condicionado, de maneira geral, aparecem significativamente nas classes com renda superior a três salários mínimos. A partir desta classe, o consumo destes equipamentos varia em média de 1 kWh/mês até cerca de 160 kWh/mês nas classes de alta renda. Assim, um crescimento da participação destes equipamentos no consumo total de aproximadamente 1% para valores em média de 35% nas regiões mais quentes norte e nordeste e cerca de 20% em média nas outras regiões.

Os aparelhos de televisão decresce sua participação ao longo das classes de renda de cerca de 13% nas classes com renda mais baixa para 7% nas classes de alta renda. No sentido oposto o consumo destes equipamentos varia de aproximadamente 13 kWh/mês para cerca de 41 kWh/mês nas classes de alta renda.

Os chuveiros elétricos são os equipamentos que apresentam a maior variação regional de consumo. Nas regiões Norte e Nordeste o consumo destes equipamentos em classes de baixa renda é inexistente, ou pouco significante. Por outro lado, na região Sul estes equipamentos possuem participação de até 43% em classes de baixa renda. Nesta região, o consumo referente a esses equipamentos é em media de 55 kWh/mês. Percebe-se, também, através das estimativas, que existe uma significativa redução do uso destes equipamentos nas classes com renda superior a 20 salários mínimos, o que pode ser explicado em parte pela substituição do uso destes equipamentos por aquecedores solares ou por aquecimento a gás.

Os outros equipamentos, os quais contemplam uma vasta gama de equipamentos como, por exemplo, máquinas de lavar roupas, máquinas de lavar louças, máquinas de secar roupas, aparelhos de som e dvds representam participação inexistente ou pouco significante nas classes de baixa renda em todas as regiões consideradas. O consumo destes equipamentos nas classes de

alta renda chega a alcançar cerca de 183 kWh/mês. As tabelas 2.11 a 2.16 listam os resultados das estimativas referentes aos consumos regionais e as respectivas participações em % dos equipamentos considerados.

Tabela 2.11 – Estimativa do consumo em kWh/mês e respectivas participações em % dos equipamentos nos domicílios brasileiros por classes de renda – Região Sudeste

Sudeste	<1		1 - 2		2 - 3		3 - 5		5 - 10		10 - 20		>20	
Lâmpada	20	19%	26	22%	32	21%	37	20%	52	20%	66	19%	119	24%
Refrig.	33	31%	35	30%	39	26%	43	23%	41	16%	45	13%	42	8%
Freezer	5	4%	3	3%	6	4%	7	4%	15	6%	20	6%	30	6%
Ar Cond.	0	0%	0	0%	1	1%	2	1%	11	4%	37	11%	104	21%
Televisor	13	12%	15	12%	17	11%	18	10%	19	7%	41	12%	40	8%
Chuveiros	34	33%	40	34%	42	27%	44	24%	44	17%	42	12%	37	7%
Outros	0	0%	0	0%	16	11%	36	19%	81	31%	94	27%	126	25%
Total	105	100%	119	100%	153	100%	187	100%	263	100%	344	100%	497	100%

Tabela 2.12 – Estimativa do consumo em kWh/mês e respectivas participações em % dos equipamentos nos domicílios brasileiros por classes de renda – Região Sul

Sul	<1		1 - 2		2 - 3		3 - 5		5 - 10		10 - 20		>20	
Lâmpada	17	15%	24	17%	29	19%	34	20%	48	21%	69	21%	126	21%
Refrig.	32	28%	38	26%	39	25%	46	27%	41	18%	46	14%	50	8%
Freezer	0	0%	9	6%	10	6%	16	9%	24	11%	35	10%	36	6%
Ar Cond.	0	0%	0	0%	3	2%	3	2%	21	9%	67	20%	154	25%
Televisor	14	13%	15	10%	16	11%	18	10%	18	8%	36	11%	44	7%
Chuveiros	49	43%	60	41%	56	37%	56	32%	64	28%	53	16%	11	2%
Outros	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	13	6%	28	8%	185	31%
Total	112	100%	147	100%	153	100%	174	100%	229	100%	334	100%	606	100%

Tabela 2.13 – Estimativa do consumo em kWh/mês e respectivas participações em % dos equipamentos nos domicílios brasileiros por classes de renda – Região Centro Oeste

Centro O.	<1		1 - 2		2 - 3		3 - 5		5 - 10		10 - 20		>20	
Lâmpada	20	20%	21	15%	27	18%	31	19%	44	21%	64	21%	106	22%
Refrig.	35	35%	50	37%	38	26%	41	24%	37	17%	44	14%	45	9%
Freezer	0	0%	6	5%	6	4%	6	4%	7	4%	13	4%	32	7%
Ar Cond.	0	0%	5	4%	4	3%	5	3%	13	6%	36	12%	65	13%
Televisor	14	14%	18	13%	17	12%	18	11%	19	9%	43	14%	40	8%
Chuveiros	32	31%	28	21%	26	18%	29	17%	30	14%	31	10%	31	6%
Outros	0	0%	8	6%	31	20%	37	22%	60	29%	72	24%	173	35%
Total	100	100%	136	100%	150	100%	166	100%	211	100%	303	100%	493	100%

Tabela 2.14 – Estimativa do consumo em kWh/mês e respectivas participações em % dos equipamentos nos domicílios brasileiros por classes de renda – Região Norte

Norte	<1		1 - 2		2 - 3		3 - 5		5 - 10		10 - 20		>20	
Lâmpada	19	22%	22	19%	27	19%	29	14%	42	17%	55	17%	78	14%
Refrig.	26	30%	35	31%	37	26%	42	21%	38	16%	41	13%	49	9%
Freezer	0	0%	0	0%	7	5%	8	4%	23	9%	34	11%	32	6%
Ar Cond.	0	0%	0	0%	0	0%	7	3%	37	15%	120	38%	153	27%
Televisor	12	14%	14	12%	16	11%	16	8%	18	8%	41	13%	59	11%
Chuveiros	0	0%	0	0%	1	1%	4	2%	9	4%	15	5%	34	6%
Outros	31	35%	43	38%	57	39%	93	47%	75	31%	14	4%	155	28%
Total	88	100%	113	100%	146	100%	200	100%	243	100%	319	100%	560	100%

Tabela 2.15 – Estimativa do consumo em kWh/mês e respectivas participações em % dos equipamentos nos domicílios brasileiros por classes de renda – Região Nordeste

Nordeste	<1		1 - 2		2 - 3		3 - 5		5 - 10		10 - 20		>20	
Lâmpada	17	20%	19	16%	24	17%	26	15%	37	16%	50	16%	79	17%
Refrig.	28	34%	38	31%	39	28%	46	26%	44	19%	46	15%	49	11%
Freezer	2	2%	3	3%	4	3%	8	5%	17	8%	34	11%	37	8%
Ar Cond.	0	0%	0	0%	2	1%	7	4%	30	13%	98	32%	193	41%
Televisor	13	15%	14	12%	16	11%	18	10%	19	9%	41	13%	42	9%
Chuveiros	4	5%	3	3%	8	6%	14	8%	23	10%	21	7%	15	3%
Outros	20	24%	43	36%	49	35%	58	33%	56	25%	19	6%	49	10%
Total	83	100%	121	100%	142	100%	177	100%	226	100%	308	100%	465	100%

Tabela 2.16 – Estimativa do consumo em kWh/mês e respectivas participações em % dos equipamentos nos domicílios brasileiros por classes de renda – Brasil

Brasil	<1		1 - 2		2 - 3		3 - 5		5 - 10		10 - 20		>20	
Lâmpada	18	21%	22	20%	28	19%	33	18%	46	19%	63	18%	110	22%
Refrig.	30	35%	37	33%	39	26%	43	23%	40	16%	44	13%	42	9%
Freezer	3	3%	4	3%	6	4%	8	4%	16	6%	23	7%	32	7%
Ar Cond.	0	0%	1	1%	2	1%	4	2%	19	8%	54	15%	95	19%
Televisor	13	15%	15	13%	16	11%	18	10%	19	8%	40	12%	41	8%
Chuveiros	14	16%	18	17%	28	19%	33	18%	36	15%	36	10%	29	6%
Outros	8	10%	14	13%	29	19%	45	25%	72	29%	89	26%	139	28%
Total	85	100%	111	100%	148	100%	183	100%	249	100%	350	100%	490	100%

2.3.2 Outros Estudos

Os estudos relacionados focam nos equipamentos responsáveis por grande parte do consumo dos domicílios. Apesar da diversidade de fontes de dados, da diferença temporal das

pesquisas e de enfoque metodológico, os resultados em alguns casos apresentam-se razoavelmente similares. A Tabela 2.17 lista os resultados da estrutura da demanda por usos finais para o setor residencial conforme os trabalhos de Jannuzzi (1991), Almeida, Schaeffer & La Rovere (2001), Achão (2003), Ghisi, Gosch & Lamberts (2007) e Shaefer *et al* (2007).

Os refrigeradores, lâmpadas e chuveiros elétricos aparecem nos estudos como os maiores responsáveis pelo consumo de energia. No entanto, como analisado anteriormente, existe grande variação deste consumo através das classes de renda. No caso dos refrigeradores, a participação estimada no presente trabalho é menor quando comparada aos outros trabalhos, o que pode ser explicado pela crescente participação de equipamentos eficientes no mercado, conforme indica Cardoso (2008).

Tabela 2.17 – Composição da demanda de eletricidade no setor residencial em diferentes estudos (%).

Referência Ano dos dados	Jannuzzi (1991) dados de 1986 (%)	Almeida <i>et al</i> (2001) dados de 1998 (%)	Achão (2003) dados de 1999 (%)	Ghisi <i>et al</i> (2007) dados de 1998 (%)	Presente Trabalho Dados de 2005 (%)
Lâmpadas	12	12,3	17,2	11	19
Refrigeradores	33	34,1	34,9 ¹	33	22
“freezers”	4	-		9	5
Ar condicionado	7	3	11,2	10	4
Televisores	3	-	-	6	10
Chuveiros	23	20,7	17	20	16
Outros	18	29,9	19,7	11	24
Total	100	100	100	100	100

¹Este autor considera para o uso final a refrigeração de alimentos os refrigeradores e “freezers” em conjunto.

Os “freezers” e aparelhos de ar condicionado, equipamentos em que a posse não é significativa nas classes de baixa renda, possuem relevância intermediária no consumo residencial, variando entre 3% e 10%. Conforme mostra a Figura 2.10 as vendas anuais destes equipamentos no período de 1994 e 2004 indicam uma redução significativa de aproximadamente 50% do mercado de “freezers” e um acréscimo de 200% do mercado de aparelhos de ar condicionado.

No caso dos televisores, as estimativas indicam um aumento comparativo do peso destes equipamentos no consumo residencial, o que pode ser explicado pelo grande acréscimo da penetração destes equipamentos, conforme indica IBGE (2006); enquanto em 1987 42,6% da população não possuía televisores, em 2003 este percentual era de apenas 6,2%.

A participação de outros equipamentos apresentou variação entre 11% (Ghisi *et al*, 2007) e 29,9% (Almeida *et al*, 2001). Conforme indicam as estimativas, esta participação possui uma variação ainda maior quando se considera as divergências entre as classes de renda. As vendas anuais de vários equipamentos que compõem os outros equipamentos para o período de 1994 - 2002 é ilustrado na Figura 2.11.

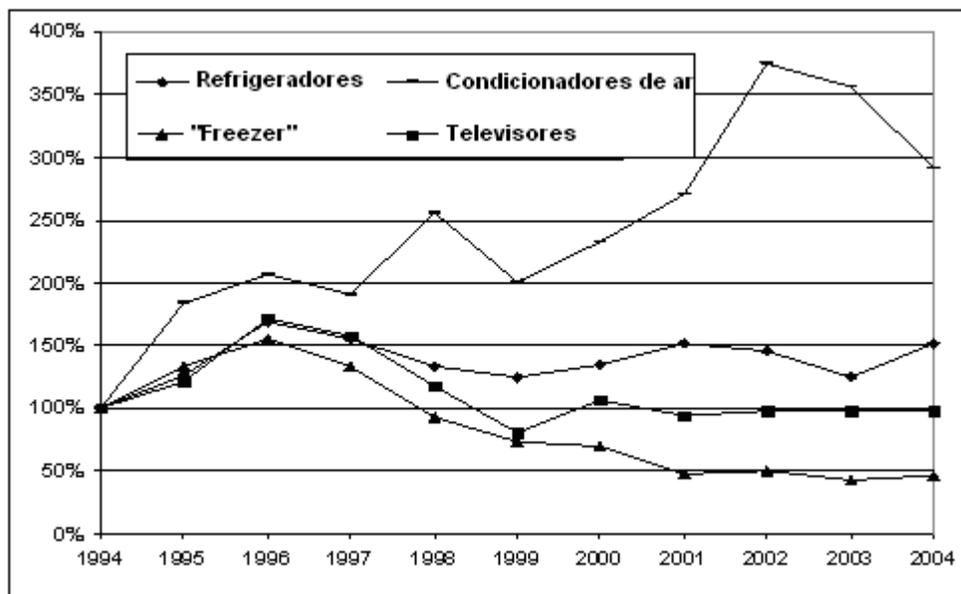


Figura 2.10 – Vendas percentuais de refrigeradores, condicionadores de ar, televisores e “freezers” com base em 1994. Fonte: ELETROS 2007

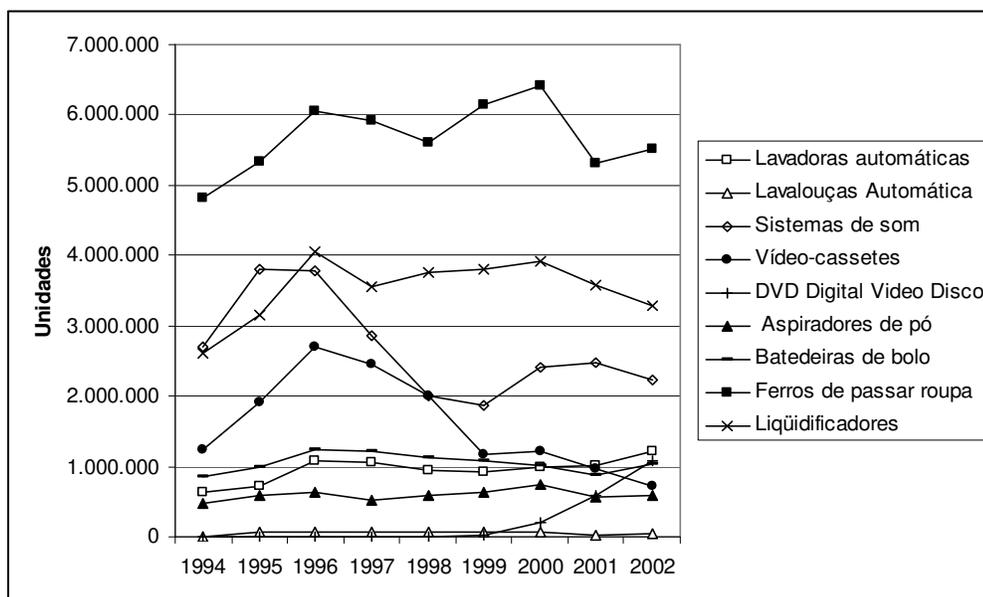


Figura 2.11 – Vendas anuais de equipamentos no Brasil no período de 1994-2002 Fonte: ELETROS 2007

2.4 A indústria de linha branca no Brasil

O setor de linha branca no Brasil, até início da década de 1990, era fechado para importações e por isso tinha um grau muito baixo de internacionalização. As indústrias do setor focavam o considerável mercado interno e não acompanhavam as tendências mundiais. Porém, em meados da década de 1990, esta situação começou a mudar. Mascarenhas (2005) pontua: Com o “boom” do mercado de linha branca pós Plano Real, e o apetite estrangeiro por investimentos em países em desenvolvimento, viu-se uma grande transformação deste setor no país. As grandes corporações internacionais fizeram aquisições no mercado local a fim de consolidar sua posição de líderes globais.

Inserido no contexto global, o setor passou a receber e fornecer soluções no âmbito mundial. As plataformas de baixo custo aqui instaladas colocaram o país em situação de poder fornecer produtos para países em desenvolvimento da África, Ásia e América Latina. Por outro lado, também foram identificadas oportunidades para exportação de produtos para a classe média dos EUA e Europa, a partir da base produtiva aqui instalada e do conhecimento tecnológico que estava sendo trocado.

Neste contexto de internacionalização, o setor acelerou a inovação tecnológica e o processo de lançamento de novos produtos. Porém, dadas as condições do mercado brasileiro, os produtos populares continuaram a ser dominantes, logo, os padrões dos produtos comercializados internamente não sofreram mudanças acentuadas.

Assim, pode-se concluir que as indústrias aqui instaladas possuem o conhecimento tecnológico e a capacidade de produção para implementar em seus produtos, inovações responsáveis pelo aumento da eficiência energética.

Capítulo 3

3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

3.1 Introdução

A informação crucial para a implementação de medidas de promoção da eficiência energética é a estimativa dos potenciais de conservação de energia em cada setor. No Brasil, um importante estudo que contempla esta análise para o setor residencial é desenvolvido por Schaeffer *et al* (2007). No caso, são identificados potenciais (técnicos, econômicos e mercado)¹⁵ de conservação de energia pelo lado da demanda para os principais usos finais no setor. Merece destaque que, mesmo utilizando critérios rigorosos no cálculo do potencial de mercado (no caso, taxas de juros elevadas, aplicadas no varejo – média próxima a 80% ao ano) são identificados potenciais de conservação de energia viáveis economicamente.

A experiência internacional (U.S. Department of Energy, 2001, European Commission, 2005) tem mostrado que a conservação de energia torna-se efetiva na medida em que são implementados mecanismos de políticas públicas, uma vez que o mercado “por si” é imperfeito em tornar disponível serviços e equipamentos mais eficientes no uso da energia. O Plano Nacional de Energia 2030 (EPE, 2007) cita: “apenas os atuais mecanismos de mercado não têm sido suficientes para promover os desejáveis e possíveis incrementos de eficiência no uso final da energia”.

No estudo realizado pelo “International Energy Agency’s Demand-Side Management Program” foi criada uma tarefa (*task* VI) denominada “Mechanisms for Promoting Demand-Side Management in Changing Electricity Businesses” no qual especialistas de 13 países da União Européia identificam e relatam a experiência dos principais mecanismos de promoção da

¹⁵ Técnico: uso de uma combinação das alternativas mais eficientes disponíveis no mercado. Econômico: é determinado pelas restrições econômicas impostas às alternativas de maior eficiência elétrica. Mercado: para a avaliação econômica é contemplada a ótica do mercado.

eficiência energética em seus países. Vine *et al* (2003) sintetizam esses mecanismos, os quais estão ilustrados na Tabela 3.1

Tabela 3.1 – Mecanismos para promoção da eficiência energética

Mecanismos	Característica
Mecanismos de controle	Eficiência energética como fonte de suprimento mandatária
	Licença condicionada para eficiência energética em negócios no mercado de eletricidade
	Planejamento integrado de recursos
	Eficiência energética e gerenciamento da carga como alternativas a expansão da rede
	Regulação das receitas
	Códigos e padrões de eficiência energética
Mecanismos de fundos	Fundo público para eficiência energética
	Financiamento da eficiência energética através de negócios no mercado de eletricidade
Mecanismos de suporte	Esquemas de treinamento para profissionais na área
	Centros de energia
	Criação de redes de organizações sobre energia
	Desenvolvimento das ESCOs
	Promoção de eficiência energética por associações industriais
	Acordo entre os compradores de eletricidade para promoção da eficiência energética
	Acordos voluntários para promoção da eficiência energética
Mecanismos de mercado	Impostos sobre energia
	Isenção de taxas e incentivos para eficiência energética
	Fornecimento de informações nas contas de consumo de eletricidade
	Comunicação de preços e outras informações para eficiência energética
	Etiquetagem do desempenho energético
	Desenvolvimento de tipos de eficiência energética
	Cooperação para obtenção de aparelhos e equipamentos eficientes no uso da energia
	Contratos de desempenho energético
	Serviços de fornecimento de energia competitivos
	Fornecimento competitivo de equipamentos para a demanda
	Reduções pelo lado da demanda oferecidas nos mercados competitivos
	Licenças, permissões e sistemas de negócios para emissões de GEE

Fonte: Vine *et al* (2003)

3.2 A experiência japonesa

Com uma forte cultura de conservação de energia, o País é referência internacional em eficiência energética. Inicialmente o foco foi dado em pesquisa e desenvolvimento (P&D), na área de eficiência energética, com o denominado “Moon Light Project”, em 1978. O governo, em colaboração com a indústria, desenvolve turbinas a gás altamente eficientes, bombas de calor, tecnologias para evitar o desperdício de calor e as primeiras células combustíveis. Em 1979, com a segunda crise dos choques dos preços do petróleo, foi estabelecida a lei que concebe o uso

racional de energia, que, ainda hoje, após inúmeras revisões, é a regra central da política de eficiência no país.

No setor industrial, os planos de conservação e o controle voluntário do uso de energia devem e "Star" completamente de acordo com a lei de conservação de energia. As empresas devem submeter relatórios freqüentes e, também, preparar e submeter planos de conservação de energia de médio e longo prazo (EECJ, 2006)¹⁶. A forte cultura de conservação nesse setor, com base em políticas e programas estabelecidos a partir da década de 1970, dá suporte as indústrias para que essas se tornem cada vez mais eficientes. Em 1993 a lei de conservação de energia estabeleceu taxas de incentivos e empréstimos com taxas reduzidas para medidas de eficiência energética industrial. Em 1999 foi adotado um sistema de subsídios para acelerar a comercialização e adoção de tecnologias de eficiência energética avançadas. Também foi incentivada a co-geração através de taxas atraentes e um sistema de suporte ao financiamento. Projetos de turbinas de co-geração a gás natural podem receber subsídios que chegam a um terço do custo do empreendimento, e 50% se forem entidades municipais. Como resultado dessas medidas, mais de 7,9 GW de co-geração foram instaladas entre 2003 e 2005, (*Cogeneration Center Japan – CGC, 2006*)¹⁷.

Em 1983, foi estabelecido, para refrigeradores e aparelhos de ar condicionado o primeiro padrão de desempenho mínimo de consumo de energia. A partir de 1993 foram estabelecidas penalidades para a não adequação aos padrões mínimos, que também começaram a abranger: ar condicionado central, lâmpadas fluorescentes, televisores, copiadoras e unidades de disco magnético. Como resultado, por exemplo, o consumo médio dos novos refrigeradores foi menor em 15% entre 1979 e 1997, ao mesmo tempo em que a média de volume dos refrigeradores aumentou 90%, segundo EECJ (2002).

Um segundo ponto chave nas implementações de padrões foi a introdução, com a revisão da lei de conservação de energia, do *Top Runner Programme*, onde todos novos produtos, inclusive importados, teriam padrões mandatórios, em alguns casos com requerimento de

¹⁶ Ver http://www.eccj.or.jp/summary/local0511/eng/02_02_01.html. Consulta em 27/04/2006.

¹⁷ Ver <http://www.cgc-japan.com/english/eng04.html>. Consulta em 27/04/2006.

aumento de 50% do nível de eficiência, no período de 2003 a 2007. Alguns exemplos de novos produtos onde foram aplicados padrões são carros de passeio, e caminhões a Diesel e a gasolina. Também foram implementados padrões, a partir de 2003, com o objetivo de reduzir o consumo em *standby*; sendo que um acordo entre o governo e os produtores de equipamentos estabeleceu que a potência deve ser inferior a 1W.

Em 2002, o *Top Runner Programme* foi expandido para aquecedores de ar e água (a óleo e a gás), fogões a gás, máquinas registradoras e transformadores. É esperado que esse programa de padrões permita a conservação de 0,35 EJ em 2010 (IEA, 2002).

Os padrões de consumo de combustíveis para o setor de transportes estabelecidos pela lei de conservação de energia permitiram um aumento de eficiência no consumo de combustíveis de 8,5% entre 1990 e 2000. O *The Top Runner Program* requer que até 2010 a média do aumento da eficiência no consumo de combustíveis seja: 23% para carros a gasolina, 13% para caminhões a gasolina, 15% para carros a Diesel e 6,5% para caminhões a Diesel. O que implicaria, conforme sustenta IEA (2002), uma economia no consumo de combustíveis de 0,23 EJ/ano por volta de 2010.

3.3 A experiência dos Estados Unidos

Nos E.U.A, em adição aos choques dos preços do petróleo, nas décadas de 1970 e 1980, um outro fator também impulsionava a adoção de medidas em prol da conservação de energia: os custos dos novos empreendimentos para suprir a demanda adicional eram maiores que os custos de programas de conservação, que encareciam menos as tarifas. Assim, existiram fortes investimentos em P&D na área de eficiência, alguns bilhões de dólares nos últimos 30 anos (Geller, 2006b).

Além da criação de programas de conservação pelas próprias distribuidoras, órgãos do governo federal e estadual também estavam empenhados em iniciativas para promover a economia de energia. Podem ser citados tanto o DOE (*Department of Energy*) como o EPA (*Environmental Protection Agency*), que criaram programas como, por exemplo, o *Energy “Star” Program*, o qual continua influenciando no desempenho energético de computadores e

periféricos no mundo todo; há também o *Green Lights Program*, que possibilitou grandes economias de energia no setor de iluminação e, por isso, é replicado em outros países como a China.

Inicialmente, a adoção dos padrões de eficiência foi realizada em alguns estados: *California, New York, Massachusetts e Florida*. As dificuldades de adoção de padrões nacionais de eficiência se davam principalmente pela diversidade dos caminhos de produção das fábricas. No entanto, em 1987, após muitas negociações entre os defensores da eficiência energética e as empresas, os primeiros padrões nacionais foram estabelecidos e tornados leis. Grandes ganhos de eficiência existiram, os padrões abrangeram refrigeradores, máquinas de lavar roupas, aparelhos de ar condicionado e outros equipamentos. Em 1992 os padrões foram estendidos para motores, equipamentos usados em construções comerciais e alguns tipos de produtos de iluminação. Os padrões de eficiência energética para equipamentos elétricos são periodicamente revistos pelo DOE, que adota padrões mais estreitos caso exista viabilidade técnica e econômica (Geller, 2006b).

No caso dos padrões de eficiência para construções (*building energy codes*), apesar da forte oposição inicial da indústria de construção, muitos estados e localidades adotaram padrões mandatários para novas construções comerciais e residenciais. Modelos de códigos, como o *International Energy Conservation Code (IECC)* foram ganhando força e sendo amplamente adotados. Com a ajuda do governo federal, que prove assistência técnica e suporte financeiro à adoção e implementação dos códigos, 26 estados haviam adotado em 2004 a recente versão do IECC ou o equivalente *Bulding Codes Assistance Project (BCAP)*.

3.4 A experiência do Brasil

As primeiras iniciativas de conservação de energia e eficiência energética foram gerenciadas e financiadas através da empresa estatal ELETROBRAS e datam da década de 1970. Inicialmente elas eram promovidas pelo Centro de Pesquisas em Energia Elétrica - CEPTEL, cujo enfoque inicial era P&D na área de geração e transmissão. Em 1985, foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL, principal programa nacional voltado

para a conservação de energia. Com o objetivo de combater o desperdício de energia elétrica e estimular o uso eficiente e racional de energia elétrica, o PROCEL atuou e vem atuando em várias frentes: etiquetagem com o selo PROCEL, educação e *marketing* através da capacitação de profissionais, e o PROCEL nas escolas, no setor público, em prédios públicos, iluminação pública, no saneamento (PROCEL Sanear, através da gestão energética em municípios e, também, no setor privado, principalmente nas indústrias (PROCEL Indústria) e em prédios comerciais.

A partir da reestruturação do setor elétrico, com o início das privatizações em 1994, se iniciou o tratamento da eficiência energética de maneira regulada. Inicialmente nos contratos de concessão existiam cláusulas obrigando as companhias distribuidoras a investir em eficiência energética e P&D.

Em 1998, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), criada em 1996, começou a estabelecer regras sobre os investimentos, incluindo procedimentos para submissão de projetos, aprovação e verificação dos programas de eficiência energética das companhias distribuidoras. No entanto, as cláusulas tratavam estas questões de maneira genérica tornando difícil a supervisão dos investimentos e sua qualidade (Jannuzzi, 2005); assim, os investimentos nos primeiros ciclos não foram adequados aos interesses públicos, que fundamentavam a adoção da Lei 9.991. Por outro lado, foram alocados conforme os interesses das companhias de distribuição, que investiram na redução de perdas internas. Ver Figura 3.1.

A partir de então, muitas alterações ocorreram nas regras para a utilização dos recursos das distribuidoras, principalmente para corrigir os investimentos que refletiam somente os interesses das distribuidoras, como, por exemplo, investimento em eficiência pelo lado do suprimento. A Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, estabeleceu os respectivos percentuais de investimentos em P&D e EE. Até 31 de dezembro de 2010¹⁸: de 0,50% para P&D, e 0,50% para programas de eficiência energética¹⁹. Assim, as distribuidoras de eletricidade vêm investindo anualmente cerca

¹⁸Fonte: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/L9991.htm> (consulta em 18/03/2009)

¹⁹ Existiram leis que afetaram estes percentuais, porém estas foram revisadas e seguem os percentuais indicados inicialmente.

de R\$ 200 milhões em programas de eficiência energética em classes de baixa renda²⁰, cerca de metade dos seus investimentos compulsórios em programas de eficiência no uso final, conforme mostra a Tabela 3.2.

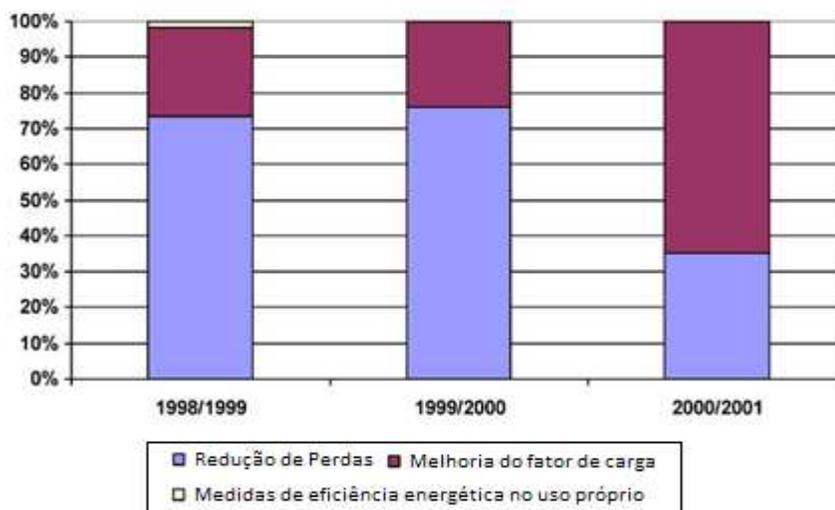


Figura 3.1 – Distribuição dos investimentos em eficiência energética pelas companhias de distribuição de eletricidade Fonte: Jannuzzi (2005), com base em Jannuzzi e Gomes (2002), ANEEL (1999, 2001) e ANEEL (2003).

Tabela 3.2 - Investimentos das concessionárias em programas de eficiência energética: ciclo 2005/2006 e 2006/2007

	2005/2006	2006/2007
Investimento (R\$)	296 milhões	183 milhões
Baixa renda	63%	66%
Indústria	15%	6%
Outros programas	22%	28%

Fonte: ANEEL (2007)

3.5 A eficiência energética no Plano Nacional de Energia 2030

O plano considera a eficiência energética em duas linhas gerais: progresso autônomo e progresso induzido²¹. Os padrões de eficiência energética, como mecanismo de política pública,

²⁰ Decisão da ANEEL contemplada nos manuais de eficiência energética da agência em 2004 e 2005.

²¹ Maiores detalhamentos na seção 3.5.

enquadram-se como indutores, porém seus potenciais impactos não são considerados especificamente.

1) **Conservação “autônoma”**: os indutores dessa eficiência incluem tanto ações intrínsecas a cada setor – como a reposição tecnológica natural, seja pelo término da vida útil, seja por pressões de mercado, ou ambientais, quanto motivadas por programas e ações de conservação já em uso no País. As reduções da eficiência energética no setor residencial são contempladas em 4 cenários apresentados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Eficiência energética no setor residencial (% do consumo final) e redução do consumo em 2030 – Progresso autônomo

Cenário	2010	2020	2030
A (alto crescimento econômico (5,1% ao ano))	2,5	6,7	8,0
B1 (médio crescimento econômico (4,1% ao ano))	1,2	3,4	4,1
B2 (médio crescimento econômico (3,2% ao ano))	1,2	3,3	3,9
C (baixo crescimento econômico (2,2% ao ano))	0,9	2,5	3,4

Fonte: (MME, 2007)

2) **Conservação “induzida”**: refere-se à instituição de programas e ações específicas, orientadas para determinados setores e refletindo políticas públicas. O PNE (2030) convencionou, segundo análise própria, um montante de energia conservada aproximadamente equivalente ao potencial dito de mercado, o que tornaria efetivo como resultado de um programa de ações específicas na área de conservação, ganhos de 1% até 2030 no setor residencial, o que representa 3,83 TWh no ano de 2030, cerca de 4,2% do consumo de eletricidade no ano de 2007 no setor residencial.

A respeito de um potencial maior do que este, o PNE comenta: “Entende-se que há barreiras institucionais, tarifárias, financeiras, acesso à tecnologia, entre outras, que inibem atingir todo esse potencial²². Ações específicas em nível governamental poderiam viabilizar o atingimento desse potencial. Como parte da estratégia de atendimento à demanda, entende-se que é possível desenvolver mecanismos que possam estimular ou induzir o aumento da eficiência no uso da energia.”

²² O PNE (2030) considera a existência de três potenciais de eficiência energética (técnico, econômico e de mercado). No caso do setor residencial os valores são 7% técnico, 3% econômico e 1% de mercado

3.6 Comparações: OECD x Brasil

Buscando estimar de maneira geral os possíveis impactos das várias políticas adotadas em prol da eficiência energética, Geller *et al* (2006b) faz uma análise retrospectiva, para os 11 maiores países da OECD (Austrália, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Itália, Japão, Noruega, Suécia, Reino Unido e Estados Unidos), das relações entre energia e produto da economia: oferta total de energia primária (TPES), consumo total de energia final (TFC) e produto interno bruto (GDP). Esta análise, por ser agregada, também evidencia mudanças nas atividades humanas e econômicas, assim como mudanças no “mix” do suprimento de energia. A Figura 3.2 ilustra o comportamento das relações TPES/TFC, TPES/GDP e TFC/GDP para o grupo de países selecionados no período de 1973 – 1999.

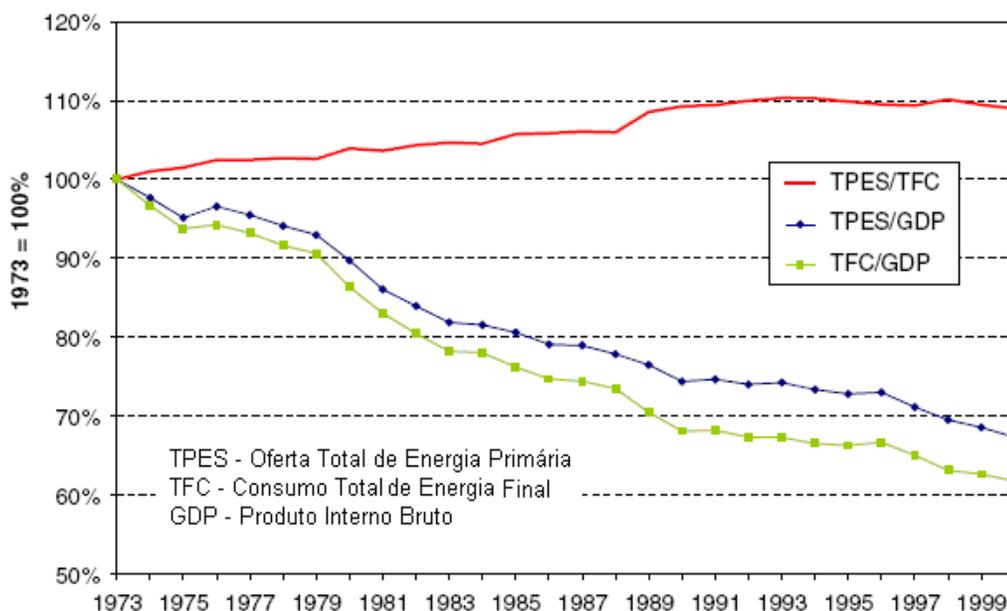


Figura 3.2 - TPES por GDP, TFC por GDP, e TPES por TFC para os 11 maiores países da OECD
Fonte: Geller *et al* (2006b)

Verifica-se que a produtividade da economia em relação à oferta de energia e ao consumo final no ano de 1973 foi muito significativa e que produziu-se em 1999 a mesma unidade de PIB com a oferta e o consumo menores, 32% e 38%, respectivamente. O mesmo trabalho também faz uma estimativa da quantidade de energia conservada para o conjunto dos países descritos acima. Para tanto, é comparado o uso de energia observado historicamente e o uso de energia hipotético

baseado na estagnação dos níveis de intensidade energética observado em 1973. Neste cenário, para o ano de 1998 a economia de energia foi de 48,3 EJ, aproximadamente 49% da energia utilizada no mesmo ano. O que significaria a necessidade da implantação de 3106 usinas de geração com capacidade de 500 MW. A Figura 3.3 ilustra a energia conservada nesses cenários.

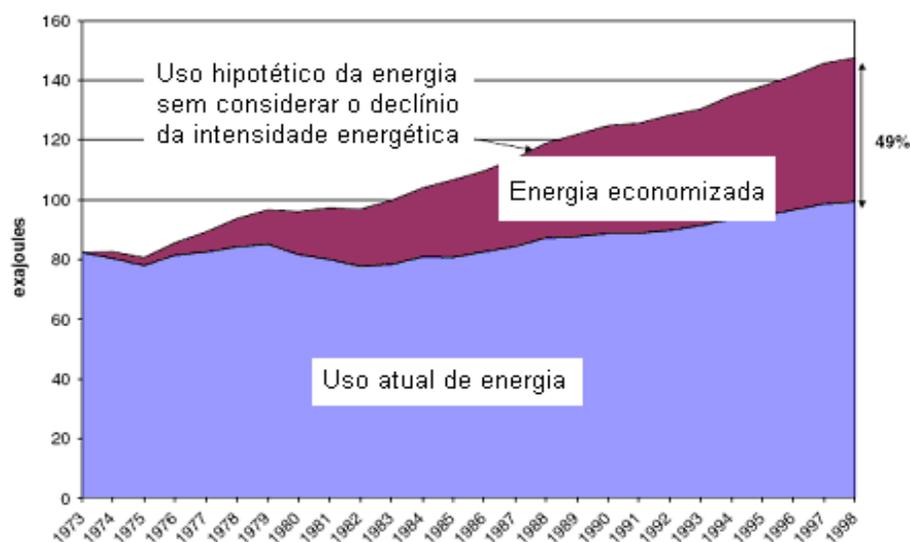


Figura 3.3 – Uso atual de energia e uso hipotético sem redução da intensidade energética nas 11 maiores nações da OECD. Fonte: (Geller *et al.*, 2006b)

Seguindo as mesmas hipóteses metodológicas para o caso brasileiro, verifica-se que até o início da década de 1980, as razões entre OIE/PIB e CFE/PIB eram vantajosas, sendo que as taxas decrescentes das relações OIE/PIB e CFE/PIB indicam claramente a existência de uma maior maturidade econômica: em 1980 produzia-se a mesma unidade de PIB de 1970 com apenas 75% da OIE e 73% do CFE. O que pode ser explicado em parte pela inserção de novas tecnologias mais eficientes em diversos usos finais, e também através de mudanças na estrutura das atividades humanas e econômicas, assim como no caso dos países da OECD. No entanto, a partir de 1980, existem períodos de crescimentos dessas taxas, com pequenas quedas, sendo que no geral, a tendência foi de crescimento: em 2003, utilizou-se 85% da OIE e 82% do CFE para produzir a mesma unidade de PIB de 1970, valores 10 e 9 pontos percentuais maiores do que os encontrados em 1980. A Figura 3.4 ilustra o comportamento das relações OIE/PIB, CFE/PIB e OIE/CFE para o período de 1970 a 2004.

Assim, é provável que a ausência de maiores ganhos de conservação de energia no caso nacional, o que é evidenciado no caso do conjunto de países da OECD, pode ser explicado em parte pela ausência de uma cultura de conservação de energia mais antiga relacionada ao período estudado e a respectiva inexistência de mecanismos de políticas públicas para a promoção da eficiência energética na maior parte do período de análise. Conforme ilustra a Figura 3.5 o *gap* de energia existente, que em 2004 representou cerca de 5,7% do consumo total observado.

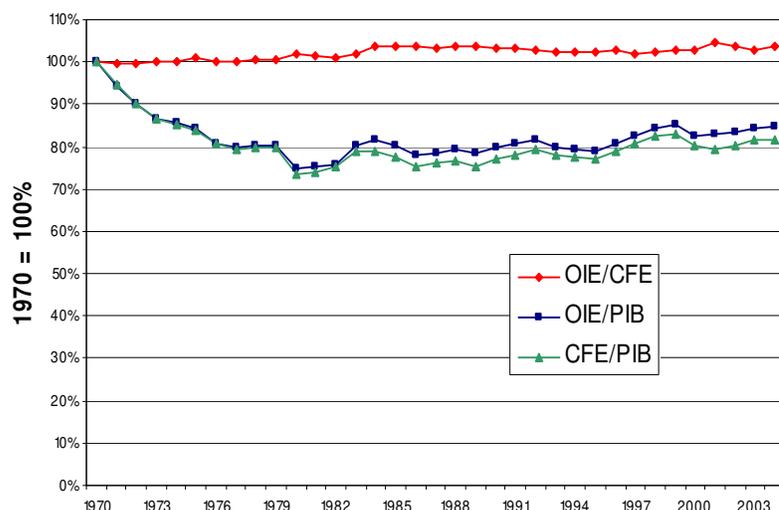


Figura 3.4 - OIE por PIB, CFE por PIB, e OIE por CFE para o Brasil no período de 1970 a 2004. (Fonte: Elaboração própria)

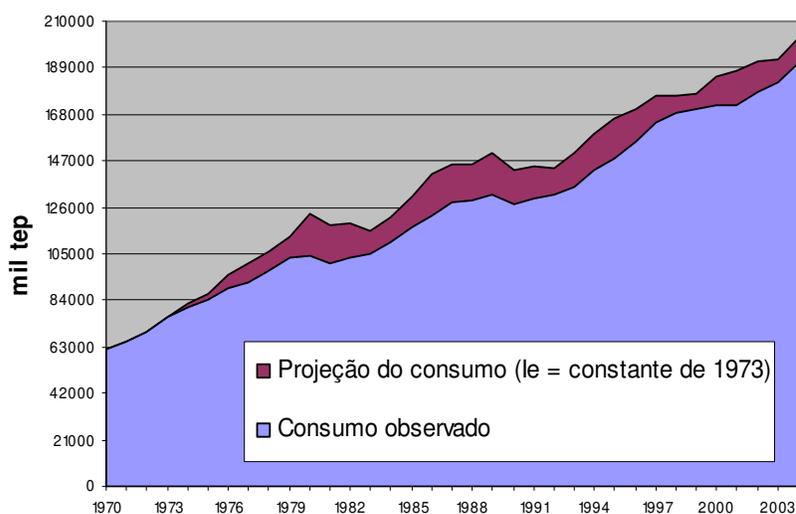


Figura 3.5 – Uso atual de energia e uso hipotético sem redução da intensidade energética para o Brasil. (Fonte: Elaboração própria)

Capítulo 4

4 PADRÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

4.1 Introdução

O presente capítulo pretende diagnosticar a experiência internacional relacionada à implementação de padrões de eficiência energética, conforme indica o plano de trabalho para implementação da Lei Nº 10.295. Em adição, são comparados os recentes padrões de eficiência energética adotados no Brasil para refrigeradores e aparelhos de ar condicionado com padrões dos EUA/Canadá e Europa.

Aplicados desde a década de 1960, inicialmente nos países desenvolvidos como, por exemplo, França, EUA, Canadá e Japão, os padrões de eficiência energética são utilizados atualmente em mais de 50 países. Uma síntese dos padrões utilizados por equipamentos ao redor do mundo é descrita por Harrington & Damnic (2004) e também no sítio da CLASP na internet²³.

Conforme define CLASP (2006) os padrões de eficiência energética são “procedimentos e regulações que prescrevem o desempenho energético de produtos fabricados, às vezes proibindo a venda de produtos que são menos eficientes que o nível mínimo.” Estes procedimentos e regulações são baseados em protocolos bem definidos e procedimentos de testes laboratoriais²⁴, com estimativas suficientemente precisas do desempenho energético dos produtos fabricados.

²³ <http://www.clasponline.org/> Consulta em 2/09/2008.

²⁴ Estes testes são em sua maioria normalizados e certificados para cada categoria de equipamento conforme o padrão ISO.

A realização de testes nos diferentes produtos disponíveis no mercado permite a elaboração de uma classificação, ou *ranking*, de desempenho energético dentro de categorias equivalentes dos produtos. A partir destas classificações, os tomadores de decisão podem, então, estabelecer limites máximos de consumo ou mínimos de eficiência energética para os equipamentos. Existem três tipos de padrões de eficiência energética usualmente aplicados:

a) Padrões prescritivos: prescrevem novas características, ou dispositivos, que devem ser instalados em todos os novos produtos.

b) Padrões mínimos de desempenho energético, também conhecidos pela sigla MEPS (*Minimum Energy Performance Standards*): prescrevem a eficiência mínima ou consumo máximo dos equipamentos sem especificar detalhes de engenharia ou tecnologia de cada produto.

c) Padrões médios por classes de produtos: neste caso são especificadas médias de eficiência as quais os fabricantes devem cumprir, podendo decidir o nível de eficiência de cada modelo de modo a cumprir a média da classe.

O sucesso e a ampla abrangência de adoção destes índices em inúmeros países se deve à vantagens de utilização e à efetividade deste mecanismo. Geller (2006a) lista essas vantagens.

- a) Têm potencial para gerar grandes economias de energia;
- b) São uma forma econômica de redução do desperdício de energia e contribuem para uma crescente eficiência econômica;
- c) Impõem mudanças no comportamento de uma quantidade gerenciável de fabricantes, em vez de no público consumidor como um todo;
- d) Tratam todos os fabricantes, distribuidores e varejistas de forma equânime; e
- e) A economia de energia resultante é geralmente garantida, comparativamente simples de quantificar e pode ser rapidamente observada.

Rosenquist *et al* (2006) reforçam: “dentro da dinâmica do desenvolvimento tecnológico dos produtos e dos mercados deixar de identificar espaços para aumento das restrições de consumo energético ou deixar de implementar padrões em novos equipamentos pode significar a perda de oportunidades de conservar energia.”

4.2 Transformação de mercado

Os padrões de eficiência energética são considerados mecanismos de transformação de mercado, pois viabilizam uma estrutura de suprimento voltada à difusão de produtos mais eficientes energeticamente. Conforme a teoria de transformação de mercado (Waide, 1999), os padrões de eficiência energética e os selos e/ou etiquetas de eficiência são considerados mecanismos complementares e transformam o mercado atuando em diferentes sentidos. Enquanto os padrões direcionam o fluxo dos equipamentos padronizados por meio de atacadistas e varejistas (ação denominada *push* de mercado), os selos e etiquetas direcionam o fluxo no sentido inverso, via consumidores, que, através da escolha dos equipamentos mais eficientes, induzem os varejistas e atacadistas a aumentarem a disponibilidade desses equipamentos (*pull* de mercado). Geller (2006a) ilustra o efeito destes mecanismos conforme mostra a Figura 4.1.

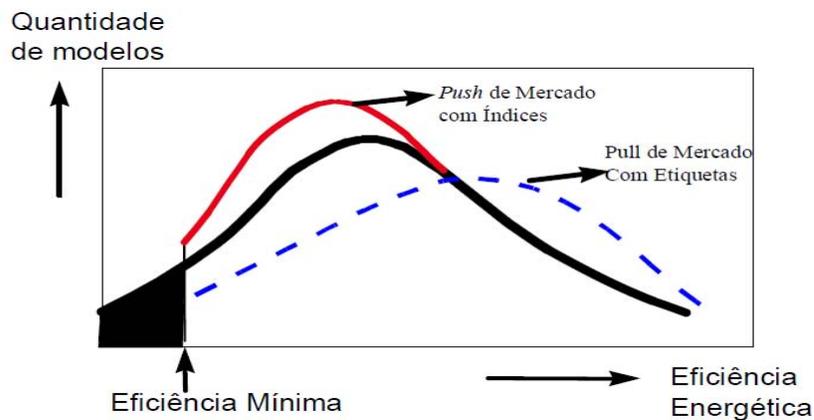


Figura 4.1 – Efeitos dos padrões e etiquetas de eficiência energética na transformação do mercado Fonte: Geller (2006a)

A partir do estabelecimento de um padrão de eficiência, (por exemplo, consumo máximo em kWh/ano para refrigeradores ou índice mínimo de eficiência energética²⁵ para aparelhos de ar condicionado), se eliminam do mercado os equipamentos ineficientes, fazendo com que os fabricantes disponibilizem somente equipamentos com eficiência superior à mínima.

Wilkenfeld (1999) analisa os impactos de padrões e selos adotados na Austrália. O autor compara projeções dos impactos realizadas em 1991 para o período de 1986 a 2006 com os efetivos impactos realizados no período de 1993 a 1999. Na Figura 4.2 são ilustrados os resultados para o caso dos refrigeradores “Frost Free”, equipamentos em que foram alocados um maior esforço de desenvolvimento técnico dos fabricantes devido ao aumento das importações que estavam substituindo o mercado.

Na Austrália os selos foram adotados em 1986 e era pretendido o estabelecimento dos padrões em 1996, sendo que o período de 1993 a 1996 (parte C na Figura 4.2) seria o período de adaptação dos fabricantes. No entanto, os padrões tornaram-se efetivos somente em 1999. No caso ilustrado, as estimativas das projeções dos impactos dos MEPS foram subestimadas; os dados históricos mostraram que, desde 1993 (início do período de adaptação pelos fabricantes) até o ano de 1999 (efetiva implementação dos MEPS), existiu uma redução de 30% no índice de eficiência energética dos refrigeradores “Frost Free”.

Waide (2001) avalia os impactos de selos/etiquetas e padrões de eficiência energética no conjunto de países da União Européia. Inicialmente, em 1992, foram adotadas etiquetas de classificação do consumo para refrigeradores e “freezers” e nos anos seguintes as etiquetas começaram a abranger máquinas de lavar, de secar, lava louças, lâmpadas, aparelhos de ar condicionado, etc. Os padrões foram efetivamente estabelecidos no contexto da União Européia em 1999, no entanto, em anos anteriores, os fabricantes já iniciaram o processo de adaptação aos requerimentos de consumo conforme mostra a Figura 4.3.

²⁵ Também denominado Energy Efficiency Ratio (EER)

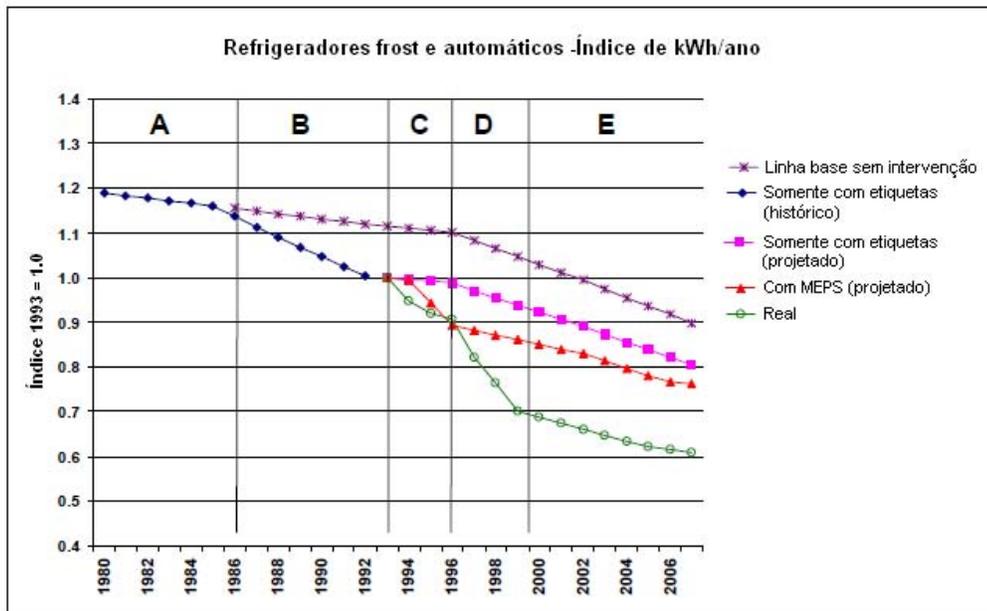


Figura 4.2 – Comportamento do índice de eficiência energética de refrigeradores frost-free (kWh/ano) na Austrália: projeções e impactos reais de selos e MEPS.
 Fonte: (Wilkenfeld, 1999)

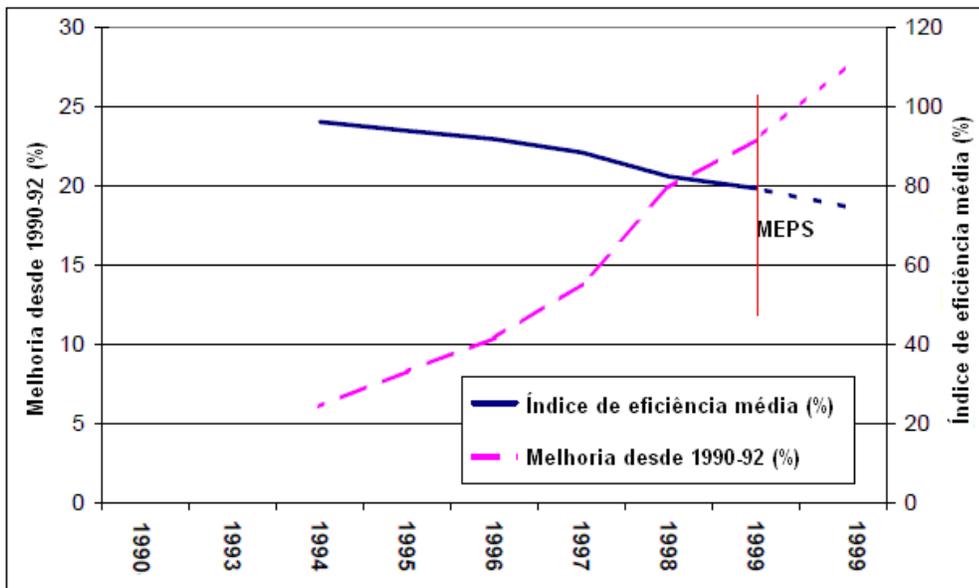


Figura 4.3 – Comportamento do consumo médio de refrigeradores e “freezers” na união européia no período de 1990/92 a 1999. Fonte: adaptado de Waide (2001)

No caso europeu verifica-se uma intensidade maior da melhoria do índice de eficiência energética nos dois anos que antecedem a adoção dos padrões (período de adaptação dos

fabricantes) e também logo nos meses posteriores à adoção dos MEPS. Segundo Waide (2001): “É especulativo dizer o quanto, ou se parte, destas melhorias ocorreriam se o programa de etiquetas e MEPS da União Européia não fosse colocado em vigor, mas muito provavelmente o volume das melhorias não teria ocorrido sem eles”

4.3 Exemplos de impactos

São muitos os exemplos dos benefícios gerados com a adoção dos padrões de eficiência energética. Alguns são:

a) México

O Instituto de investigaciones eléctricas (IEE, 2006) realizou uma avaliação dos impactos dos padrões e etiquetas adotados no México no período de 1994 a 2005 para 4 equipamentos: refrigeradores, aparelhos de ar condicionado, motores de indução e máquinas de lavar. Os principais resultados desta iniciativa estão listados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Resultados da adoção de padrões e selos de eficiência energética no México durante o período de 1994 a 2005

Equipamentos	Economia (TWh) 1995-2005	Economia (US\$ Bilhões) 1995-2004	Mitigação das emissões de GEE (Mton CO2)
Refrigeradores	29,3	4,5	20,3
Ap. Ar cond.	15,3	2,8	10,6
Motores	12,8	1,7	8,8
Máquinas de lavar	1,8	0,2	1,3

Fonte : IEE (2006)

Deve ser destacado que ao longo do período analisado pelo IEE (2006), existiram revisões dos padrões de eficiência adotados em todos os equipamentos. No caso dos refrigeradores, o padrão foi adotado em 1995 e as revisões ocorreram em 1997 e 2003. No caso dos aparelhos de ar condicionado, o padrão também foi adotado em 1995 e a revisão aconteceu em 2001. No caso das máquinas de lavar, o padrão foi adotado em 1997 e uma revisão foi realizada em 2000.

b) Austrália

Uma revisão dos impactos dos padrões australianos²⁶ referentes ao período de 1993 a 2005 indica que, apesar da existência, no mercado, de aumento da demanda por equipamentos com maior capacidade, como, por exemplo, refrigeradores com duas portas, os indicadores de eficiência energética mostraram a existência de significativas reduções no consumo devido à implementação dos padrões de eficiência energética. Merece destaque os novos padrões adotados em 2005 para refrigeradores onde cerca de 88% dos equipamentos comercializados em 2003 não cumpririam os índices estabelecidos. Ver Tabela 4.2

Tabela 4.2 - Resultados da adoção de padrões e selos de eficiência energética na Austrália durante (1993 a 2005)

Equipamentos	Resultados
Refrigeradores	-Redução média de consumo no período de 1993 a 2005 de 3,9% ao ano -Aumento da eficiência energética de 4,6% ao ano, já contemplando as alterações no volume dos equipamentos (1993 a 2005) -Redução do consumo dos refrigeradores em 23% (2003 a 2005) -Adequação de 88% dos equipamentos comercializados em 2003 aos padrões implantados em 2005
“freezers”	-Redução média de consumo de 4,0% ao ano no período de 1993 a 2005 -Aumento da eficiência energética de 3,3% ao ano já contemplando as alterações no volume dos equipamentos (1993 a 2005)
Secadoras de roupa	-Redução média de consumo de 0,7% ao ano no período de 1993 a 2005
Lava louças	-Redução média de consumo de 3,6% ao ano no período de 1993 a 2005

c) Coréia

Utilizados desde 1992, os padrões e selos de eficiência energética tem-se mostrado eficazes ferramentas na transformação do mercado coreano. Apesar das revisões ocorridas em 1996, 1999 e 2001, em que foram aumentadas as exigências mínimas de eficiência energética, a participação no mercado dos equipamentos eficientes aumentou em média de 53,3% para 67,5% (Lee, 2001). Alguns resultados estão listados na Tabela 4.3.

²⁶ <http://www.energyrating.gov.au/gfk.html>

Tabela 4.3 - Resultados da adoção de padrões e selos de eficiência energética na Coréia

Equipamentos	Resultados
Refrigeradores/"freezers"	Redução média de consumo de 74% (1993 a 2000)
Condicionadores de ar	Redução média de consumo de 54% (1993 a 2000)
Lamp. Incandescentes	Redução média de consumo de 10% (1993 a 2000)
Lamp. fluorescentes	Redução média de consumo de 39% (1993 a 2000)

Fonte: (Lee, 2001)

4.4 Análise comparativa dos padrões brasileiros

Aproveitando-se da experiência anterior do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)²⁷, os limites máximos de consumo ou mínimos de eficiência energética adotados no Brasil, a partir de 2008, corresponderam a retirada dos últimos níveis de classificação do PBE. Por exemplo, no caso dos aparelhos de ar condicionado o limite de classificação corresponde a letra E; assim, o objetivo é retirar do mercado equipamentos com as classificações F e G. A Figura 4.4 mostra o método adotado.

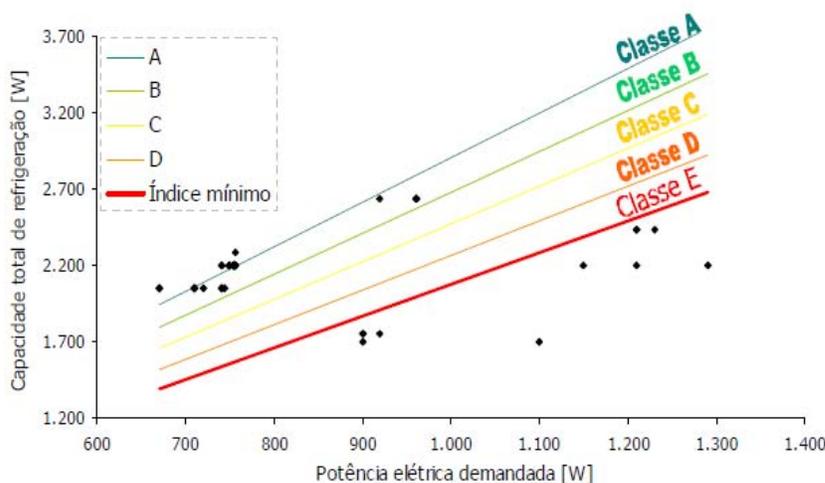


Figura 4.4 - Distribuição das classes de condicionadores de ar e o respectivo índice mínimo de eficiência energética. Fonte: (MME, 2006a)

²⁷ O Programa Brasileiro de Etiquetagem é um programa de adesão voluntária decorrente do Protocolo firmado em 1984 entre o então Ministério da Indústria e do Comércio e a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica - ABINEE, com a interveniência do Ministério das Minas e Energia. Seu objetivo é prover os consumidores de informações que permitam-lhes avaliar e otimizar o consumo de energia dos equipamentos eletrodomésticos, selecionar produtos de maior eficiência em relação ao consumo, e melhor utilizar eletrodomésticos, possibilitando economia nos custos de energia. <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbeObjetivo.asp>

A amostra de equipamentos retirados do mercado para a realização dos testes (segundo os critérios do INMETRO para o ano de 2008) apresentou uma relativamente grande participação de refrigeradores e condicionadores de ar com classificação A das Etiquetas Nacionais de Conservação de Energia (ENCE) conforme mostra a Tabela 4.4. Porém, deve ser destacado que esta amostra não representa a participação efetiva no mercado dos equipamentos conforme a classificação ENCE. Todavia, se por um lado este fato pode indicar uma possível eficácia do PBE no que tange ao fomento da competitividade por parte dos fabricantes, os quais têm disponibilizado equipamentos mais eficientes no mercado, por outro, pode estar indicando a existência de espaços para aumento do rigor dos padrões adotados.

Tabela 4.4 – Participação de refrigeradores e aparelhos de ar condicionado por faixas de classificação conforme a amostra de equipamentos retirados do mercado para análise

Classificação	Refrigerador 1 porta	Refrigerador Combinado	Refrigerador Combinado frostfree	Ar condicionado < 9000Btu/h	Ar condicionado > 9001 e <13999 Btu/h
A	55,7 %	76,7 %	83,0 %	67,9 %	67,4 %
B	23,7 %	8,3 %	5,7 %	11,3 %	21,7 %
C	9,3 %	10,0 %	8,0 %	0,0 %	4,3 %
D	5,2 %	5,0 %	3,4 %	0,0 %	0,0 %
E	6,2 %	0,0 %	0,0 %	20,8 %	6,5 %

Fonte: Refrigeradores (INMETRO, 2008); Ar condicionado (INMETRO, 2007)

Através da comparação dos níveis de consumo de eletricidade de refrigeradores e aparelhos de ar condicionado existentes no mercado brasileiro com modelos europeus e norte americanos, é demonstrada a existência de potenciais de operação mais eficientes destes equipamentos elétricos de uso residencial no Brasil. A Figura 4.5 mostra a comparação dos refrigeradores existentes no mercado nacional conforme a classificação das tabelas de consumo do INMETRO com modelos constantes na classificação no mercado europeu de 1993, conforme indica CLASP (2006). É evidente a diferença dos índices de consumo destes equipamentos. Para padronizar as características dos equipamentos certificados com a norma ISO, foi estabelecido um índice de consumo de eletricidade equivalente, o consumo específico (C) dado pela divisão consumo anual pelo volume total (V) em litros dos equipamentos (kWh/litro).

Os equipamentos mais eficientes disponíveis no mercado europeu, apresentam uma eficiência elétrica próxima a 0,06 kWh por litro para os diferentes volumes dos refrigeradores

considerados. No caso dos equipamentos com selo B, produzidos no Brasil, com volume entre 200 e 220 litros o consumo é de 0,11 kWh por litro.

No caso dos equipamentos com volume entre 317 e 330, litros verifica-se que os equipamentos nacionais com selo A consomem cerca de 0,09 kWh por litro, ou seja, os equipamentos mais eficientes, conforme a classificação nacional, possuem consumo equivalente ao limite máximo de consumo conforme o padrão europeu estabelecido em 1993. No caso dos equipamentos com duas portas e volume entre 340 e 360 litros verifica-se a mesma situação; os equipamentos brasileiros com selo A consomem acima de 0,13 kWh por litro, valor que representa o limite máximo europeu.

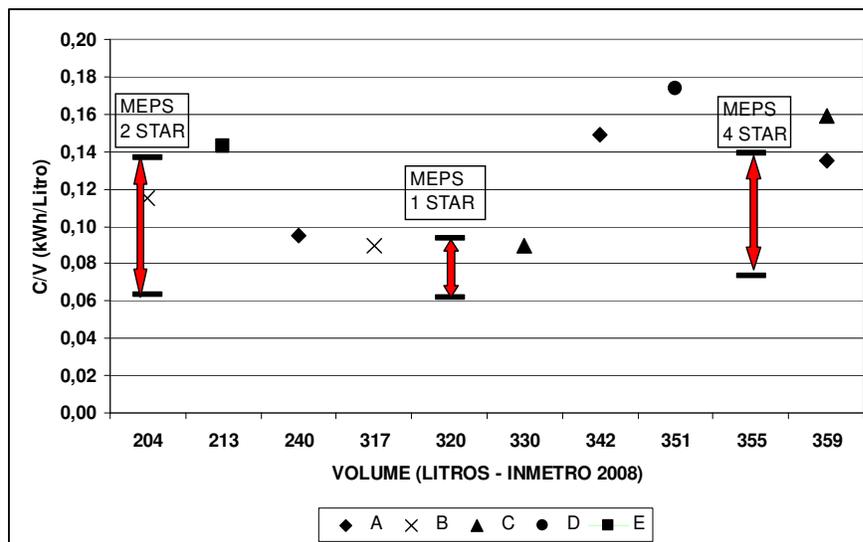


Figura 4.5 – Comparação entre o padrão europeu (1993) de índices máximos de consumo de refrigeradores e a classificação do PBE no Brasil. Fonte: CLASP (2006) e INMETRO (2008)

A comparação entre o padrão brasileiro de 2008 com o dos EUA/Canadá de 2001 evidencia novamente a defasagem dos padrões nacionais de consumo máximo para refrigeradores. Por exemplo, no caso dos refrigeradores de uma porta com um compartimento interno de congelamento (em ambos os países estes produtos são abrangidos pela norma ISO 7371), as Equações 4.1 e 4.2 especificam o consumo máximo de energia (CME).

$$CME = 8,82 \times VA \text{ [pés cúbicos]} + 248,4 \text{ (EUA e Canadá, 2001)}$$

4.1

$$CME = 0,0422 \times VA \text{ [litros]} + 23,3 \text{ (Brasil, 2008)}$$

4.2

onde VA é o volume ajustado dado pela Equação 4.3:

$$VA = V_r + c \cdot V_{bt}$$

4.3

onde V_r é o volume do refrigerador, c é uma constante²⁸ e V_{bt} é o volume do compartimento de baixa temperatura (congelador). Os resultados do consumo máximo permitido, conforme estabelecido em cada país para os refrigeradores considerados são listados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Análise comparativa Brasil x EUA/Canadá dos padrões máximos de consumo de refrigeradores de um porta com compartimento interno de congelamento

Volume do refrigerador	Volume ajustado Brasil	Volume ajustado (EUA)	Consumo Máximo permitido (kWh/ano)		Diferença (%)
			Brasil	EUA	
(litros)	(litros)	(litros)			
180	236,40	237,60	399,59	322,40	19
190	246,40	247,60	404,65	325,51	20
200	256,40	257,60	409,71	328,63	20
210	266,40	267,60	414,78	331,74	20
220	276,40	277,60	419,84	334,86	20
230	286,40	287,60	424,91	337,97	20
240	296,40	297,60	429,97	341,08	21
250	306,40	307,60	435,03	344,20	21
260	316,40	317,60	440,10	347,31	21
270	326,40	327,60	445,16	350,43	21
280	336,40	337,60	450,23	353,54	21
290	346,40	347,60	455,29	356,66	22
300	356,40	357,60	460,35	359,77	22
310	366,40	367,60	465,42	362,89	22
320	376,40	377,60	470,48	366,00	22
330	386,40	387,60	475,55	369,11	22
340	396,40	397,60	480,61	372,23	23
350	406,40	407,60	485,67	375,34	23
360	416,40	417,60	490,74	378,46	23

Nota: Considerou-se o volume do compartimento de baixa temperatura (congelador) como sendo constante e igual a 40 litros. Fonte: elaboração própria: para o caso brasileiro a partir de MME (2006) e para o caso dos EUA conforme Geller (2006b).

No caso dos aparelhos de ar condicionado, a Figura 4.6 mostra a comparação entre os índices mínimos de eficiência elétrica entre o caso nacional e os padrões dos EUA adotados em

²⁸ No caso do modelo nacional este parâmetro é 1,41, no caso dos EUA é 1,44 (para a classe de modelo considerada conforme a norma ISO 7371).

1997²⁹. A metodologia utilizada para determinar a eficiência energética dos equipamentos é basicamente a divisão da capacidade de refrigeração, que pode ser dada em Btu/h, kJ/h ou em W, pela potência nominal (*power input*) em W.

A eficiência elétrica máxima dos equipamentos adotados nos EUA varia conforme a capacidade de refrigeração. Por exemplo, enquanto a eficiência máxima dos equipamentos com 7500 Btu/h alcança 3,42 nos EUA; no Brasil, os equipamentos com essa capacidade e selo A³⁰ possuem eficiência energética de 2,92, sendo cerca de 15% menor. Considerando os equipamentos com capacidade de 10.000Btu/h, a eficiência máxima é de 3,63 nos EUA e 3,02 no Brasil, cerca de 17% menor. No caso dos equipamentos com capacidade de 18.000 Btu/h, a eficiência máxima nos EUA alcança 3,74 e no Brasil 2,91, cerca de 22% menor. O mesmo aplica-se, também, para os equipamentos com capacidade de 21.000 Btu/h, onde a eficiência para classificação A é cerca de 14% menor.

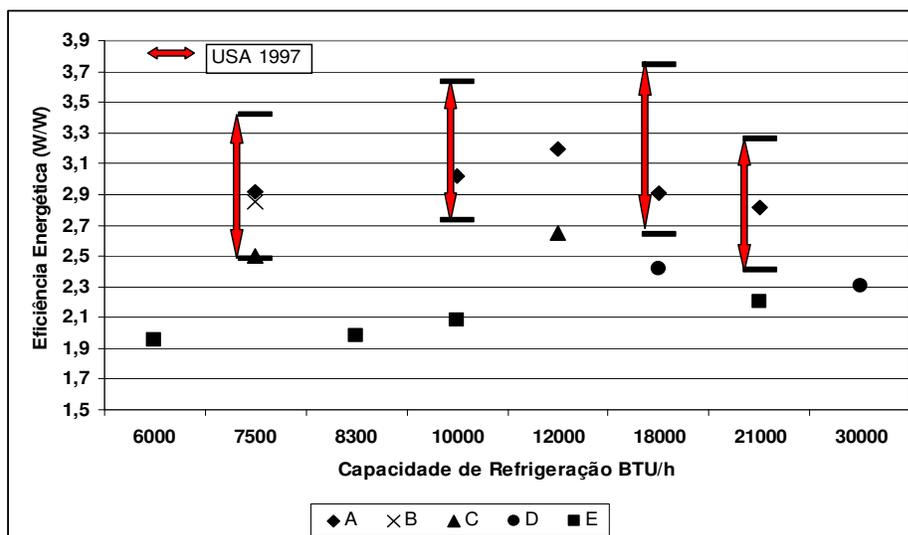


Figura 4.1 – Comparação entre os padrões de eficiência energética dos condicionadores de ar adotados nos EUA (1997) e a classificação brasileira.

Fonte: realizado com base em CLASP (2006) e INMETRO (2008)

²⁹ Os índices mínimos de eficiência energética para condicionadores de ar são utilizados nos EUA desde 1990, em 1997 eles tornaram-se mais rigorosos e entraram em vigor no ano 2000.

³⁰ Conforme tabela disponibilizado pelo INMETRO de 10/04/2008. Consultada em 03/07/2008.

<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionador.pdf>

Capítulo 5

5 METODOLOGIA DE PROJEÇÃO

5.1 Modelo geral

A metodologia proposta para realizar as projeções compreende 4 etapas principais, conforme ilustra a Figura 5.1. Estas etapas abrangem tanto os estudos identificados no plano de trabalho para implementação progressiva da Lei Nº 10.295 realizado pelo CGIEE, quanto etapas identificadas no estabelecimento de padrões nos casos do EUA/Canadá e Austrália.

A primeira etapa refere-se ao diagnóstico do mercado de equipamentos e sua caracterização, com enfoque no consumo de eletricidade. Nesta etapa também são relacionadas as possibilidades de engenharia, que possibilitam o aumento da eficiência energética dos modelos considerados. Os custos relacionados de cada opção de incremento de eficiência e os respectivos potenciais de redução do consumo são listados.

A segunda etapa contempla o modelo de estimativa da posse de equipamentos. As variações anuais do estoque são estimadas com base: 1) no sucateamento dos equipamentos mais antigos, com base em uma função logística de probabilidade de retirada em função da idade e; 2) nas primeiras compras referentes ao acréscimo populacional e ao aumento da posse fundamentada em um modelo de regressão econométrica com base na penetração dos equipamentos.

Na terceira etapa de análise são tecidas as considerações sobre os cenários, os quais seguem algumas das premissas adotadas pelo Plano Nacional de Energia 2030 (EPE, 2007). Os potenciais de conservação de energia são contabilizados a partir das diferenças entre as projeções de dois cenários: 1) mais provável, o qual reflete a continuidade dos indicadores de eficiência atuais e o atual contexto político energético, denominado “Cenário BASE” e; 2) os “Cenários

MEPS”, em que são considerados aumentos da penetração de equipamentos mais eficientes conforme opções de MEPS.

Finalmente, a última etapa do modelo geral traz uma análise comparativa dos resultados dos potenciais de conservação de energia com enfoque nos impactos sob a perspectiva da sociedade e dos consumidores.

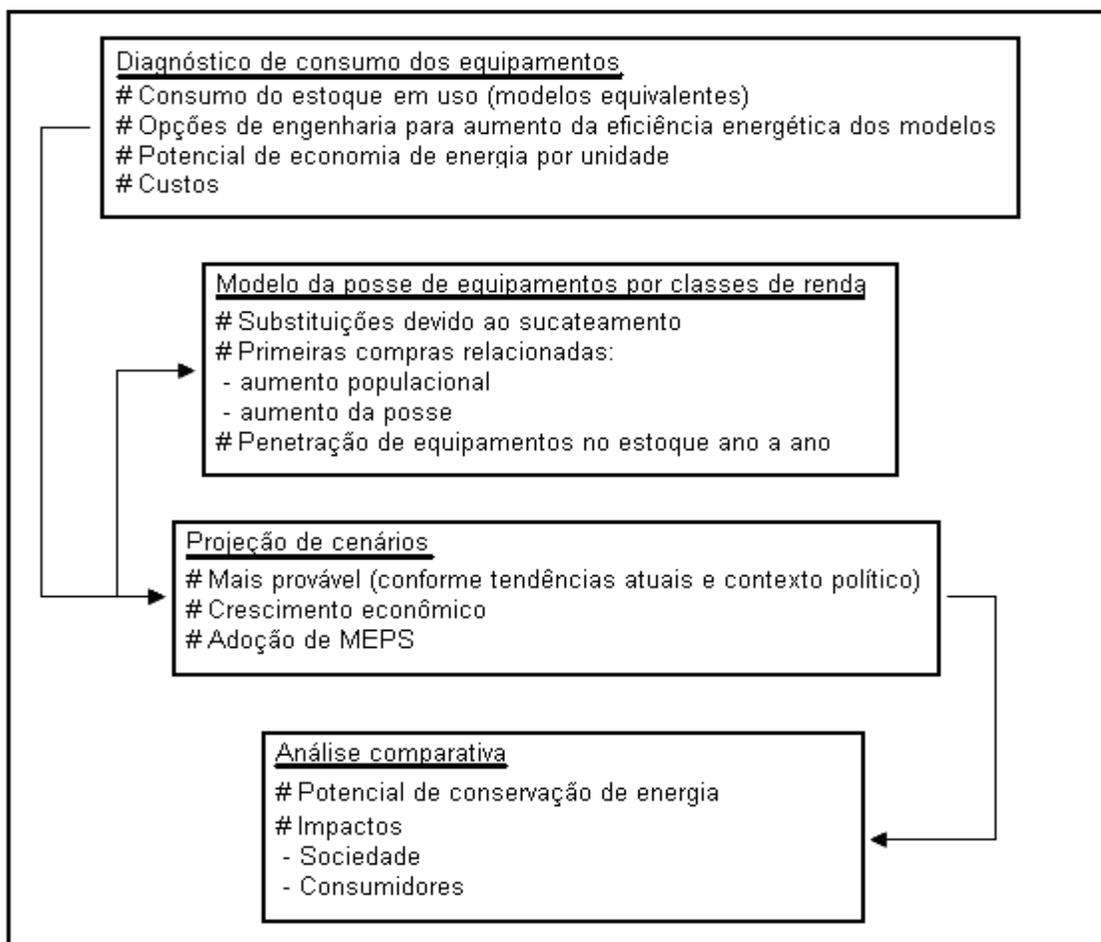


Figura 5.1 – Visão geral da metodologia de análise dos padrões de eficiência energética

Uma ferramenta computacional baseada em planilhas eletrônicas e macros foi desenvolvida para prover as estimativas dos impactos da adoção dos índices mínimos para cada um dos equipamentos e, também, para realizar a análise econômica dos benefícios e custos relacionados. Esta é descrita no anexo 7.

5.2 Opções técnicas de eficiência e custos relacionados

Devido à ausência de pesquisas e literatura para determinação de opções de engenharia e respectivos custos para o caso dos equipamentos brasileiros, onde apenas Queiroz *et al.* (2003) abordam o tema no caso dos refrigeradores, o presente trabalho utiliza-se de uma compilação de opções conforme descrito em CLASP (2006). Os detalhes técnicos relacionados a cada opção estão listados no Anexo 6.

No presente estudo, os índices de desempenho energético, utilizados no caso dos refrigeradores são os mesmos adotados atualmente na Europa. Os MEPS europeus adequaram-se mais às condições dos equipamentos brasileiros. Ao comparar o modelo equivalente brasileiro com volume de até 200 litros e consumo de 233 kWh com os equipamentos chinês e indiano (CLASP, 2006), sendo estes com 182 litros e consumo de 431 kWh/ano e de 165 litros com consumo de 438 kWh/ano respectivamente, percebe-se que o Brasil está mais desenvolvido que estes países. A Tabela 5.1 lista os modelos equivalentes brasileiros e os padrões que serão adotados em cada caso respectivamente.

Tabela 5.1 – MEPS para Refrigeradores: fatores de eficiência e custos

Refrigeradores [V=volume (litros); C=consumo (kWh/ano)]		Fator de acréscimo da eficiência									
Modelos equivalentes	Opções de MEPS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 porta, V=201-300, C= 326	Europa, 2 “Star”, V=204, C=335	1,00	1,12	1,14	1,30	1,64	1,75	2,02	2,07	2,11	2,16
1 porta, V=301-400, C= 483	Brasil, 1 “Star”, V=320, C=360	1,00	1,21	1,25	1,39	1,41	1,51				
Combinado “Frost Free” V= 301-400, C= 580	Europa, 4 “Star”, V=355, C=591	1,00	1,14	1,19	1,23	1,24	1,38	1,48	1,71	1,84	1,88
Custos		Fator de acréscimo dos custos									
1 porta, V=201-300, C= 326	Europa, 2 “Star”, V=204, C=335	1,00	1,01	1,01	1,04	1,08	1,09	1,14	1,16	1,18	1,27
1 porta, V=301-400, C= 483	Brasil, 1 “Star”, V=320, C=360	1,00	1,09	1,11	1,21	1,24	1,31				
Combinado “Frost Free” V= 301-400, C= 580	Europa, 4 “Star”, V=355, C=591	1,00	1,01	1,02	1,03	1,03	1,06	1,08	1,13	1,16	1,18

No caso dos aparelhos de ar condicionado as opções contempladas na análise referem-se ao padrão norte americano, em que os equipamentos são classificados por faixas de potência em Btu/h, sendo o modelo equivalente correspondente à média aritmética dos modelos presentes no mercado brasileiro entre cada uma das faixas consideradas. A Tabela 5.2 lista os modelos equivalentes e as respectivas opções de MEPS e custos relacionados.

Tabela 5.2 – MEPS para aparelhos de ar condicionado: fatores de eficiência e custos

Ar condicionados		Fator de acréscimo da eficiência (Fa)								
Modelos equivalentes	Opções de Eficiência	0	1	2	3	4	5	6	7	8
(<6000 Btu/h)	US (<6000 Btu/h)	1,00	1,06	1,13	1,18	1,22	1,26	1,29	1,43	
(entre 6000 e 8000 Btu/h)	US2 (entre 6000 e 8000 Btu/h)	1,00	1,04	1,11	1,14	1,17	1,22	1,24	1,38	
(entre 8000 e 14000 Btu/h)	US3 (entre 8000 e 14000 Btu/h)	1,00	1,04	1,06	1,09	1,18	1,20	1,33		
(entre 14000 e 2000 Btu/h)	US4 (entre 14000 e 2000 Btu/h)	1,00	1,08	1,11	1,13	1,19	1,23	1,24	1,28	1,42
(>20000 Btu/h)	US5 (>20000 Btu/h)	1,00	1,02	1,03	1,08	1,15	1,20	1,22	1,35	
Custos		Fator de acréscimo dos custos (Fc)								
(<6000 Btu/h)	US (<6000 Btu/h)	1,00	1,00	1,02	1,04	1,06	1,21	1,54	2,23	
(entre 6000 e 8000 Btu/h)	US2 (entre 6000 e 8000 Btu/h)	1,00	1,01	1,02	1,04	1,06	1,21	1,52	2,14	
(entre 8000 e 14000 Btu/h)	US3 (entre 8000 e 14000 Btu/h)	1,00	1,02	1,03	1,05	1,18	1,44	1,95		
(entre 14000 e 2000 Btu/h)	US4 (entre 14000 e 2000 Btu/h)	1,00	1,04	1,05	1,06	1,36	1,46	1,50	1,74	2,19
(>20000 Btu/h)	US5 (>20000 Btu/h)	1,00	1,01	1,03	1,12	1,27	1,32	1,53	1,98	

Para o caso dos televisores, as projeções de penetração de equipamentos contemplam o limite de consumo para o modo *standby* em 1W. Este limite é aplicado na grande maioria dos países que estabelecem padrões de consumo para televisores, como, por exemplo, na União Européia, Suíça, Indonésia, Estados Unidos, China e Rússia. No Brasil já existe uma iniciativa de caráter informativo através do programa brasileiro de etiquetagem em que são listados os consumos dos televisores. Stracquadini & Leonardi (2003) apresentam um método com baixo custo para limitar o consumo em *standby* em 1W de televisores.

No caso das lâmpadas, o índice utilizado é a potência elétrica das lâmpadas. No caso, as simulações consideram um limite de 25W independentemente da tecnologia adotada (incandescente, fluorescente compacta, LED). Como premissa de substituição, considera-se que lâmpadas compactas de 15W substituem lâmpadas incandescentes menores que 80W; e 25W substituem lâmpadas incandescentes maiores que 80W.

5.3 A penetração de equipamentos

Existem diversos tipos de modelos econométricos utilizados para realização de projeções. Estes podem ser classificados em modelos contábeis, técnicos-econômicos e híbridos ou mistos.

Na literatura relacionada à área de energia, em que geralmente o objetivo dos trabalhos é estimar a demanda de eletricidade, o modelo usual é derivado da função de produção Cobb-Douglas, por exemplo, (Andrade e Lobão, 1997; Lima e Schmidt, 2004; e Mattos (2004).

No entanto, conforme cita Swisher, Jannuzzi & Redingler (1997), estes modelos geralmente são utilizados de maneira agregada e não levam em conta possíveis mudanças na estrutura da demanda de energia. Assim, como o ponto crucial da metodologia utilizada no presente trabalho é avaliar a demanda com base em mudanças na sua estrutura; aqui é utilizado um modelo misto. Porém, deve ser destacado que a estimação da penetração de equipamentos é uma tarefa complexa. De acordo com Mattos (2004): “ Uma das maiores dificuldades nesta questão de projetar a demanda é encontrar uma medida adequada para o estoque de equipamentos elétricos”.

Nos países desenvolvidos, essa questão pode ser menos complexa, uma vez que para os equipamentos mais usuais a penetração é total em todas as faixas de renda (Mahlia *et al*, 2002). Nos países em desenvolvimento, a baixa penetração da maioria dos equipamentos indica a existência de uma demanda reprimida, o que leva a crer em mudanças positivas na penetração conforme os equipamentos vão tornando-se mais acessíveis para as classes de baixa renda. A CLASP (2006) utiliza um modelo de projeção da penetração generalizado para o caso dos países em desenvolvimento, com base numa análise de regressão da variável renda, taxas de eletrificação e urbanização.

O modelo aqui utilizado é um modelo misto de projeção do estoque; sendo utilizado um método de regressão econométrica para estimar impactos de variações dos preços e da renda na penetração de equipamentos por classes de renda e; para o sucateamento dos equipamentos, emprega-se um modelo logístico de probabilidade de retirada em função da idade. Assim, a projeção da demanda de eletricidade é baseada na dinâmica do estoque de equipamentos. Os cenários referem-se, então, a mudanças na estrutura da demanda conforme variação do estoque a cada ano, dadas diferentes opções de penetração de equipamentos com diferentes eficiências elétricas.

O modelo segue as seguintes hipóteses básicas:

- a) A penetração de equipamentos é definida como a razão entre o número de residências com posse do equipamento pelo número total de residências;
- b) A penetração é dependente da renda (Y) e dos preços dos equipamentos (P);
- c) A influência do acréscimo da renda é positivo na penetração e a influência do acréscimo dos preços é negativa na penetração.

O modelo é ilustrado conforme indica a Equação 5.1.

$$S_{e,m} = k \times Y^\alpha \times P^\beta \quad (5.1)$$

onde $S_{e,m}$ é a penetração do equipamento e na classe de renda m . Y é a renda representada pela *proxy* PIB e P o preço dos equipamentos dado pelo Índice de Preço por Atacado (IPA-OG) dos eletrodomésticos, ambos. k é uma constante, os expoentes α (alfa) e β (beta) são as elasticidades penetração-PIB penetração-preço.

A Figura 5.2 mostra as séries de dados utilizadas na regressão com base no ano de 2005. Apesar de existir séries de dados com períodos maiores, o recorte do período (2000 -2007) foi necessário devido ao fato de que os dados de posse de equipamentos por classes de renda obtidos através do sistema de recuperação automática de dados (SIDRA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) abrangem somente este período.

A determinação dos coeficientes α e β assim como da constante k é feita através da linearização da Equação 1, conforme mostra a Equação 5.2 e aplicação do método dos mínimos quadrados.

$$\ln(S_{e,m}) = \ln k + \alpha \ln Y + \beta \ln P \quad (5.2)$$

Para a validação estatística da regressão são utilizadas a estatística R^2 (coeficiente de determinação), a qual determina a correlação entre as variáveis; a estatística F, que permite determinar se a correlação R^2 ocorre por caso; e a estatística DISTPF, a qual é utilizada para

calcular a probabilidade de altos valores da estatística F ocorrer por acaso.

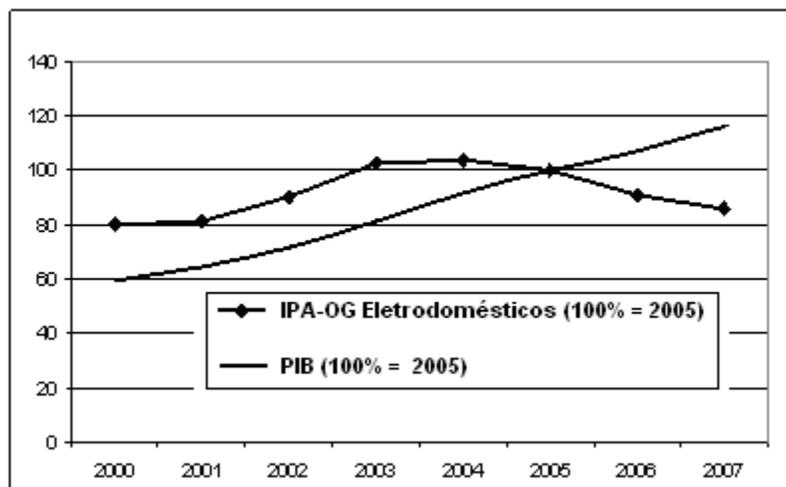


Figura 5.2 – Séries históricas dos índices de preços dos eletrodomésticos (IPA-OG) e do PIB (2005 = 100%) Fonte: Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA-data)

5.3.1 Resultados das estimativas

A seguir são descritos os resultados do modelo de regressão da penetração de televisores, refrigeradores e freezers por faixas de renda. As Tabelas 5.3, 5.4 e 5.5 listam os resultados regionais e as respectivas análises estatística realizadas.

No caso dos televisores, conforme ilustra a Tabela 5.3, verificou-se, de modo geral, para todas as regiões e para o Brasil, que os impactos da variação da renda na penetração de televisores são maiores nas faixas de renda em que a posse é menor, e no caso dos aumentos dos preços dos equipamentos é maior a redução da penetração destes nestas faixas. Nas faixas com renda entre zero e 5 salários mínimos as variáveis apresentaram-se mais aderentes. Os coeficientes de correlação apresentaram-se altos e a estatística F mostra que a probabilidade de ocorrerem valores F altos por acaso muito pequena. Por outro lado, nas faixas com renda superior a 5 salários mínimos, as variáveis não mostraram aderência entre si. Isto pode ser explicado pelo fato de que na maioria das regiões consideradas essas faixas de renda possuem penetração de equipamentos estável e próxima a 100%, não sendo influenciada pela variação da renda, ou pelos preços dos equipamentos.

Tabela 5.3 – Resultados da regressão e análise estatística dos televisores

Televisor		<1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	5 - 10	10 - 20	>20
Brasil	Total							
Alfa	0,06899	0,23195	0,14979	0,08561	0,04603	0,01919	0,01260	0,00354
Beta	-0,06083	-0,17404	-0,08317	-0,06617	-0,02411	-0,01335	-0,00756	0,00118
R2	0,98602	0,97367	0,95353	0,93529	0,98611	0,89194	0,98793	0,78485
F	105,79532	55,47264	30,78195	21,68050	106,47375	12,38072	122,81713	5,47187
DISTPF	0,00165	0,00427	0,01002	0,01646	0,00164	0,03552	0,00133	0,09980
Sudeste	Total							
Alfa	0,04128	0,19250	0,09859	0,05971	0,03601	0,01089	0,01195	0,00191
Beta	-0,02874	0,00179	-0,03727	-0,04779	-0,01400	-0,01164	-0,01105	0,00794
R2	0,96801	0,99202	0,97412	0,90202	0,92042	0,55384	0,98830	0,91404
F	45,39617	186,39657	56,46446	13,80894	17,34915	1,86203	126,74599	15,95071
DISTPF	0,00572	0,00071	0,00416	0,03067	0,02245	0,29801	0,00126	0,02520
Sul	Total							
Alfa	0,05149	0,20440	0,13139	0,07478	0,03940	0,02372	0,01038	0,00609
Beta	-0,03963	-0,28898	-0,02378	-0,06615	-0,02561	-0,00594	-0,01323	-0,01039
R2	0,91818	0,73925	0,84331	0,69765	0,98807	0,87078	0,42116	0,38864
F	16,83369	4,25266	8,07282	3,46118	124,23317	10,10792	1,09140	0,95353
DISTPF	0,02340	0,13315	0,06203	0,16625	0,00130	0,04645	0,44039	0,47802
Centro O	Total							
Alfa	0,07569	0,20071	0,14302	0,09429	0,06667	0,02372	0,01767	0,00494
Beta	-0,06642	-0,21589	-0,12118	-0,05224	-0,07117	0,00878	0,01872	-0,01495
R2	0,96825	0,79641	0,93331	0,93297	0,91212	0,72295	0,65849	0,08121
F	45,74707	5,86771	20,99206	20,87816	15,56835	3,91413	2,89222	0,13258
DISTPF	0,00566	0,09186	0,01722	0,01735	0,02605	0,14583	0,19958	0,88069
Norte	Total							
alfa	0,13498	0,24024	0,25783	0,14869	0,10250	0,05187	0,01897	0,00003
beta	-0,12096	-0,27153	-0,16958	-0,14072	-0,04755	-0,03667	-0,00836	-0,00002
R2	0,97952	0,86711	0,92942	0,95685	0,97138	0,77667	0,69689	0,91622
F	71,73635	9,78784	19,75367	33,26620	50,90530	5,21639	3,44867	16,40346
DISTPF	0,00293	0,04844	0,01875	0,00896	0,00484	0,10554	0,16688	0,02425
Nordeste	Total							
alfa	0,13145	0,27129	0,19493	0,12130	0,05818	0,03287	0,01740	0,00612
beta	-0,13438	-0,26435	-0,14340	-0,09412	-0,03593	-0,02935	0,00539	0,00985
R2	0,97864	0,94872	0,93211	0,91229	0,89794	0,74990	0,96176	0,90445
F	68,71854	27,75084	20,59352	15,60148	13,19756	4,49750	37,72540	14,19894
DISTPF	0,00312	0,01161	0,01769	0,02598	0,03260	0,12508	0,00748	0,02953

No caso dos refrigeradores, conforme ilustra a tabela 5.4, verifica-se também a redução dos valores dos coeficientes referentes aos impactos da renda e dos preços dos equipamentos na penetração com o aumento da renda. Da mesma forma que os televisores, a análise estatística revelou maior aderência entre as variáveis no caso das faixas de baixa renda. Os coeficientes de correlação apresentam valores superiores ou próximos a 90% nas faixas com renda até 5 salários

mínimos, com valores altos da estatística F e indicação que a probabilidade desses valores ocorrerem por acaso insignificante.

Tabela 5.4 - Resultados da regressão e análise estatística dos refrigeradores

Refrigerador								
Brasil	Total	<1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	5 - 10	10 - 20	>20
alfa	0,05666	0,23055	0,17234	0,08709	0,03458	0,01212	0,00661	0,00177
beta	-0,00791	-0,05621	-0,01382	-0,00720	-0,00213	-0,00260	0,00033	0,00230
R2	0,95034	0,90466	0,94313	0,92110	0,94677	0,96835	0,90331	0,54232
F	28,70495	14,23270	24,87572	17,51208	26,68099	45,89028	14,01292	1,77737
DISTPF	0,01107	0,02944	0,01356	0,02216	0,01228	0,00563	0,03007	0,30963
Sudeste	Total	<1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	5 - 10	10 - 20	>20
alfa	0,02303	0,11924	0,08724	0,04117	0,01396	0,00523	0,00406	0,00454
beta	-0,00615	-0,15851	-0,01924	-0,01234	-0,00886	-0,00728	0,00051	0,92629
R2	0,89518	0,82414	0,92692	0,85475	0,83836	0,97794	0,61179	0,92629
F	12,81031	7,02941	19,02520	8,82673	7,77961	66,50047	2,36385	18,85101
DISTPF	0,03394	0,07375	0,01976	0,05536	0,06499	0,00328	0,24188	0,02001
Sul	Total	<1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	5 - 10	10 - 20	>20
alfa	0,04452	0,26006	0,14002	0,05308	0,03224	0,00351	0,00332	-0,00297
beta	-0,01604	-0,11366	-0,02710	-0,06371	-0,02288	-0,01111	0,00143	0,00407
R2	0,88678	0,92878	0,81446	0,74565	0,98666	0,73248	0,43721	0,06742
F	11,74859	19,56122	6,58471	4,39733	110,90509	4,10713	1,16529	0,10843
DISTPF	0,03810	0,01901	0,07992	0,12828	0,00154	0,13836	0,42220	0,90060
Centro O	Total	<1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	5 - 10	10 - 20	>20
alfa	0,07450	0,22425	0,16660	0,11284	0,04753	0,03367	0,00498	0,00056
beta	-0,00284	-0,16437	-0,00491	-0,01392	-0,01090	-0,02368	0,01693	-0,00223
R2	0,94319	0,83602	0,92143	0,92461	0,91451	0,80960	0,64756	0,00323
F	24,90379	7,64761	17,59141	18,39727	16,04527	6,37814	2,75603	0,00486
DISTPF	0,01354	0,06640	0,02202	0,02070	0,02500	0,08308	0,20923	0,99516
Norte	Total	<1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	5 - 10	10 - 20	>20
alfa	0,11236	0,20904	0,24342	0,13938	0,08788	0,05382	0,06453	0,01807
beta	-0,04062	-0,09511	-0,05174	-0,05222	-0,02419	-0,06763	-0,07007	-0,05257
R2	0,99001	0,83141	0,91414	0,96654	0,89702	0,89319	0,84386	0,36935
F	148,64334	7,39716	15,97048	43,32496	13,06604	12,54372	8,10656	0,87851
DISTPF	0,00100	0,06922	0,02516	0,00612	0,03305	0,03491	0,06170	0,50082
Nordeste	Total	<1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	5 - 10	10 - 20	>20
alfa	0,14216	0,33088	0,27004	0,17392	0,07872	0,02780	0,01093	-0,00059
beta	-0,03421	-0,00296	-0,01293	-0,01280	-0,02274	-0,00694	0,00819	-0,00163
R2	0,96822	0,90940	0,97322	0,96076	0,92782	0,86728	0,41574	0,01114
F	45,69991	15,05610	54,51700	36,72410	19,28278	9,80168	1,06737	0,01689
DISTPF	0,00567	0,02727	0,00438	0,00777	0,01939	0,04835	0,44659	0,98334

A Tabela 5.5 mostra os resultados para os “freezers”. Neste caso em que a posse no período analisado é estagnada ou decrescente na maioria dos casos considerados, não são observados padrões de comportamento aderentes entre os coeficientes e as faixas de renda. A

análise estatística revela, em grande parte dos casos, baixos valores dos coeficientes de correlação e da estatística F.

Tabela 5.5 - Resultados da regressão e análise estatística dos “Freezers”

Freezer		<1	1 -2	2 - 3	3 - 5	5 - 10	10 - 20	>20	
Brasil	Total								
alfa		-0,36373	0,18418	0,12412	0,12084	0,04671	-0,17232	-0,14146	-0,20272
beta		-0,01245	-0,53881	-0,04384	-0,17240	-0,10229	-0,16047	-0,01285	-0,02118
R2		0,99323	0,33029	0,42557	0,16486	0,20560	0,97010	0,97823	0,93050
F		220,02314	0,73976	1,11129	0,29610	0,38821	48,66363	67,41384	20,08157
DISTPF		0,00056	0,54807	0,43536	0,76321	0,70805	0,00517	0,00321	0,01832
Sudeste	Total								
alfa		-0,41234	0,14315	0,30464	0,12577	0,02452	-0,15597	-0,11259	-0,26541
beta		-0,04099	-0,66910	-0,05282	-0,05151	-0,02855	-0,03172	-0,17308	0,03724
R2		0,98502	0,37007	0,65539	0,17250	0,78968	0,83494	0,93687	0,90574
F		98,61901	0,88123	2,85275	0,31268	5,63186	7,58770	22,26216	14,41395
DISTPF		0,00183	0,49996	0,20230	0,75276	0,09646	0,06706	0,01586	0,02894
Sul	Total								
alfa		-0,28018	0,16337	-0,01507	0,15086	0,03789	-0,28364	-0,22816	-0,04730
beta		-0,05886	-1,20806	-0,03930	-0,48008	-0,31000	-0,43947	-0,21283	-0,32492
R2		0,99359	0,93100	0,05617	0,56101	0,48117	0,88549	0,79432	0,75780
F		232,45772	20,23878	0,08927	1,91697	1,39110	11,59912	5,79292	4,69328
DISTPF		0,00051	0,01813	0,91694	0,29085	0,37372	0,03875	0,09328	0,11919
Centro O	Total								
alfa		-0,18502	0,77339	0,20051	0,40448	0,22969	0,00582	-0,08226	-0,14758
beta		-0,07914	-0,48546	-0,71508	-0,75792	-0,30989	-0,04200	0,08814	0,05786
R2		0,80704	0,67142	0,69329	0,68146	0,56106	0,00359	0,31956	0,59538
F		6,27352	3,06516	3,39056	3,20905	1,91732	0,00540	0,70444	2,20718
DISTPF		0,08476	0,18834	0,16986	0,17978	0,29081	0,99462	0,56129	0,25738
Norte	Total								
alfa		-0,45898	0,03854	-0,78673	-0,47535	-0,11561	-0,06542	-0,14363	-0,44937
beta		-0,09460	-1,21149	-0,81019	-0,12132	-0,14743	-0,12170	0,11061	0,49316
R2		0,89398	0,32635	0,92679	0,34168	0,40097	0,40547	0,15012	0,58031
F		12,64774	0,72667	18,98869	0,77852	1,00405	1,02299	0,26495	2,07406
DISTPF		0,03452	0,55291	0,01981	0,53414	0,46363	0,45842	0,78350	0,27189
Nordeste	Total								
alfa		-0,37243	0,15659	0,24807	0,17705	0,04443	-0,24822	-0,21089	-0,15511
beta		-0,16641	-0,30351	-0,36697	-0,00897	-0,10455	-0,38660	0,26448	0,26403
R2		0,86532	0,17498	0,98523	0,15754	0,01897	0,57403	0,73105	0,43170
F		9,63782	0,31814	100,06869	0,28050	0,02901	2,02140	4,07717	1,13946
DISTPF		0,04942	0,74937	0,00179	0,77326	0,97168	0,27801	0,13948	0,42842

No caso dos aparelhos de ar condicionado e chuveiros, não foram encontradas séries históricas da penetração por faixas de renda. Assim, optou-se por manter os índices de penetração observados no ano base conforme dados da pesquisa PUC (2005).

As hipóteses relativas a penetração de equipamentos por classes de renda assumidas nas projeções do estoque são listadas na Tabela 5.6. De um modo geral, dada a maior confiabilidade estatística dos resultados da regressão nas classes de baixa renda, estes são utilizados nessas classes. Nas classes de alta renda, a posse é considerada completa ou o valor de 2005 obtido através da pesquisa PUC (2005). No caso das lâmpadas, dos refrigeradores e televisores, nas classes com renda superior a cinco salários mínimos, considera-se a penetração total desses equipamentos.

Tabela 5.6 – Hipótese relativas à penetração de equipamentos por classes de renda.

Equipamento	<1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	>20
Lâmpadas	C ²	C	C	C	C	C	C
Refrigerador	RM ¹	RM	RM	RM	C	C	C
“Freezer”	RM	RM	RM	RM	RM	RM	RM
Ar Condicionado	C	C	C	C	C	C	C
Televisores	RM	RM	RM	RM	C	C	C
Chuveiros	C	C	C	C	C	C	C

¹ Modelo de regressão múltipla (RM) ² Constante (C)

5.4 Variação do estoque ano a ano

A variação do estoque, ano a ano, se dá através da contabilização dos equipamentos novos entrantes no mercado, devido:

a) **a substituição de equipamentos obsoletos (depreciação)**, o que acontece com maior frequência quando esses estão próximos do fim de sua vida útil. Assim, o trabalho utiliza uma função logística que determina a probabilidade da substituição com base na idade do equipamento, podendo ser concentradas em torno do desvio considerado. A Equação 5.3 ilustra o modelo utilizado.

$$P_e(Id) = \frac{1}{1 + e^{-\left(\frac{Id - Vu}{Did}\right)}} \quad (5.3)$$

onde $P_e(Id)$ é a probabilidade do equipamento e com idade Id ser substituído. Vu é a vida útil do equipamento e Did é o desvio de idade em relação a vida útil, considerou-se nas projeções um desvio de dois anos em relação a vida útil do equipamentos. A Figura 5.3 mostra o

comportamento desta função no caso dos refrigeradores com vida útil de 15 anos. Deste modo, a substituição de equipamentos em cada ano será dado pela Equação 5.4.

$$Sub(y) = \sum_{Id=1}^{Vu} Estoque(y-1, Id) \times P_e(Id) \quad (5.4)$$

onde $Sub(y)$ é o número de equipamentos substituídos no ano y . $Estoque(y-1, Id)$ é o estoque do ano anterior segmentado pela idade dos equipamentos Id , ano a ano.

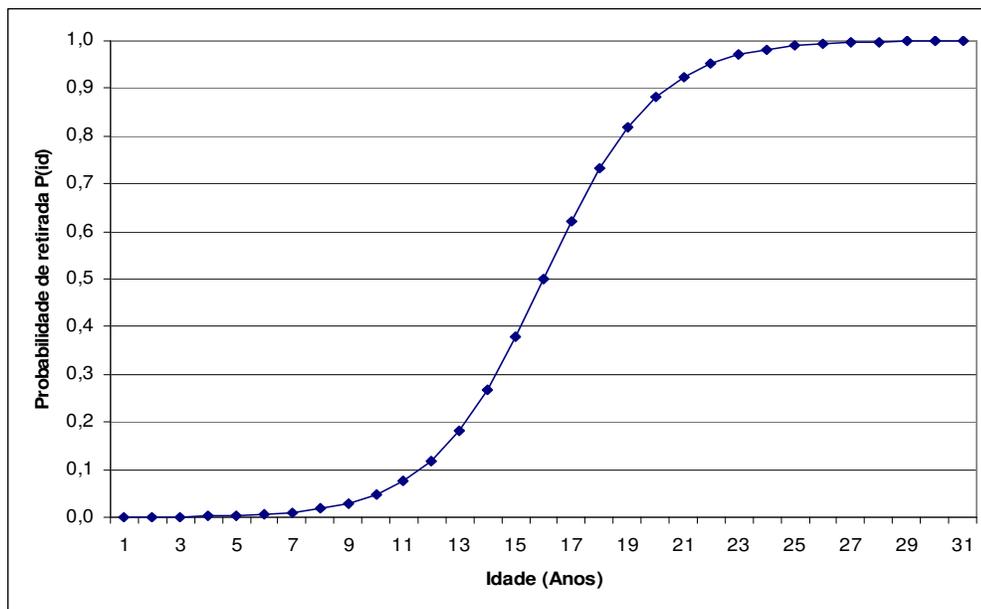


Figura 5.3– Probabilidade de sucateamento dos equipamentos em função da idade.

b) devido à primeira compra de equipamentos relacionada ao acréscimo populacional, conforme indica a Equação 5.5.

$$PC_{e,m}(y) = NR_m(y) \times S_{e,m}(y) - NR_m(y-1) \times S_{e,m}(y-1) \quad (5.5)$$

onde $PC_{e,m}$ é a quantidade de primeiras compras do equipamento e na classe de renda m no ano y , NR é o número de residências na faixa de renda m .

A partir das equações 5.4 e 5.5 obtém-se a contabilização dos equipamentos novos (EN) entrantes no mercado a cada ano, conforme a Equação 5.6.

$$EN(y) = PC(y) + Sub(y) \quad (5.6)$$

Logo, o estoque de equipamentos a cada ano será dado pela seguinte Equação 5.7.

$$Estoque(y) = PC(y) + Sub(y) + \left[\sum_{Id} Estoque(y-1, Id) \times (1 - P(Id)) \right] \quad (5.7)$$

A Figura 5.4 ilustra o modelo de contabilização do estoque ano a ano.

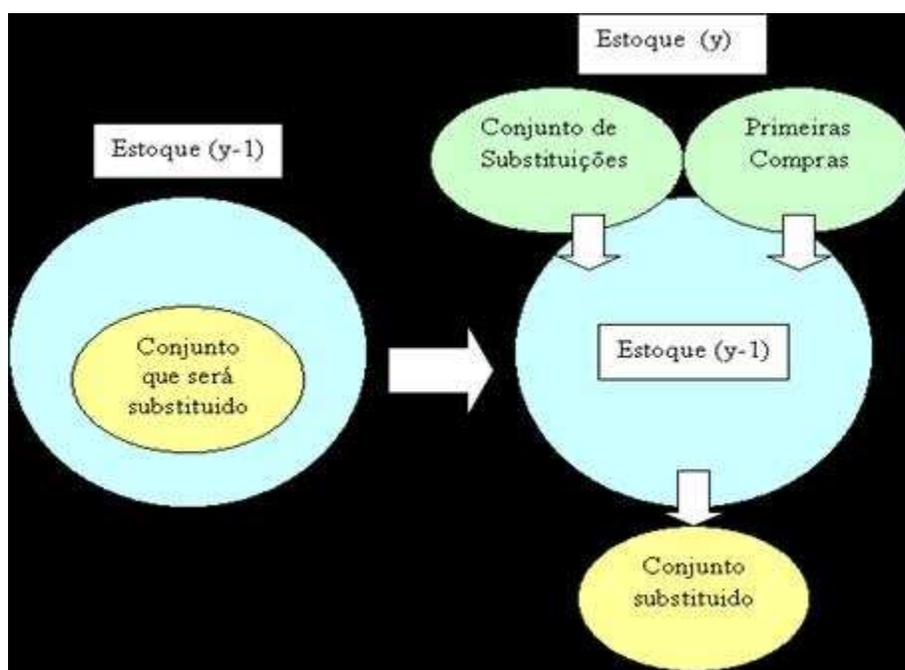


Figura 5.4 – Diagrama de contabilização do estoque ano a ano.

5.5 Cenários

A projeção de cenários relativos ao consumo residencial de eletricidade, conforme o modelo adotado aqui, permite uma análise prospectiva, baseada no comportamento de parâmetros técnicos e econômicos que influenciam na quantidade demandada de eletricidade. Assim, o potencial de conservação de energia, é determinado a partir das diferenças de consumo entre os cenários.

As hipóteses sobre os parâmetros econômicos e o horizonte das projeções (2030) seguem o que foi considerado no PNE. Os cenários comparativos são reflexos dos cenários A, B1, B2 e C do PNE (2030), ora denominados de cenários BASE (A, B1, B2 e C). Estes contrapõe-se e aos cenários MEPS (A, B1, B2 e C), em que são aplicados limites de consumos mais restridentes.

Os parâmetros comuns aos cenários BASE e MEPS são: projeção populacional para as cinco macro regiões e Brasil, estimativa do número de residências por faixas de renda, taxas de crescimento do PIB, participação no mercado de equipamentos por categorias e evolução do índice de preços dos equipamentos (IPA–OG Eletrodomésticos). Os divergentes são o consumo dos equipamentos e a penetração destes no setor.

5.5.1 Parâmetros

O trabalho utiliza para o crescimento populacional taxas médias com base nas informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística³¹. Estas taxas são decrescentes ao longo do período de análise e refletem uma desaceleração do crescimento populacional. De um modo geral, para o Brasil, a taxa de crescimento absoluto da população a partir de 2023 torna-se menor que 1. Assim, no horizonte do presente estudo, que ocorre no ano de 2030, a estimativa da população total brasileira é de 237,7 milhões de habitantes, mesmo valor projetado pelo IBGE.

Para as projeções dos números de residências por classes de renda, o presente trabalho adota um número de habitantes por residência constante em relação aos valores de 2005, conforme indica o IBGE (2005). Em 2030, o número previsto de residências no Brasil alcança aproximadamente 67,6 milhões, o que representa um acréscimo de aproximadamente 28% em relação ao ano base de 2005. A Figura 5.5 mostra a projeção da população por regiões para o período de 2006 a 2030.

³¹http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/publicacao_UNFPA.pdf

Consulta em: 20/03/2007.

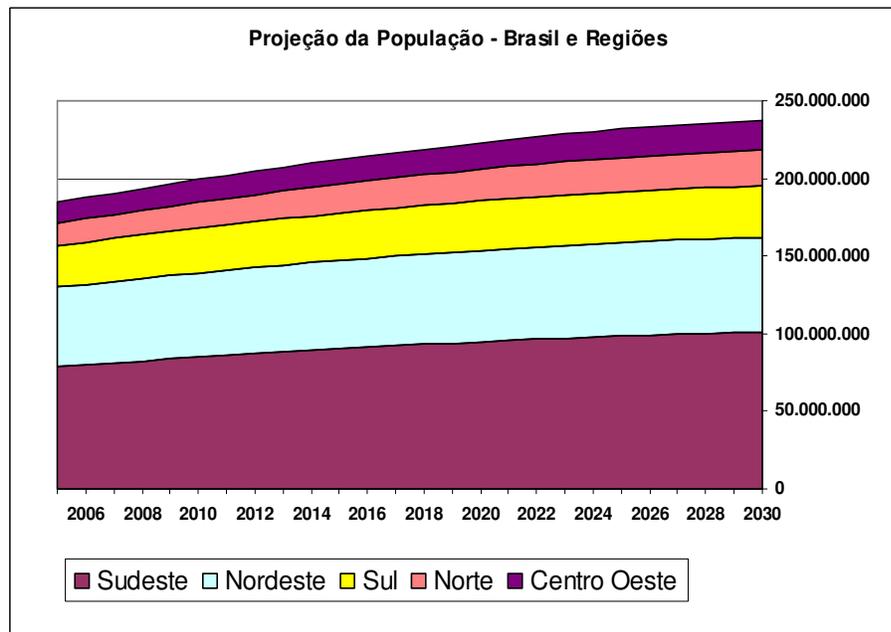


Figura 5.5 – Projeção da população brasileira por regiões de 2005 a 2030.

As taxas médias de crescimento do PIB para o período de 2005 a 2030 utilizadas no PNE (2030) e contempladas no modelo de projeções são listadas na Tabela 5.7

Tabela 5.7 – Taxa média de crescimento anual do PIB (2005 -2030) conforme cenários do Plano Nacional de Energia (2030).

Cenários PNE	Taxa média de crescimento (PNE)	Taxas adotadas nos cenários BASE e MEPS
A	5,1% ao ano	5,1% ao ano
B1	4,1% ao ano	4,1% ao ano
B2	3,2% ao ano	3,2% ao ano
C	2,2% ao ano	2,2% ao ano

A hipótese sobre as participações regionais na composição do PIB nacional, é baseada na regressão histórica dessas participações no período de 1985 a 2004. Assim, para cada região são adotados os seguintes critérios: regiões Sul, Nordeste e Norte, constante conforme as participações de 2005, 18%, 14% e 5% respectivamente. No caso das regiões sudeste e centro oeste, variações de 55% para 50% e 8% para 13% respectivamente no horizonte de estudo. A Figura 5.6 mostra a composição regional do PIB ao longo do período de regressão (1985 a 2004) e de projeção (2005 a 2030).

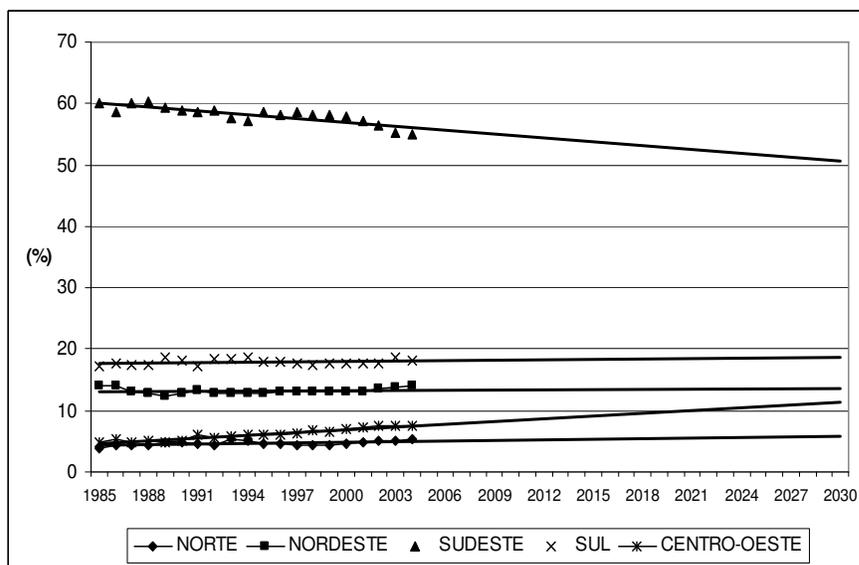


Figura 5.6 – Composição regional do PIB para o período de 1985 a 2004 e prospecção da tendência de participação regional até 2030.

A hipótese sobre o comportamento dos preços dos equipamentos segue a regressão histórica dos índices de preço (IPA-OG)³² dos eletrodomésticos conforme ilustra a Figura 5.7. A regressão é para o período 1995-2008 e as projeções a partir do ano 2008 são realizadas até o ano de 2030. Apesar do comportamento crescente do indicador de preços no período, deve ser destacado que o patamar de preços de 2004 só é recuperado em 2021. Deve ser destacado, que o modelo, a partir da ferramenta computacional desenvolvida, permite a atualização dinâmica da variação dos preços dos equipamentos, o que viabiliza a obtenção de estimativas mais acuradas.

No caso dos cenários MEPS, a variação dos preços dos equipamentos considera tanto a hipótese de comportamento dos indicadores de preços, com base na regressão histórica; quanto os custos relacionados a cada opção de aumento da eficiência energética. Assim, as diferenças de penetração dos equipamentos entre os cenários são reflexos diretos da diferença de preços dos equipamentos em cada caso, ocasionados pelo incremento de custos relacionados.

³² <http://www.ipeadata.gov.br/>

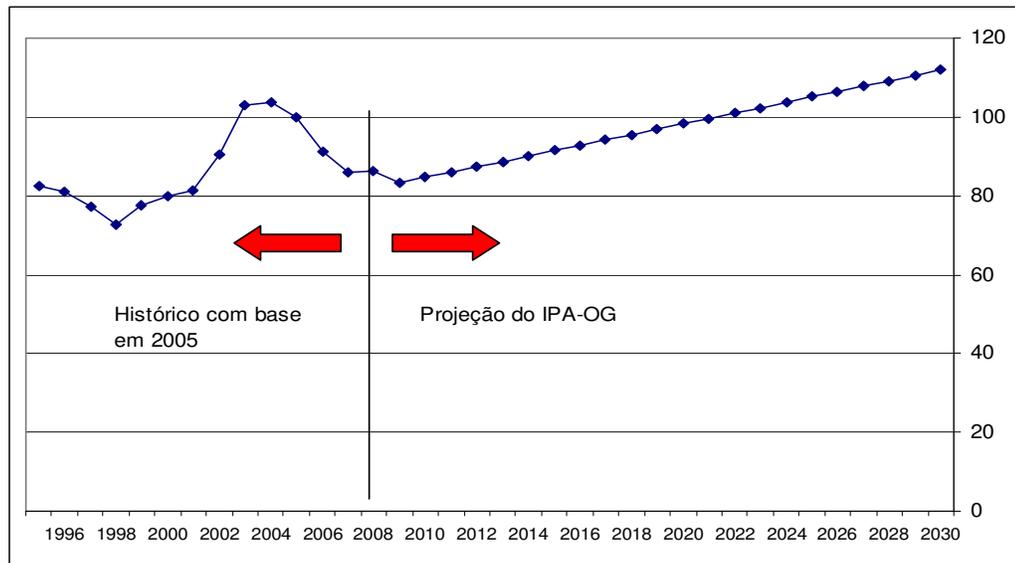


Figura 5.7 – Projeção do IPA-OG (eletrodomésticos)

Em relação à intensidade do uso da energia, no cenário BASE são mantidos, ao longo do período de projeção, os consumos dados pela análise de mercado descrita na seção 2.2. No caso dos cenários MEPS o consumo segue limitações específicas por categorias de equipamentos. As diferenças entre os cenários BASE e MEPS são descritas a seguir.

1. Lâmpadas

- BASE – manutenção da participação no mercado de lâmpadas por categorias.
- MEPS – eliminação do uso de lâmpadas de uso residencial com potência superior a 25W.

2. Refrigeradores e “freezers”

- BASE – manutenção do contexto atual de mercado considerado os padrões adotados em 2008.
- MEPS – restrição do consumo máximo exigido, aumento do grau de rigor dos padrões, conforme o padrão europeu de 1993.

3. Aparelhos de ar condicionado

- BASE – manutenção do contexto atual de mercado considerado os padrões

adotados em 2008.

- MEPS – redução do consumo mínimo exigido, aumento do grau de rigor dos padrões, conforme o padrão dos EUA de 1997.

4. Televisores

- BASE – consumo médio *standby* dos equipamentos existentes no mercado conforme a pesquisa descrita (média de 3,3W)
- MEPS – limite do consumo *standby* em 1W

5.6 Impactos potenciais

A análise dos impactos da adoção de padrões específicos é baseada na avaliação dos custos incorridos e dos benefícios gerados com sua implantação. Cada uma das opções de implementação de MEPS é avaliada sob as perspectivas do consumidor individualmente, dos fabricantes e da sociedade de modo geral.

5.6.1 Consumidor

Neste caso, são utilizadas duas metodologias com base em engenharia econômica:

a) **A comparação entre o incremento de custo da opção eficiente com as economias anuais geradas com sua operação.** Para tanto, aplica-se nos custos incrementais o fator de recuperação de capital (FRC) para uma série uniforme, o que permite transformar o incremento de custo em uma série uniforme de desembolsos, permitindo assim, a comparação direta em base anual entre a diferença de custo anualizado (*CA*) e as economias da operação a cada ano. O modelo segue as equações 5.8 e 5.9.

$$CA = \Delta custo \times \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] \quad (5.8)$$

onde $\Delta custo$ é a diferença entre os custos das opções e o termo entre colchetes é o FRC, sendo r a taxa de desconto adotada e n a vida útil do equipamento.

As economias geradas são dadas pela Equação 5.9.

$$EA(y) = Ce_{BASE}(y) \times T(y) - Ce_{MEPS}(y)T(y) \quad (5.9)$$

onde EA é a economia anual, Ce_{BASE} é o consumo anual do equipamento utilizado no cenário BASE, Ce_{MEPS} é o consumo do equipamento no cenário MEPS e T é a tarifa de eletricidade para o setor residencial no ano considerado. Neste caso, analisa-se, também, a taxa interna de retorno (TIR) do investimento, que é a taxa em que o benefício anual é igual ao custo anual.

b) **O método do valor presente**, onde tanto nos casos de igual vida útil das opções, quanto nos casos de diferente vida útil³³, são calculados os valores presente dos desembolsos com a operação e com as reposições, quando necessárias. Neste caso, optou-se pela realização de uma análise de sensibilidade do valor presente em função das taxas de desconto adotadas. Esta análise é realizada para cada opção considerada em cada cenário de modo comparativo. O modelo pode ser visualizado através da Equação 5.10.

$$VP = Ci + \sum_{t=1}^n \frac{Co}{(1+r)^t} \quad (5.10)$$

onde, Ci é o custo inicial de aquisição do equipamento (R\$), r é a taxa de desconto adotada, n a vida útil do equipamento e Co é o custo anual de operação dado por (5.11).

$$Co = T \times CE \quad (5.11)$$

onde T é o preço da tarifa dada R\$/kWh e Ca é o consumo anual dado em kWh/ano.

A perspectiva individual vislumbra indicar, aos tomadores de decisão, a possível necessidade de implementação de mecanismos complementares para viabilizar, em certos casos, a efetividade econômica das medidas. Nos casos em que estas medidas contemplam possíveis alterações nas taxas de desconto, a análise de sensibilidade permite indicar os impactos das taxas. Estes mecanismos complementares, dentro dos objetivos de cada medida, podem ser, por exemplo, programas de “rebates”, taxas de desconto atrativas, subsídios, isenções fiscais, etc.

³³ Onde existe a reposição do equipamento de menor vida até o período de vida mínimo múltiplo comum entre os casos

Cabe salientar que esses mecanismos complementares podem ser retirados gradualmente, à medida em que o mercado se transforma.

5.6.2 Sociedade

A perspectiva da sociedade, de modo geral, é representada pela comparação entre os custos totais e benefícios totais de cada cenário. Assim, são agregados os benefícios e os custos gerados individualmente. Como a penetração de equipamentos depende basicamente da substituição e da primeira compra de equipamentos, nos anos iniciais, a partir do ano de implementação de um padrão específico, os ganhos são reduzidos, assim como os custos, porém estes são crescentes conforme o parque vai se tornando mais eficiente.

A energia total conservada é dada pela Equação 5.12.

$$ES(y) = CE_{BASE}(y) - CE_{MEPS}(y) \quad (5.12)$$

onde ES é a economia total de energia devido ao consumo dos equipamentos em cada cenário. CE a cada ano, em cada cenário, é dado pela multiplicação do consumo dos modelos equivalentes pelo estoque de equipamentos, conforme a Equação (5.13):

$$CE_{E,FR}(Y) = \left(\sum_{Id}^{30} Estoque(Y, Id) \times Ce_{E,FR}(Id) \right) \quad (5.13)$$

Os benefícios são correspondentes as economias de energia e o seu preço. A somatória dos custos adicionais individuais, devido ao incremento dos preços dos equipamentos em relação ao caso base, reflete os custos totais para a sociedade. A Equação 5.14 ilustra o modelo de contabilização dos benefícios (BS). A Equação 5.15 ilustra o modelo de contabilização dos custos (CS).

$$BS(y) = ES(y) \times Tarifa(y) \quad (5.14)$$

$$CS(y) = (EN_{MEPS}(y) \times P_{MEPS}(y)) - (EN_{BASE}(y) \times P_{BASE}(y)) \quad (5.15)$$

onde EN é o número de equipamentos entrantes no mercado a cada ano, em cada cenário e P é o respectivo preço. Neste contexto, decidiu-se por utilizar uma metodologia que permite a comparação direta dos custos e benefícios: o valor presente líquido, dado pela Equação 5.16.

$$VPL = \sum_y (BS(y) - CS(y)) \times \left[\frac{1}{(1 + r_n)^{(y-y_0)}} \right] \quad (5.16)$$

5.6.3 Fabricantes

O conhecimento do contexto dos fabricantes é fundamental para a efetivação dos padrões. Informações como, por exemplo, número de fabricantes, de importadores, participações no mercado, capacidade técnica dos fabricantes, disponibilidade de tecnologias, etc., são necessárias no processo de decisão, em que se pode encontrar um equilíbrio que não prejudique a concorrência, assim como não seja muito brando e ineficaz. Para tanto, uma análise comparativa das tendências globais e o desenvolvimento da eficiência auxilia na negociação com os fabricantes.

Uma maneira detalhada de realizar a análise dos impactos nos fabricantes é a contabilização financeira dos impactos dos padrões. Este é o método adotado nos EUA (MacMahon, 2004) e é chamado de *Manufacturer Impact Analysis* (MIA). No entanto, esta análise requer um detalhamento bem específico de dados como: necessidade de investimentos adicionais, mudanças nos custos de produção, efeitos nas vendas referentes aos altos preços e baixa comercialização.

No escopo do presente trabalho, seguindo a modelagem adotada, são estimados apenas os impactos dos efeitos nas vendas devido aos incrementos de custos das opções mais eficientes.

Capítulo 6

6 APLICAÇÕES E RESULTADOS

6.1 Introdução

O presente capítulo busca descrever os resultados das projeções e as respectivas análises de aplicações de padrões comparando os resultados de alguns cenários. O motivo principal de selecionar alguns casos para a avaliação é a grande variabilidade de opções de recorte de análise, sendo 6 opções de recorte geográfico, 7 opções de classes de renda e total, 5 equipamentos, sendo 3 divididos por categorias.

Cabe salientar que, a partir do modelo desenvolvido e apresentado no capítulo 5, foi desenvolvida uma ferramenta computacional de análise a partir de planilhas integradas, que permite o recorte da análise por regiões, classes de renda e equipamentos. A ferramenta permite gerar resultados dos impactos de cada opção de engenharia de eficiência energética, por categorias de equipamentos, conforme o enfoque do consumidor, dos fabricantes e da sociedade.

A seguir são descritos os resultados das aplicações para os equipamentos contemplados na análise: lâmpadas, refrigeradores, aparelhos de ar condicionado e televisores.

6.2 Lâmpadas

No caso das lâmpadas, a vida útil dos equipamentos utilizados em cada cenário é diferente, o método de estimativa da vida útil considerado é a ponderação da vida pelo uso, conforme descrito na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Método de estimação da vida útil das lâmpadas em cada cenário.

Lâmpada	Incandescente (Base)		Fluorescente C. (MEPS)	
Vida útil ¹ (Horas)	700 (Mínima)	1000 (Máxima)	6000 (Mínima)	10000 (Máxima)
Fator Liga/Desliga ²	2		2	
Hipóteses de uso	Mínima (anos)	Máxima (anos)	Mínima (anos)	Máxima (anos)
20% - 4 horas/dia/lâmpada	0,24	0,34	2,05	3,42
10% - 2 horas/dia/lâmpada	0,48	0,68	4,11	6,85
70% - 1 hora/dia/lâmpada	0,96	1,37	8,22	13,70
Vida útil ponderada	0,768	1,095	6,575	10,959
Média	0,9315		8,767	
Considerada nos cálculos ³	1		8	
Taxa de substituição anual	30%		6%	

¹ Com base na declaração dos fabricantes

² O fator liga desliga considerado reduz a vida útil pela metade

³ Optou-se por considerar estes valores inteiros para facilitar a análise através do método do valor presente onde o período escolhido é o mínimo múltiplo comum entre as vidas úteis. Assim, são contemplados nos cálculos a reposição das lâmpadas incandescentes a cada ano até completar a vida útil da lâmpada fluorescente compacta.

6.2.1 Estoque e vendas de lâmpadas

No caso das lâmpadas, não existem diferenças em relação ao número de lâmpadas no estoque em uso em cada cenário. Estimado em aproximadamente 800 milhões de lâmpadas em 2008, este estoque em 2024 alcançaria 1 bilhão de unidades somente no setor residencial, conforme mostra a figura 6.1. A premissa utilizada pelo trabalho não contempla variações no estoque, o que pode ocorrer devido as diferenças de custos dos equipamentos. Esta possibilidade demanda a existência de alguns mecanismos focados nas classes de baixa renda, no qual os impactos são maiores.

A adoção do padrão misto prescritivo (tipo de tecnologia) e MEPS (eficiência mínima) que exclui do mercado as lâmpadas do tipo incandescentes com potência superior a 25W, transforma o estoque em uso em aproximadamente 4 anos a partir da data de estabelecimento da exigência. Neste cenário, as vendas de lâmpadas cairiam drasticamente. Esta redução seria, em média, de 80% ao longo do período analisado, significando uma redução anual de vendas em torno de 200 milhões de lâmpadas, conforme mostra a Figura 6.2.

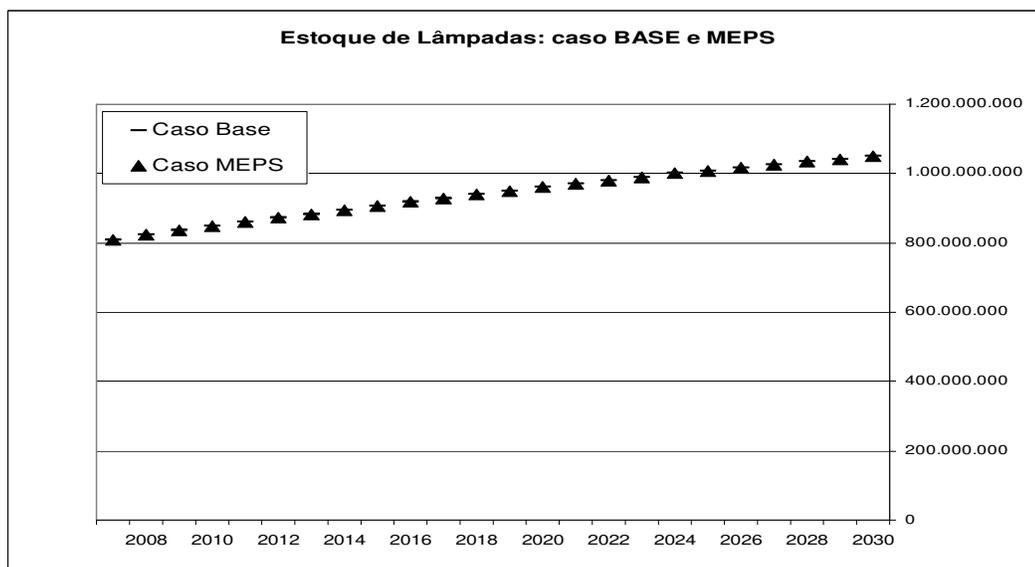


Figura 6.1 – Estoque de lâmpadas no setor residencial.

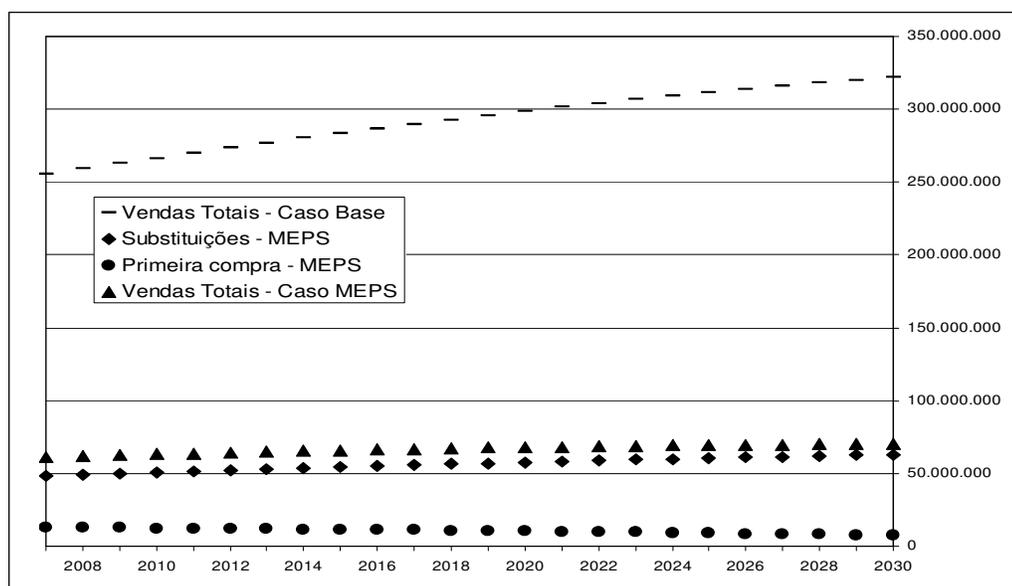


Figura 6.2 – Vendas totais de lâmpadas devidos às substituições e primeiras compras no cenários Base e MEPS.

Os reflexos desta medida podem ser sentidos diretamente pelos fabricantes: 1) os fabricantes que só produzem lâmpadas incandescentes, sem capacidade tecnológica de mudança, poderiam ser eliminados do mercado e; 2) os fabricantes que produzem lâmpadas com as duas tecnologias teriam suas vendas reduzidas drasticamente; no entanto, deve ser destacado que esta

redução não significa necessariamente redução da receita, dados os maiores preços das lâmpadas fluorescentes.

6.2.2 Potencial de economia de energia

No caso de início da adoção do padrão no ano de 2008, verifica-se que o consumo no cenário BASE cresce a uma taxa média anual de 1,22%, alcançando em 2030 um consumo de 23,7 TWh, no cenário MEPS, a partir de 2012, o estoque é completamente eficiente e estabiliza o consumo das lâmpadas no setor por volta de 10 TWh, uma redução superior a 50% do consumo BASE, conforme mostra a Figura 6.3.

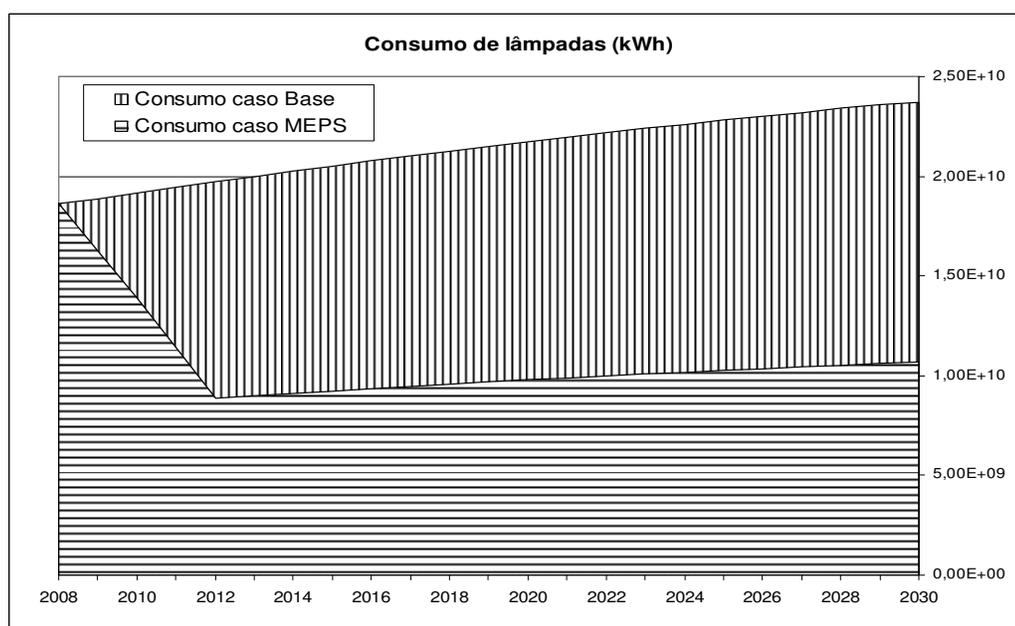


Figura 6.4 – Projeções do consumo de lâmpadas nos cenários BASE e MEPS – (2008 -2030).

6.2.3 O enfoque do consumidor

A análise de sensibilidade do valor presente dos custos evidencia que, mesmo considerando altas taxas de juros, cerca de 80% ao ano, o valor presente dos custos é menor para a opção adotada no cenário MEPS, como mostra a Figura 6.4.

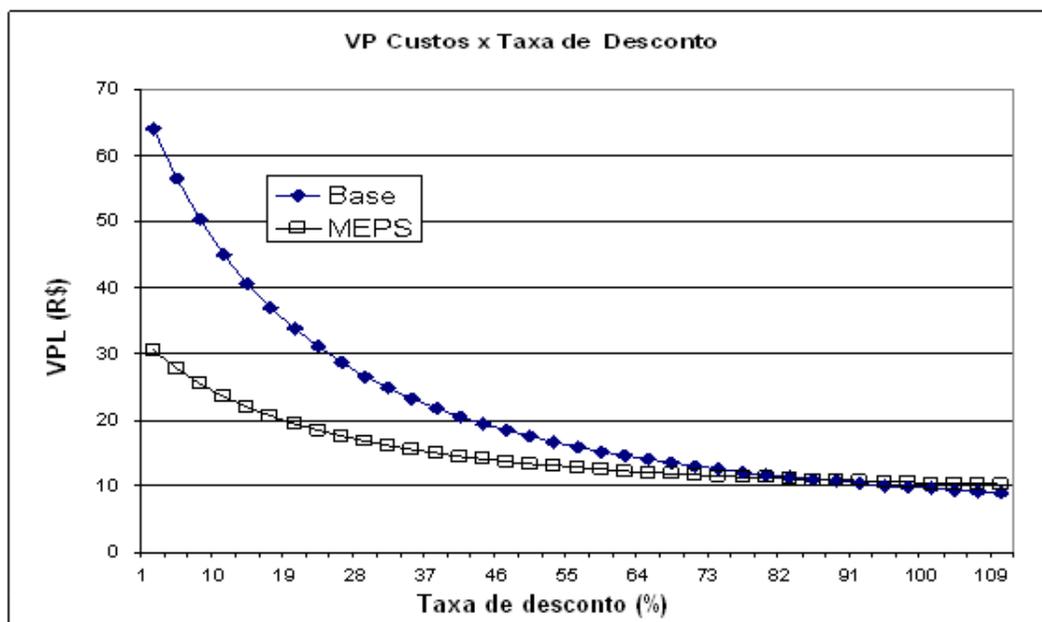


Figura 6.4 – Análise de sensibilidade entre o valor presente dos custos (compra + operação) em cada cenário com a taxa de desconto – lâmpadas.

6.2.4 Perspectiva da sociedade

Esta perspectiva considera, de modo agregado, os benefícios e custos da adoção dos padrões mínimos de eficiência energética para as lâmpadas. Assim como na perspectiva individual do consumidor, a análise agregada também se mostrou muito vantajosa.

A análise dos benefícios e custos per capita evidencia bem esta vantagem financeira. A partir do início da implementação do padrão, são gerados benefícios crescentes que se estabilizam com a transformação completa do estoque. Estes são da ordem de R\$15,6 per capita, por outro lado, os custos variam de maneira decrescente, de R\$ 0,38 para R\$ 0,17 ao longo do período de análise, conforme mostra a Figura 6.5.

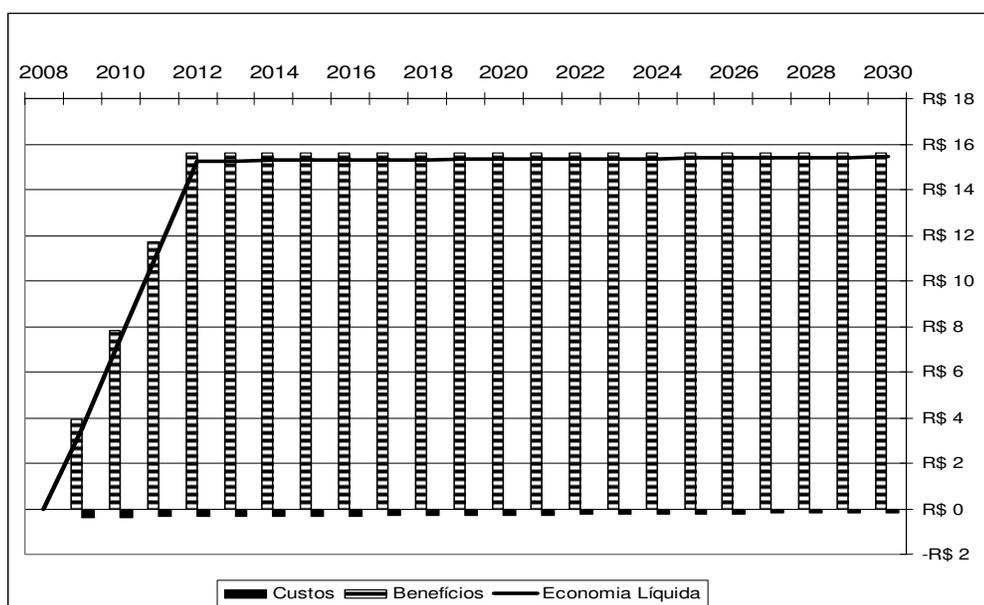


Figura 6.5 - Custos, benefícios e economia líquida per capita com a adoção de padrões de lâmpadas.

6.3 Refrigeradores

No caso dos refrigeradores, o modelo é aplicado para os equipamentos com maior participação no mercado, conforme lista a Tabela 6.2. As opções de MEPS consideradas seguem os modelos mais próximos (equivalentes) conforme a classificação europeia descrita anteriormente. Para cada um dos modelos, são estimados os potenciais máximos (técnicos) de conservação de energia e, também, realizada uma avaliação econômica de cada opção de engenharia de eficiência energética.

Tabela 6.2 – Opções de padrões consideradas nos modelos equivalentes brasileiros e respectivas participações no mercado.

Modelo equivalente	Faixa de volume	Selo	MEPS	Participação no mercado (Brasil) ¹
1 porta	201-300	C	Refrigerador, Europa, 2 “Star”, V=204 litros, C=335 kWh/mês	32,59%
1 porta	301-400	A	Refrigerador, Brasil, 1 “Star”, V=320 litros, C=360 kWh/mês	25,46%
Combinado “Frost Free”	301-400	A	Refrigerador, Europa, 4 “Star”, V=355 litros, C=591 kWh/mês	14,18%

1 Para todas as classes de renda.

6.3.1 O estoque

O modelo utilizado permite uma avaliação do comportamento do estoque de refrigeradores frente a variações das taxas médias de crescimento do PIB, como também das variações dos preços dos equipamentos. A Figura 6.6 ilustra os impactos das diferentes opções de crescimento econômico consideradas no estoque de refrigeradores no Brasil, de um modo geral. Verifica-se, no horizonte das projeções, que as estimativas do estoque possuem uma variação de aproximadamente 2,6 milhões de equipamentos, sendo que a quantidade de equipamentos no cenário de baixo crescimento em 2030 é de 67,2 milhões, enquanto no cenário de alto crescimento esta quantidade é de 69,8 milhões.

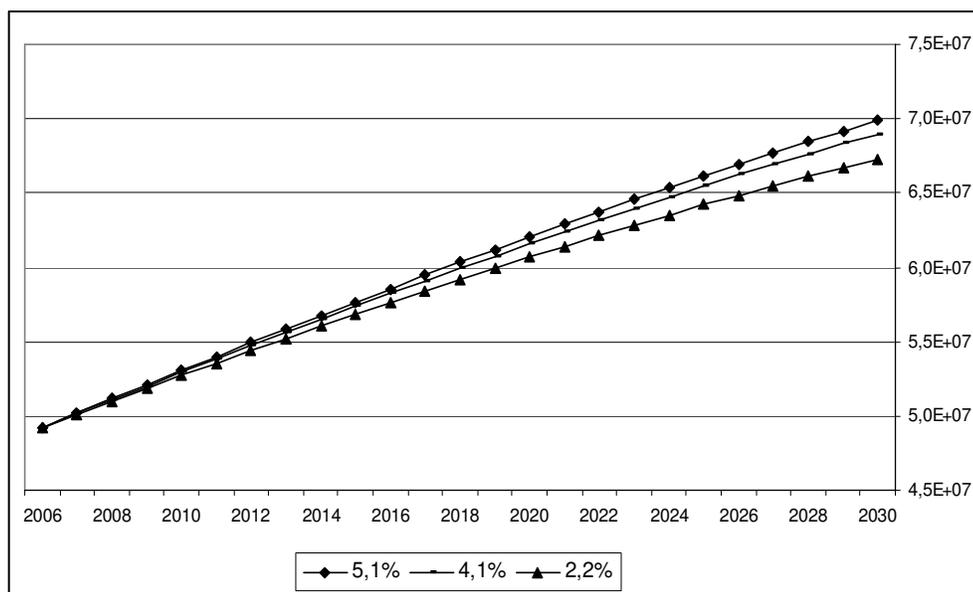


Figura 6.6 – Projeção do estoque de refrigeradores para diferentes taxas de crescimento do PIB.

A Figura 6.7 ilustra um exemplo de variação do estoque na comparação entre os cenários BASE e MEPS com taxa média de crescimento do PIB de 4,1% ao ano. Verifica-se que os acréscimos dos preços dos refrigeradores reduzem a penetração destes equipamentos nas classes de baixa renda. Por exemplo, na classe com renda de até 1 salário mínimo, a aplicação da opção de engenharia número 7 (ver tabela 5.1 - a eficiência é acrescida em 107% e os custos relacionados, 16%) nos refrigeradores de 1 porta, com volume entre 201 e 300 litros produz uma redução do estoque de aproximadamente 25.000 unidades/ano ao longo do período de projeção. Deve ser destacado que esta quantia representa, aproximadamente, 1% do estoque nessa classe de

renda, no horizonte dos estudos em 2030, que é próximo a 2,8 milhões de equipamentos.

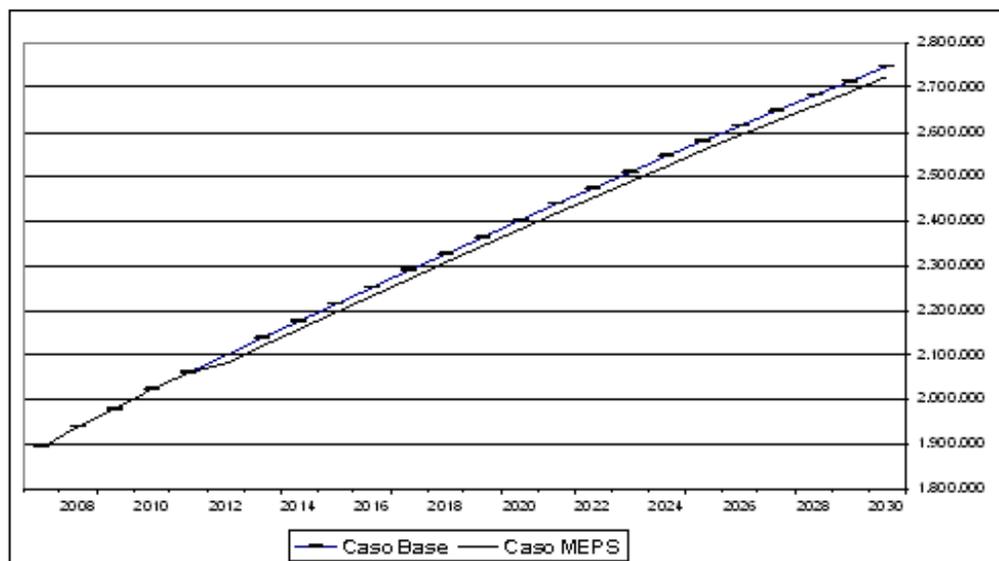


Figura 6.7 – Projeção do estoque de refrigeradores nos cenários BASE e MEPS: Brasil até 1 salário mínimo.

6.3.2 Potencial de conservação de energia

As projeções do consumo de cada modelo equivalente contemplado na análise para o Brasil são descritas na Tabela 6.3. Cabe ressaltar que o consumo total indicado na tabela é referente à participação dos modelos equivalentes considerados, o que totaliza, no caso geral para o Brasil, 72,2% do estoque. Para o restante dos equipamentos, com volume menor que 200 litros e maior que 400 litros não são consideradas opções de MEPS. O potencial estimado refere-se à implementação de todas as opções de engenharia de eficiência de uma forma agregada, ou seja, potencial técnico máximo.

Os resultados, com início da aplicação dos padrões em 2010, indicam que o estoque torna-se completamente eficiente por volta de 2025, com a completa substituição do estoque existente por modelos eficientes. De um modo geral, nos primeiros anos de aplicação dos padrões, os ganhos de conservação são reduzidos; no entanto, eles são crescentes com o aumento da penetração dos equipamentos eficientes. Assim, esta diferença, por volta do ano 2025, é de 42% do consumo anual, o que significaria uma economia de 12 TWh neste ano.

Tabela 6.3 – Resultados das projeções de consumo (TWh/ano) nos cenários BASE e MEPS para refrigeradores

	Brasil	2010	2015	2020	2025	2030
Base	Modelos	Consumo (TWh/ano)				
	201-300	7,3	8,19	8,28	9,13	9,85
	301-400	8,44	9,47	9,58	10,56	11,39
	301-400 FF	5,64	6,33	6,4	7,05	7,61
	Total	21,38	23,99	24,26	26,74	28,85
MEPS	Modelos	Consumo (TWh/ano)				
	201-300	7,12	6,85	5,23	4,42	4,74
	301-400	8,31	8,45	7,26	6,98	7,51
	301-400 FF	5,53	5,5	4,5	4,12	4,44
	Total	20,96	20,8	16,99	15,52	16,69
Diferença	Modelos	(TWh/ano)				
	201-300	0,18	1,34	3,05	4,71	5,11
	301-400	0,13	1,02	2,32	3,58	3,88
	301-400 FF	0,11	0,83	1,9	2,93	3,17
	Total	0,42	3,19	7,27	11,22	12,16
	%	1,96%	13,30%	29,97%	41,96%	42,15%

6.3.3 O enfoque do consumidor

Os resultados das simulações apresentados nesta seção são referentes ao cenário em que a taxa média de crescimento anual do PIB é de 4,1%. A perspectiva do consumidor contempla as condições encontradas no mercado varejista e as respectivas análises do fluxo líquido de caixa de cada opção de engenharia aplicada nos modelos equivalentes. A taxa base simulada é referente à situação usualmente vivenciada pelos consumidores de baixa renda, no qual as taxas aplicadas pelo varejo são altas; por exemplo, o custo médio de crédito à pessoa física é estimado em 64,9% (Instituto para Desenvolvimento do Varejo, 2007).

Neste contexto, no caso da aplicação das várias opções de engenharia (Tabela 5.1) referentes aos modelos de 1 porta, com faixa de volume entre 201 e 300 litros, verifica-se que o fluxo líquido de caixa é vantajoso até a opção 2, no qual mesmo os consumidores de baixa renda pagando tarifa sem subsídio, têm um benefício líquido de R\$ 2,88 ao ano, conforme mostra a Tabela 6.4. No entanto, cabe ressaltar que, mesmo ao considerar a opção máxima de eficiência, a

taxa para qual o fluxo de caixa é zerado é próxima a 30% ao ano.

No caso dos equipamentos de 1 porta com volume entre 301 e 400 litros, a situação é mais delicada, conforme mostra a Tabela 6.5. O FLC é negativo para todas as opções, alcançando - R\$233,41 na opção máxima de eficiência. As taxas que tornam indiferentes a adoção das opções mais eficientes variam entre 17,5% e 7,3%, indicando a necessidade de outros mecanismos que aumentem a atratividade de compra destes equipamentos ou, no caso da consideração da aplicação de padrões médios por classes de produtos, os fabricantes poderiam focar no aumento da eficiência em outros modelos.

Tabela 6.4 – Análise do fluxo de caixa líquido para as opções de engenharias de eficiência energética: modelo equivalente 1 porta (201 - 300 litros).

Modelo equivalente Vida útil = 15 anos	Opção de engenharia	Fluxo Líquido de Caixa (FLC) (r = 64,9%)	Taxa para FLC=0
1 porta (201-300)	1 (fator eficiência = 1,12 Fator custo = 1,01)	R\$2,59	-
	2 (fator eficiência = 1,14 Fator custo = 1,01)	R\$2,88	-
	3 (fator eficiência = 1,30 Fator custo = 1,04)	-R\$1,23	61,50%
	4 (fator eficiência = 1,64 Fator custo = 1,08)	-R\$16,21	45,35%
	5 (fator eficiência = 1,75 Fator custo = 1,09)	-R\$20,24	43,3%
	6 (fator eficiência = 2,02 Fator custo = 1,14)	-R\$42,75	34,1%
	7 (fator eficiência = 2,07 Fator custo = 1,16)	-R\$57,04	29,65%

No caso dos equipamentos com tecnologia “Frost Free”, a análise do fluxo de caixa mostrou-se mais vantajosa. Utilizando-se uma taxa limite de 28,7% no financiamento dos modelos, é possível implementar um padrão que permite o aumento da eficiência em 71% sem aumentar os custos para os consumidores. Deve ser destacado, conforme mostra a Tabela 6.6, que até a opção de engenharia número 2, no próprio contexto do mercado atual, o fluxo de caixa é positivo, ou seja, a implementação deste padrão não demandaria mecanismos auxiliares de fomento.

Tabela 6.5 – Análise do fluxo de caixa líquido para as opções de engenharias de eficiência energética: modelo equivalente 1 porta (301 - 400 litros).

Modelo equivalente Vida útil = 15 anos	Opção de engenharia	Fluxo Líquido de Caixa (FLC) (r = 64,9%)	Taxa para FLC=0
1 porta (301-400)	1 (fator eficiência = 1,21 Fator custo = 1,09)	-R\$57,33	17,5%
	2 (fator eficiência = 1,25 Fator custo = 1,11)	-R\$71,90	16,4%
	3 (fator eficiência = 1,39 Fator custo = 1,21)	-R\$151,22	10,5%
	4 (fator eficiência = 1,41 Fator custo = 1,24)	-R\$176,45	9,0%
	5 (fator eficiência = 1,51 Fator custo = 1,31)	-R\$233,41	7,3%

Tabela 6.6 – Análise do fluxo de caixa líquido para as opções de engenharias de eficiência energética: modelo equivalente combinado “Frost Free” (301 - 400 litros)

Modelo equivalente Vida útil = 15 anos	Opção de engenharia (máximo e mínimo)	Fluxo Líquido de Caixa (FLC) (r = 64,9%)	Taxa para FLC=0
Combinado “Frost Free” (301-400)	1 (fator eficiência = 1,14 Fator custo = 1,01)	R\$4,16	-
	2 (fator eficiência = 1,19 Fator custo = 1,02)	R\$3,11	-
	3 (fator eficiência = 1,23 Fator custo = 1,03)	-R\$0,52	64%
	4 (fator eficiência = 1,24 Fator custo = 1,03)	-R\$2,16	61%
	5 (fator eficiência = 1,38 Fator custo = 1,06)	-R\$18,64	46,5%
	6 (fator eficiência = 1,48 Fator custo = 1,08)	-R\$39,76	37,5%
	7 (fator eficiência = 1,71 Fator custo = 1,13)	-R\$86,37	28,7%

6.3.4 A perspectiva da sociedade

Os resultados das simulações apresentados nesta seção são referentes ao cenário em que a taxa média de crescimento anual do PIB é de 4,1%. A taxa de desconto adotada nas simulações é de 8% ao ano, conforme indica o Plano Nacional de Energia – PNE 2030, para a “Taxa mínima de desconto aplicada na avaliação das alternativas de expansão”, a qual é discutida pela Nota Técnica 1.04.26.07A (EPE, 2007). A contabilização dos custos sob o enfoque da sociedade tem por base a somatória dos custos incrementais da eficiência energética nos equipamentos que penetram no mercado. Os benefícios refletem a contabilização financeira da conservação de

energia. A análise do equilíbrio entre benefícios agregados e custos agregados é dada pelo método do VPL (Valor Presente Líquido) no ano de 2010, referente ao período de projeção 2010 a 2030. Para cada um dos modelos equivalentes de refrigeradores são aplicadas as opções de engenharia contempladas nas análises conforme mostrado nas Tabelas 6.7, 6.8 e 6.9.

Tabela 6.7 – Resultados da avaliação econômica (VPB, VPC e VPL), no período de 2009 a 2030, referente as opções de aumento da eficiência energética para o modelo equivalente de refrigerador (201 -300 litros)

Modelo equivalente Vida útil = 15 anos	Opção de engenharia	Valor Presente Benefícios (R\$)	Valor Presente Custos	Valor presente Líquido
1 porta (201-300)	1 (fator eficiência = 1,12 Fator custo = 1,01)	R\$ 1.726.805.088	-R\$ 572.711.468	R\$ 1.154.093.620
	2 (fator eficiência = 1,14 Fator custo = 1,01)	R\$ 2.029.827.227	-R\$ 685.198.588	R\$ 1.344.628.639
	3 (fator eficiência = 1,30 Fator custo = 1,04)	R\$ 3.723.775.327	-R\$ 1.738.333.167	R\$ 1.985.442.161
	4 (fator eficiência = 1,64 Fator custo = 1,08)	R\$ 6.302.923.143	-R\$ 3.986.836.582	R\$ 2.316.086.562
	5 (fator eficiência = 1,75 Fator custo = 1,09)	R\$ 6.923.307.775	-R\$ 4.558.989.936	R\$ 2.364.317.839
	6 (fator eficiência = 2,02 Fator custo = 1,14)	R\$ 8.126.913.675	-R\$ 6.754.945.781	R\$ 1.371.967.894
	7 (fator eficiência = 2,07 Fator custo = 1,16)	R\$ 8.349.399.055	-R\$ 7.908.662.092	R\$ 440.736.962

Tabela 6.8 – Resultados da avaliação econômica (VPB, VPC e VPL), no período de 2009 a 2030, referente as opções de aumento da eficiência energética para o modelo equivalente de refrigerador (301- 400 litros)

Modelo equivalente Vida útil = 15 anos	Opção de engenharia	Valor Presente Benefícios	Valor Presente Custos	Valor presente Líquido
1 porta (301-400)	1 (fator eficiência = 1,21 Fator custo = 1,09)	R\$ 3.211.189.908	-R\$ 6.053.610.776	-R\$ 2.842.420.868
	2 (fator eficiência = 1,25 Fator custo = 1,11)	R\$ 3.685.067.048	-R\$ 7.398.004.090	-R\$ 3.712.937.041
	3 (fator eficiência = 1,39 Fator custo = 1,21)	R\$ 5.209.401.370	-R\$ 14.115.603.886	-R\$ 8.906.202.516
	4 (fator eficiência = 1,41 Fator custo = 1,24)	R\$ 5.479.069.728	-R\$ 16.129.524.847	-R\$ 10.650.455.119
	5 (fator eficiência = 1,51 Fator custo = 1,31)	R\$ 6.356.280.472	-R\$ 20.826.365.955	-R\$ 14.470.085.483

Tabela 6.9 – Resultados da avaliação econômica (VPB, VPC e VPL), no período de 2009 a 2030, referente as opções de aumento da eficiência energética para o modelo equivalente de refrigerador FF (301- 400 litros)

Modelo equivalente Vida útil = 15 anos	Opção de engenharia	Valor Presente Benefícios	Valor Presente Custos	Valor presente Líquido
Combinado “Frost Free” (301-400)	1 (fator eficiência = 1,14 Fator custo = 1,01)	R\$ 1.495.516.399	-R\$ 1.213.516.419	R\$ 281.999.980
	2 (fator eficiência = 1,19 Fator custo = 1,02)	R\$ 1.993.447.665	-R\$ 1.797.728.300	R\$ 195.719.365
	3 (fator eficiência = 1,23 Fator custo = 1,03)	R\$ 2.303.837.991	-R\$ 2.381.892.646	-R\$ 78.054.655
	4 (fator eficiência = 1,24 Fator custo = 1,03)	R\$ 2.438.963.369	-R\$ 2.640.257.949	-R\$ 201.294.580
	5 (fator eficiência = 1,38 Fator custo = 1,06)	R\$ 3.416.604.904	-R\$ 4.852.838.358	-R\$ 1.436.233.453
	6 (fator eficiência = 1,48 Fator custo = 1,08)	R\$ 4.056.844.849	-R\$ 7.064.759.449	-R\$ 3.007.914.599
	7 (fator eficiência = 1,71 Fator custo = 1,13)	R\$ 5.195.358.759	-R\$ 11.666.203.751	-R\$ 6.470.844.993

A perspectiva da sociedade indica a existência de um espaço maior para padrões de eficiência energética mais rigorosos em relação à perspectiva dos consumidores. Neste caso, a gama de opções em que os benefícios são maiores dos que os custos é maior. Por exemplo, sob a perspectiva do consumidor, o FLC para o modelo equivalente 1 porta 201-300 litros apresentou-se positivo até a opção de engenharia 2; por outro lado, no caso da avaliação sob a perspectiva da sociedade, a opção de engenharia 7 apresentou benefícios maiores dos que os custos ao longo do período de 2010 a 2030 (da ordem de R\$ 440 milhões).

O fluxo de caixa per capita dos benefícios e custos do modelo equivalente com volume entre 200 e 300 litros referente à opção de engenharia de eficiência energética 7 é ilustrado na Figura 6.8. Verifica-se que, com a implantação do MEPS a partir de 2010, em 2019 o fluxo de caixa líquido per capita tornar-se-ia positivo. No entanto, cabe salientar a ordem de grandeza dos custos anuais per capita da referida medida, cerca de R\$ 3,0. Também deve ser salientado que não estão sendo contabilizados outros benefícios, além dos financeiros.

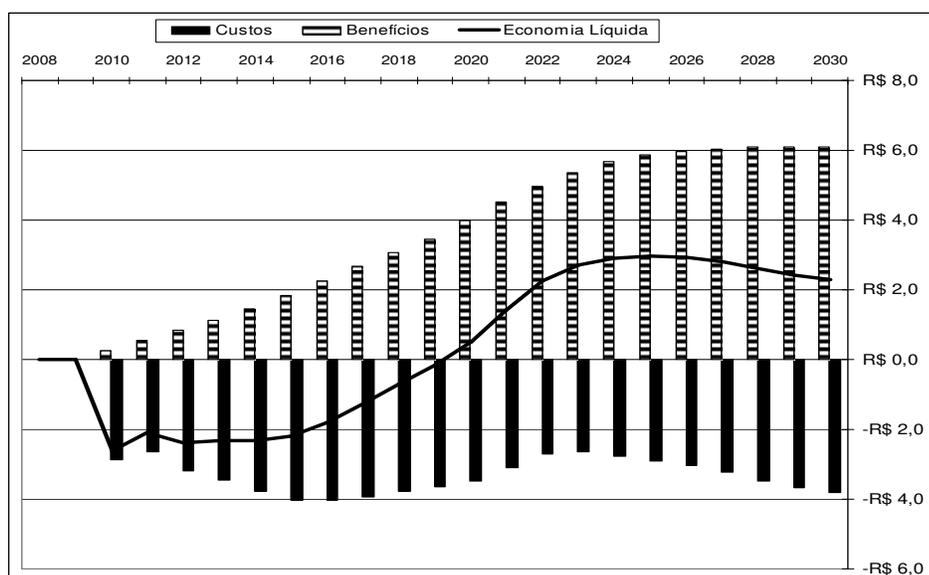


Figura 6.8 – Economia líquida per capita de refrigeradores modelo equivalente 201-300 litros referente à opção de engenharia 7.

6.4 Aparelhos de ar condicionado

No caso dos aparelhos de ar condicionado, os modelos equivalentes considerados e os respectivos MEPS são listados na Tabela 6.10. Dada a pequena participação no mercado de equipamentos com potência menor que 6000 Btu/h e maior do que 20000 Btu/h, o foco da análise será os equipamentos com potência intermediária, os quais atingem aproximadamente 98% do mercado.

Tabela 6.10 – Ar condicionado: Modelos equivalentes, MEPS e respectiva participação no mercado geral para o Brasil

Modelo equivalente	MEPS	Participação no mercado (Brasil)
(<6000Btu/h)	Condicionadores de ar, US (<6000Btu/h)	0,48%
(entre 6000 e 8000 Btu/h)	Condicionadores de ar, US2 (entre 6000 e 8000 Btu/h)	64,49%
(entre 8000 e 14000 Btu/h)	Condicionadores de ar, US3 (entre 8000 e 14000 Btu/h)	19,32%
(entre 14000 e 2000 Btu/h)	Condicionadores de ar, US4 (entre 14000 e 20000 Btu/h)	14,25%
(>20000 Btu/h)	Condicionadores de ar, US5 (>20000 Btu/h)	1,45%

6.4.1 O estoque

Conforme as restrições de dados referentes à penetração de aparelhos de ar condicionado, o modelo utilizado para a projeção do estoque não considera a influência das variações de crescimento econômico e da variação dos preços dos equipamentos. Assim, a fonte de variação da projeção do estoque considerada é somente o crescimento populacional. Com aproximadamente 7,1 milhões de unidades em 2005, no horizonte das projeções o estoque de condicionadores de ar alcança 9,5 milhões de equipamentos no setor residencial, segundo o que mostra a Figura 6.9.

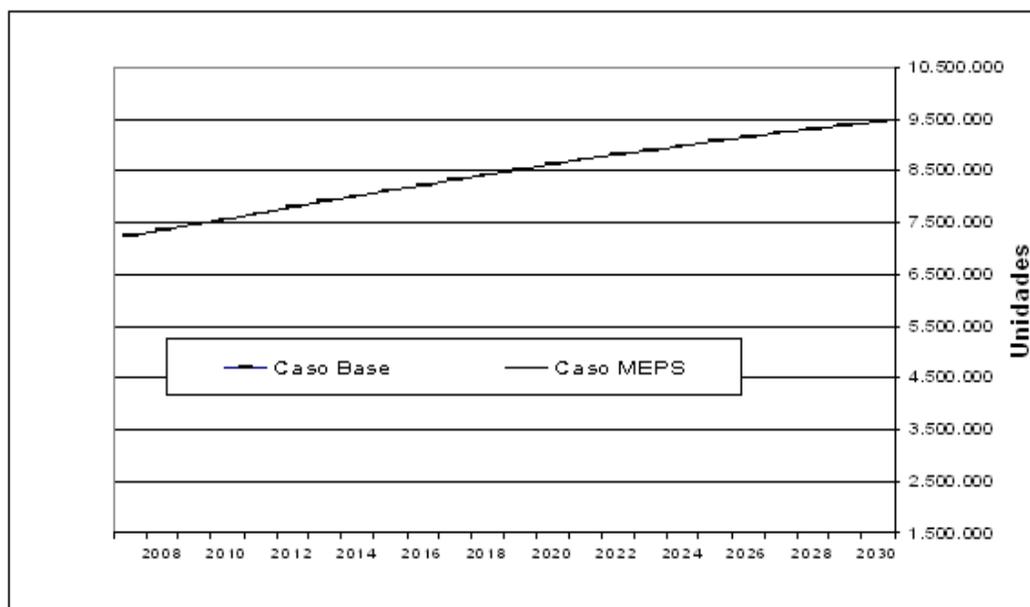


Figura 6.9 – Projeção do estoque residencial de aparelhos de ar condicionado.

6.4.2 Potencial de conservação de energia

A Tabela 6.11 ilustra o consumo projetado nos cenários comparativos. Neste caso, são estimados os potenciais técnicos relacionados à opção de engenharia máxima de eficiência no cenários MEPS. Enquanto no cenário BASE, o crescimento médio do consumo destes equipamentos é de 1,6% ao ano, no cenário MEPS este crescimento é de 0,7%. No horizonte das projeções, a diferença de consumo é de aproximadamente 1,8 TWh, representando cerca de 25,4%.

Tabela 6.11 – Resultados das projeções de consumo (TWh/ano) nos cenários BASE e MEPS para aparelhos de ar condicionado.

	Brasil	2010	2015	2020	2025	2030
Base	Modelos (Btu/h)	Consumo (TWh/ano)				
	6000 - 7999	2,985973	3,272548	3,212571	3,574443	3,756189
	8000 -13999	1,23833	1,357177	1,332304	1,482378	1,557751
	14000 -19999	1,482709	1,62501	1,595228	1,774919	1,865166
	Total	5,707012	6,254735	6,140104	6,83174	7,179106
MEPS	Modelos	Consumo (TWh/ano)				
	6000 - 7999	2,957928	2,977389	2,470599	2,595855	2,724336
	8000 -13999	1,227831	1,246675	1,054524	1,116013	1,171445
	14000 -19999	1,471734	1,509501	1,304861	1,391953	1,461356
	Total	5,657492	5,733565	4,829984	5,103821	5,357136
Diferença	Modelos	(TWh/ano)				
	6000 - 7999	0,028045	0,295159	0,741972	0,978589	1,031853
	8000 -13999	0,0105	0,110502	0,27778	0,366365	0,386306
	14000 -19999	0,010975	0,115509	0,290367	0,382965	0,40381
	Total	0,04952	0,52117	1,31012	1,727919	1,82197
	%	0,87%	8,33%	21,34%	25,29%	25,38%

6.4.3 O enfoque do consumidor

A perspectiva do consumidor é analisada através da relação entre incrementos de custos e benefícios com as economias de energia. O método utilizado para esta avaliação é o fluxo líquido de caixa (FLC), onde o incremento de custo é anualizado.

No caso dos aparelhos de ar condicionado, as primeiras compras e substituições acontecem nas classes de média e alta renda, onde o consumidor, além de possuir mais opções de crédito, também consegue condições mais atrativas de taxas de desconto, porém; adotou-se nas simulações uma taxa de desconto 63,6% (PROCON, 2007)³⁴ ao ano. Esta taxa é ligeiramente inferior a taxa média ilustrativa (64,9%) utilizada pelo mercado varejista. Cabe ressaltar que a ferramenta computacional de análise permite a segmentação por classes de renda e, assim, permite um maior refinamento da análise contemplando os custos do capital nas condições efetivas vivenciadas por cada classe.

³⁴ Taxa média de 5,30% ao mês, o que reflete em uma taxa anual nominal de 63,6%.

Fonte: <http://www.procon.sp.gov.br/texto.asp?id=2144> consulta em: 20/05/2008

Verifica-se, através das Tabelas 6.12, 6.13, e 6.14, que, nas condições ilustrativas de mercado consideradas, o FLC é positivo somente para as opções de engenharia 1 e 2 no caso do modelo 6000 – 7999 Btu/h. Nos outros casos, o FLC, nestas condições, é sempre negativo. No entanto, deve ser destacado que, para outras opções de engenharia, o FLC é zerado para taxas de desconto superiores a 30% ao ano, o que indica um maior potencial efetivo de benefícios maiores do que os custos para taxas menores de desconto aplicadas no varejo.

Nota-se que os custos incrementais das opções de engenharia de eficiência energética são maiores que no caso dos refrigeradores. Isto ocorre principalmente no caso das engenharias que contemplam compressores com maior EER (*Energy Efficiency Rate*), motor do ventilador e compressores com velocidade variável.

Tabela 6.12 - Fluxo líquido de caixa para as opções de engenharias de eficiência energética para aparelhos de ar condicionado modelo equivalente 6000 – 7999 Btu/h.

Modelo equivalente Vida útil = 15 anos	Opção de engenharia	Fluxo Líquido de Caixa (FLC) (r = 63,6%)	Taxa para FLC=0
6000 – 7999 Btu/h	1 (fator eficiência = 1,04 Fator custo = 1,01)	R\$2,39	-
	2 (fator eficiência = 1,11 Fator custo = 1,02)	R\$1,90	-
	3 (fator eficiência = 1,14 Fator custo = 1,04)	-R\$6,07	48,0%
	4 (fator eficiência = 1,17 Fator custo = 1,06)	-R\$16,29	36,5%
	5 (fator eficiência = 1,22 Fator custo = 1,21)	-R\$103,83	10,3%
	6 (fator eficiência = 1,24 Fator custo = 1,52)	-R\$299,2	< 0%
	7 (fator eficiência = 1,38 Fator custo = 2,14)	-R\$687,97	< 0%

Tabela 6.13 – Fluxo líquido de caixa para as opções de engenharias de eficiência energética para aparelhos de ar condicionado modelo equivalente 8000 – 13999 Btu/h.

Modelo equivalente Vida útil = 15 anos	Opção de engenharia	Fluxo Líquido de Caixa (FLC) (r = 64,9%)	Taxa para FLC=0
8000 – 13999 Btu/h	1 (fator eficiência = 1,04 Fator custo = 1,02)	-R\$9,72	29,3%
	2 (fator eficiência = 1,06 Fator custo = 1,03)	-R\$13,48	28,5%
	3 (fator eficiência = 1,09 Fator custo = 1,05)	-R\$22,62	26,2%
	4 (fator eficiência = 1,18 Fator custo = 1,18)	-R\$108,32	11,7%
	5 (fator eficiência = 1,20 Fator custo = 1,44)	-R\$297,68	0,001%
	6 (fator eficiência = 1,33 Fator custo = 1,95)	-R\$669,54	<0%

Tabela 6.14 – Fluxo líquido de caixa para as opções de engenharias de eficiência energética para aparelhos de ar condicionado modelo equivalente 14000 – 19999 Btu/h.

Modelo equivalente Vida útil = 15 anos	Opção de engenharia (máximo e mínimo)	Fluxo Líquido de Caixa (FLC) (r = 64,9%)	Taxa para FLC=0
14000 – 19999 Btu/h	1 (fator eficiência = 1,08 Fator custo = 1,04)	-R\$15,81	38,5%
	2 (fator eficiência = 1,11 Fator custo = 1,05)	-R\$21,75	38,3%
	3 (fator eficiência = 1,13 Fator custo = 1,06)	-R\$32,56	34,2%
	4 (fator eficiência = 1,19 Fator custo = 1,36)	-R\$354,63	3,3%
	5 (fator eficiência = 1,23 Fator custo = 1,46)	-R\$459,19	2,1%
	6 (fator eficiência = 1,24 Fator custo = 1,50)	-R\$509,35	1,3%
	7 (fator eficiência = 1,28 Fator custo = 1,74)	-R\$775,48	<0

6.4.4 A perspectiva da sociedade

A análise econômica das opções de engenharia de eficiência energética para aparelhos de ar condicionado mostrou-se, como no caso dos refrigeradores, mais favorável (maior rigor dos padrões com custos menores que benefícios) sob a perspectiva da sociedade. No entanto, o VPL em 2010 da implementação de cada opção ao longo do período 2010 – 2030 mostrou-se positivo somente no caso das opções de MEPS para os modelos equivalentes com capacidade entre 6000 – 7999 Btu/h. Enquanto que na análise econômica sob o enfoque do consumidor, os benefícios

dentro das condições normais de mercado mostraram-se maiores do que os custos até a opção de engenharia 2, sob o enfoque da sociedade estes MEPSs mostraram-se favoráveis até a opção 4. Neste caso, os benefícios agregados com as economias de energia em termos de valor presente líquido são da ordem de R\$ 535 milhões.

Para as outras faixas de capacidade, as estimativas não apresentaram, para nenhuma das opções de engenharia, benefícios maiores do que os custos. Isto ocorre, principalmente, porque, nestes casos, os ganhos de eficiência são, de modo geral, menores do que os respectivos custos. As Tabelas 6.15, 6.16 e 6.17 ilustram a análise VPB, VPC e VPL de cada uma das opções de engenharia dos respectivos modelos equivalentes de aparelhos de ar condicionado.

Tabela 6.15 – Resultados da avaliação econômica (VPB, VPC e VPL), no período de 2009 a 2030, referente as opções de aumento da eficiência energética para o modelo de aparelho de ar condicionado equivalente 6000 – 7999 Btu/h

Modelo equivalente Vida útil = 15 anos	Opção de engenharia	Valor Presente Benefícios (R\$)	Valor Presente Custos (R\$)	Valor presente Líquido (R\$)
6000 – 7999 Btu/h	1 (fator eficiência = 1,04 Fator custo = 1,01)	250.179.807	-37.558.732	212.621.076
	2 (fator eficiência = 1,11 Fator custo = 1,02)	640.062.531	-141.888.542	498.173.989
	3 (fator eficiência = 1,14 Fator custo = 1,04)	811.525.198	-272.300.805	539.224.393
	4 (fator eficiência = 1,17 Fator custo = 1,06)	956.429.318	-420.449.135	535.980.183
	5 (fator eficiência = 1,22 Fator custo = 1,21)	1.184.078.882	-.431.752.763	-247.673.881
	6 (fator eficiência = 1,24 Fator custo = 1,52)	1.271.045.145	-3.581.990.153	-2.310.945.008
	7 (fator eficiência = 1,38 Fator custo = 2,14)	1.800.851.563	-7.914.111.641	-6.113.260.079

Tabela 6.16 – Resultados da avaliação econômica (VPB, VPC e VPL), no período de 2009 a 2030, referente as opções de aumento da eficiência energética para o modelo de aparelho de ar condicionado equivalente 8000 – 13999 Btu/h

Modelo equivalente Vida útil = 15 anos	Opção de engenharia	Valor Presente Benefícios (R\$)	Valor Presente Custos (R\$)	Valor presente Líquido (R\$)
8000 – 13999 Btu/h	1 (fator eficiência = 1,04 Fator custo = 1,02)	109.921.410	- 198.142.658	-88.221.248
	2 (fator eficiência = 1,06 Fator custo = 1,03)	147.000.206	-271.432.741	-124.432.536
	3 (fator eficiência = 1,09 Fator custo = 1,05)	213.136.371	- 427.093.095	-213.956.724
	4 (fator eficiência = 1,18 Fator custo = 1,18)	409.559.993	- 1.527.092.926	-1.117.532.933
	5 (fator eficiência = 1,20 Fator custo = 1,44)	446.837.259	- 3.621.373.266	-3.174.536.006
	6 (fator eficiência = 1,33 Fator custo = 1,95)	674.204.849	-7.864.739.361	-7.190.534.511

Tabela 6.17 – Resultados da avaliação econômica (VPB, VPC e VPL), no período de 2009 a 2030, referente as opções de aumento da eficiência energética para o modelo de aparelho de ar condicionado equivalente 14000 – 19999 Btu/h

Modelo equivalente Vida útil = 15 anos	Opção de engenharia (máximo e mínimo)	Valor Presente Benefícios (R\$)	Valor Presente Custos (R\$)	Valor presente Líquido (R\$)
14000- 19999 Btu/h	1 (fator eficiência = 1,08 Fator custo = 1,04)	231.475.201	- 438.299.502	-206.824.301
	2 (fator eficiência = 1,11 Fator custo = 1,05)	316.309.128	- 600.519.822	-284.210.693
	3 (fator eficiência = 1,13 Fator custo = 1,06)	365.531.910	- 774.925.705	-409.393.795
	4 (fator eficiência = 1,19 Fator custo = 1,36)	524.275.247	-4.465.628.376	- 3.941.353.128
	5 (fator eficiência = 1,23 Fator custo = 1,46)	610.463.095	- 5.703.605.510	- 5.093.142.415
	6 (fator eficiência = 1,24 Fator custo = 1,50)	631.753.453	- 6.274.423.019	- 5.642.669.566
	7 (fator eficiência = 1,28 Fator custo = 1,74)	704.753.671	- 9.257.220.586	- 8.552.466.915

A Figura 6.10 ilustra a análise do fluxo líquido de caixa (FLC) per capita para o modelo equivalente 6000 -7999 Btu/h no caso da engenharia 3. Verifica-se que em adotando como padrão mínimo este MEPS em 2010, já em 2014 o FLC torna-se positivo.

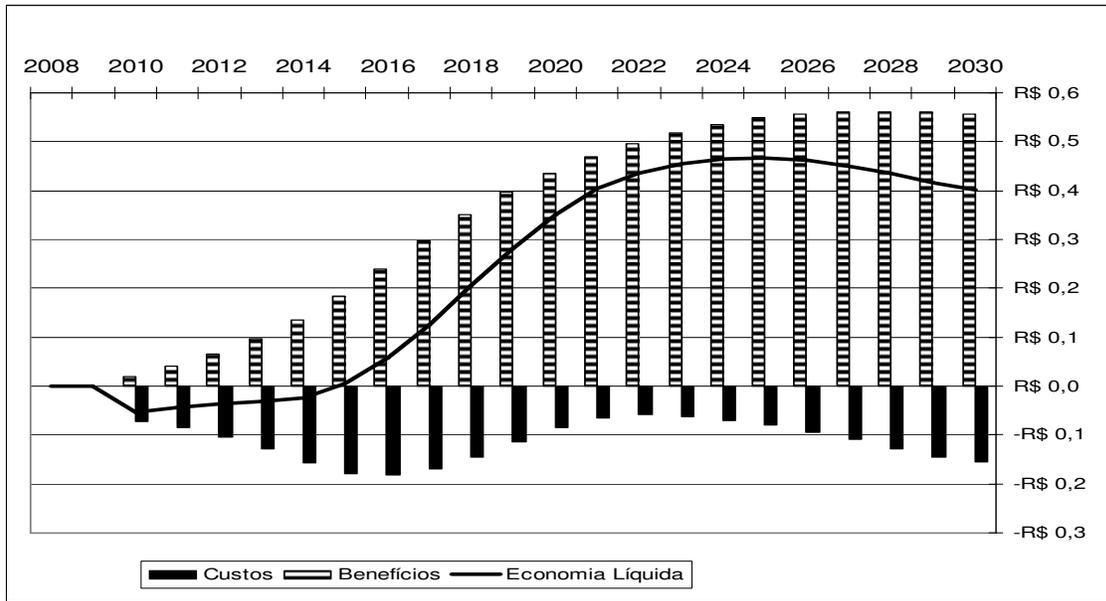


Figura 6.10 - Economia líquida per capita de aparelhos de ar condicionado modelo equivalente 6000 – 7999 Btu/h referente a opção de engenharia 3.

6.5 Televisores

No caso dos aparelhos de televisão, as simulações não contemplam acréscimos nos custos para os fabricantes e preços finais no varejo devido às adequações dos fabricantes ao limite de 1W de potência na operação *standby*. Os modelos equivalentes de televisores e os respectivos consumos com a operação no modo *standby*, assim como a participação no mercado estão listados na Tabela 6.18. No caso destes equipamentos, o limite de consumo considerado contempla a mesma opção em todos os casos: limite de 1W para potência demandada no modo *standby*.

Tabela 6.18– Características dos modelos equivalentes de televisores: consumo *standby* e participação no mercado.

Modelos Equivalentes (polegadas)	<i>standby</i>		<i>Market Share</i>
	kWh/ano BASE	kWh/ano MEPS	Brasil
menor ou igual a 17	19,5	5,9	26,71%
18 a 25	17,5	5,9	57,13%
26 a 30	19,4	5,9	15,91%
Maior ou igual a 31	5,9	5,9	0,26%

6.5.1 O estoque

O impacto dos diferentes cenários de crescimento econômico no estoque de televisores é ilustrado na Figura 6.11. Verifica-se que, no horizonte de estudos, existe uma diferença entre os cenários limitantes, de aproximadamente, 3,2 milhões de equipamentos.

6.5.2 O potencial de economia de energia

Ao longo do período das projeções, o consumo de eletricidade dos televisores cresce a uma taxa média anual de 1,56% no cenário base e 1,34% no cenário MEPS. Essa diferença, devido a limitação da potência de consumo *standby* em 1W, representa, no ano horizonte do estudo, 0,9 TWh de energia economizada. A Figura 6.12 ilustra as projeções do consumo nos cenários BASE e MEPS.

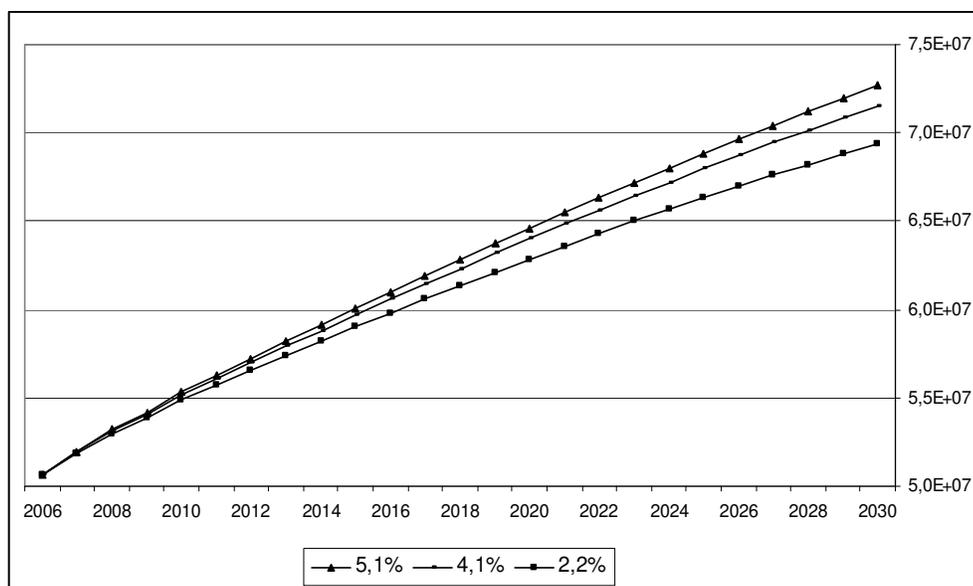


Figura 6.11 – Estoque de televisores: impacto das elasticidades renda em relação as diferentes hipóteses de crescimento econômico.

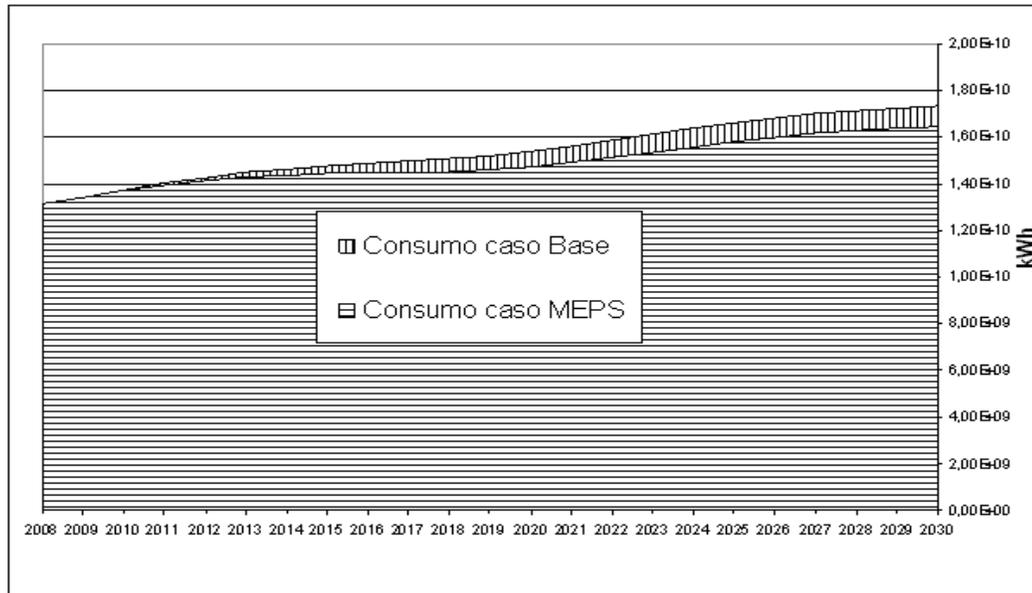


Figura 6.12 – Projeção do consumo de televisores: cenário BASE e MEPS.

Capítulo 7

7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 Introdução

No presente estudo, desenvolveu-se, um modelo de projeção do consumo de eletricidade, que permite considerar especificações técnicas de equipamentos elétricos, e assim, possibilita a avaliação dos impactos da adoção de diferentes índices mínimos de eficiência energética ou máximos de consumo de energia. A partir da ferramenta computacional, desenvolvida para aplicação da modelagem, foram analisadas diversas opções de índices que poderiam tornar-se mandatórios.

As estimativas, resultantes da aplicação do modelo, revelaram que a adoção de padrões mais restritos para refrigeradores e aparelhos de ar condicionado, assim como a implementação de padrões para lâmpadas e de consumo no modo de operação *standby* para televisores, são ações adequadas para aumentar a conservação de energia com impactos significativos e bem determinados, resultando em alguns casos, captura de benefícios econômicos para a sociedade e para os consumidores.

Assim, para o caso brasileiro, onde ainda não existe uma ferramenta para avaliar os impactos dos padrões de eficiência energética adotados, o modelo aqui desenvolvido, pode contribuir no processo de análise e estabelecimento destes padrões mandatórios.

7.2 Diagnóstico do consumo de energia de equipamentos elétricos no setor residencial

A avaliação da estrutura do consumo de eletricidade por classes de renda evidenciou os reflexos da desigual distribuição de renda na estrutura do consumo de eletricidade. Enquanto nas faixas de baixa renda, o consumo total divide-se basicamente em refrigeração de alimentos, aquecimento de água para banho, televisores e iluminação, nas faixas com renda acima de 10 salários mínimos esses equipamentos correspondem a aproximadamente 50% do consumo.

O consumo mensal dos equipamentos, estimados através da pesquisa PUC (2005) e de sua compatibilização com as tabelas de consumo do INMETRO, apresentaram-se coerentes em relação ao progresso da eficiência energética que têm ocorrido voluntariamente, principalmente nas últimas duas décadas. O PNE cita: “em média, estima-se que, atualmente, os novos refrigeradores de uma porta, 250-300 l, consomem cerca de 27% menos energia do que os equipamentos disponíveis no mercado na década de 1990, uma queda de 2% ao ano no consumo específico.” No caso, o consumo médio do modelo 250-300 l no ano de 2006 foi 317 kWh/ano. Segundo a estimativa da tese, os equipamentos com volume entre 200-300 l consumiram em média 326 kWh/ano no ano de 2005, um diferença de 2,8%.

7.3 Comparação internacional dos padrões adotados no Brasil para refrigeradores e aparelhos de ar condicionado

Os recentes índices mínimos de consumo energético adotados no Brasil para refrigeradores e aparelhos de ar condicionado apresentaram-se mais brandos, quando comparados com padrões adotados no EUA/Canadá e na Europa. Por exemplo, no caso dos refrigeradores de uma porta, as comparações revelaram que os índices brasileiros admitem que sejam disponibilizados no mercado equipamentos que consomem cerca de 20% a mais energia do que os equipamentos padronizados no caso dos EUA/Canadá, segundo os padrões adotados em 2001. Também foi identificada a existência de espaço para a disponibilização de equipamentos mais eficientes por parte dos fabricantes no Brasil. Os refrigeradores nacionais com classificação A consomem até 50% mais energia do que os equipamentos com eficiência máxima disponibilizados no mercado europeu.

Também deve ser destacada a ausência de padrões em outros equipamentos como televisores, máquinas de lavar roupa e louça, máquinas de secar roupa, consumo em *standby* de aparelhos decodificadores de TV a cabo ou satélite, DVD, microondas, etc.

7.4 Potenciais de eficiência energética e benefícios econômicos com a adoção de padrões mais restritivos para de refrigeradores, aparelhos de ar condicionado, lâmpadas e televisores

a) Refrigeradores

No caso dos refrigeradores, mesmo nas condições de mercado, com taxa de desconto de 64,9%, as projeções apresentaram opções de engenharia de eficiência energética com custos menores ou iguais aos benefícios gerados com a economia de energia ao longo da vida útil desses equipamentos.

O modelo equivalente de uma porta 201-300 litros (que seria equivalente ao consumo com classificação C no padrão atual), apresentou potencial de acréscimo de eficiência de 14% com fluxo líquido de caixa igual a zero (benefícios pagam os custos incrementais – potencial econômico). Isto pode ser verificado através da Figura 7.1, que ilustra o custo do ciclo de vida dos modelos de 1 porta em relação as opções de aumento da eficiência energética.

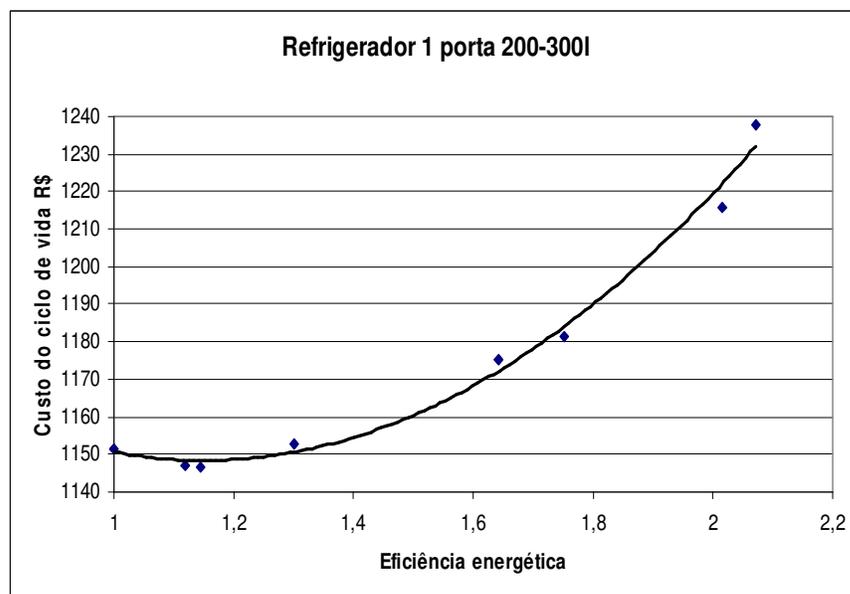


Figura 7.1 - Custo do ciclo de vida e eficiência energética de refrigeradores 1 porta com volume entre 200 e 300 litros.

A Tabela lista as características técnicas das opções onde os benefícios apresentaram-se maiores do que os custos nas estimativas.

Tabela 7.1 – Opções ilustrativas de engenharia para aumento da eficiência energética viáveis economicamente sob a perspectiva do consumidor: refrigeradores

Modelo equivalente	Selo	Opção de Engenharia	Ganho de Eficiência
1 porta (201-300)	C	(1)- C + acréscimo do isolamento na porta (15mm) (2)- (1) + decréscimo de vazamento pela porta	14%
1 porta (301-400)	A	-	0%
Combinado “Frost Free” (301-400)	A	(1)- A + compressor mais eficiente (2)- 1 + acréscimo de isolamento da porta (35/65 mm)	17%

No caso da análise sob a perspectiva da sociedade, é maior o número de opções em que os custos são menores ou iguais aos benefícios gerados com a conservação de energia. Para os equipamentos de 1 porta (201-300) todas as opções de engenharia de eficiência apresentaram benefícios maiores do que os custos através dos cálculos do VPL ao longo dos períodos das projeções. No entanto, no caso do modelo 1 porta (301-400), sob nenhum dos enfoques considerados, os cálculos apresentaram vantagem financeira na análise. Para os equipamentos com tecnologia FF, as perspectivas apresentaram resultados iguais, sendo maiores os benefícios até a opção de engenharia 2. Deve ser destacado que os custos per capita da implementação da opção de custo mais caro não é superior a R\$ 3,00 ao ano.

b) Aparelhos de ar condicionado

Os aparelhos de ar condicionado com capacidade entre 6000-8000 Btu/h apresentaram duas opções de MEPS com benefícios maiores ou iguais aos custos, o que corresponde a um potencial de eficiência energética de 11% em relação aos equipamentos com classificação A do programa brasileiro de etiquetagem. Conforme ilustra a Figura 7.2, o custo do ciclo de vida destes equipamentos nas condições de mercado, com taxa de desconto anual de 63,6%, é da ordem de R\$ 1250 até a opção 4 de eficiência energética. A tabela 7.2 lista as opções com avaliação financeira positiva. Deve ser destacado que, sob o enfoque dos consumidores, nenhum dos outros casos apresentaram resultados viáveis economicamente nas condições usuais de mercado. Porém, sob a perspectiva da sociedade, a ordem de grandeza dos custos anuais per capita para as opções máximas de eficiência (potencial técnico) não ultrapassam R\$ 5,00/ano.

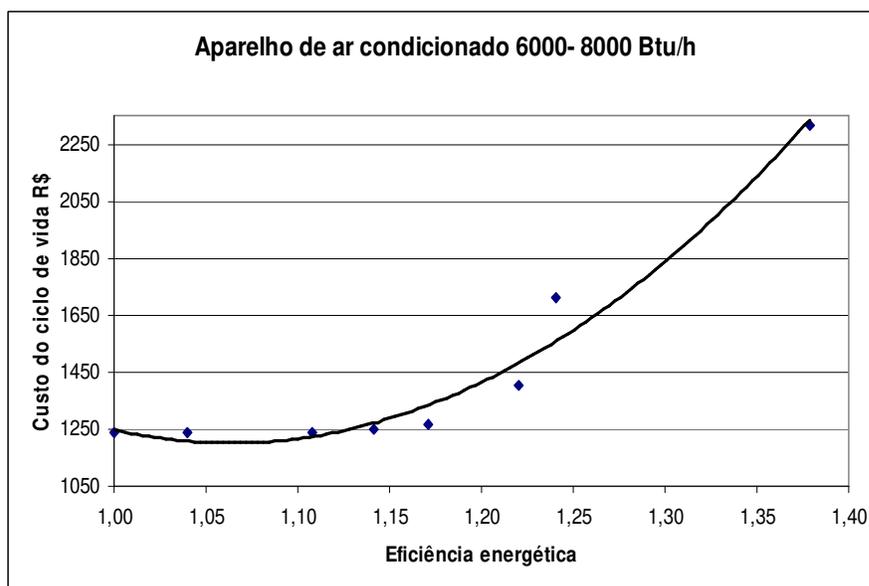


Figura 7.2 - Custo do ciclo de vida e eficiência energética de aparelhos de ar condicionado com capacidade de refrigeração entre 6000 e 8000 Btu/h

Tabela 7.2 – Características técnicas das engenharias com avaliação financeira positiva para aparelhos de ar condicionado.

Modelo equivalente	Selo	Capacidade de Refrigeração	Eficiência Energética W/W	Engenharia Custo efetivo Consumidor
6000-7999 Btu/h	A	2051 W	3,00	(1) - C + Evap./Cond melhorados (2) - (1) + PSC Fan Motor

c) Lâmpadas

No caso das lâmpadas, a limitação da potência a 25W representaria um estoque com grande penetração de LFC, o que permitiria a estabilização do consumo próximo a 10 TWh/ano, valor cerca de 55% inferior ao consumo anual projetado no cenário BASE. No entanto, deve ser destacada a necessidade de lâmpadas com qualidade e que realmente cumpram a vida útil definida pelos fabricantes. Outras questões pertinentes que devem ser analisadas com maiores detalhes são: 1) influência da qualidade do fornecimento de energia na vida útil das FLCs; 2) o fator de potência das FLCs disponibilizadas no mercado e; 3) a inserção no mercado das lâmpadas com tecnologia LED, as quais provavelmente terão uma curva de custos decrescente nos próximos anos.

d) Televisores

A utilização de limites de consumo no modo de operação *standby* pelos televisores apresentou um potencial médio de economia de energia de 5% em relação ao consumo total destes equipamentos. Esta medida representaria uma economia de energia no horizonte de estudos de 0,9 TWh ano.

7.5 Análise crítica da eficiência energética nas projeções oficiais do Plano Nacional de Energia 2030 para o setor residencial

As projeções do PNE (2030) consideram intrinsecamente a energia conservada referente ao progresso autônomo da eficiência energética. No cenário B1³⁵ o consumo projetado para o setor residencial em 2030 é de 283,3 TWh, um crescimento de 5% ao ano a partir de 2005 onde o consumo foi de 83,2 TWh. Como progresso induzido o PNE entende ser possível atingir em 2030, um montante de energia conservada aproximadamente equivalente ao potencial dito de mercado, o valor considerado nas projeções é de 1% para o setor residencial. Logo, a economia de energia provocada por ações de políticas públicas ou por meio da institucionalização de programas e medidas específicas, onde se enquadram os padrões de eficiência energética, seria da ordem de 2,83 TWh no horizonte do estudos.

As estimativas apresentadas na tese são coerentes com a ordem de grandeza das previsões do PNE. Porém, estas apresentam potenciais de eficiência energética superiores, considerando apenas 4 equipamentos elétricos de uso residencial, o que pode indicar a possibilidade de potenciais ainda maiores.

A estimativa do potencial técnico, indicado pelo PNE (19,8 TWh), é equivalente ao potencial viável economicamente sob a perspectiva da sociedade (20 TWh) avaliado na tese para refrigeradores, aparelhos de ar condicionado, lâmpadas e televisores somados.

³⁵ Foram escolhidos os resultados do cenário B1 porque o PNE (2030) escolhe este cenário para apresentação de alguns resultados consolidados.

Tanto o potencial econômico (8,49 TWh), quanto o potencial de mercado (3,48 TWh) indicados pelo PNE, são valores inferiores ao que pode ser obtido, com benefícios maiores do que os custos, sob a perspectiva dos consumidores (15,4 TWh) para refrigeradores, aparelhos de ar condicionado, lâmpadas e televisores somados. A Tabela 7.3 lista as estimativas de potencial técnico, econômico e de mercado referente ao PNE e à tese.

Tabela 7.3 – Potencial de eficiência energética técnico, econômico e de mercado: PNE e tese

Potencial de eficiência energética	PNE (2030) (%)	PNE (2030) (TWh)	Tese (2030) (%)	Tese (2030) (TWh)
Técnico	7%	19,8	9,6%	27,4 {12,7 (lâmpadas) + 12 (refrigeradores) + 1,8 (aparelhos de ar condicionado) + 0,9 (<i>standby</i> - televisores)}
Econômico	3%	8,49	7,0%	20,0 {12,7 (lâmpadas) + 5,1+0,8 (refrigeradores) + 0,5 (aparelhos de ar condicionado) + 0,9 (<i>standby</i> - televisores)} ¹
Mercado	1%	3,83	5,4%	15,4 {12,7 (lâmpadas) + 0,7 + 0,8 (refrigeradores) + 0,3 (aparelhos de ar condicionado) + 0,9 (<i>standby</i> - televisores)} ²

¹ Refere-se a avaliação sob a perspectiva da sociedade onde são utilizadas na análise taxas de desconto de 8% ao ano.

² Refere-se a avaliação sob a perspectiva do consumidor nas condições “normais” de mercado – taxa de 63,6% ao ano.

Destaca-se, que as diferenças encontradas podem ser, em parte, reflexos das diferentes metodologias utilizadas em cada análise. No caso da metodologia do PNE, o próprio evidência que:

“...entre as limitações destacam-se: a abordagem metodológica técnico-analítica adotada na projeção do consumo, cujo grau de detalhamento teve como fronteira o nível de serviço energético fornecido pela eletricidade no grau de desagregação do Balanço de Energia Útil editado pelo MME (2005), pelo que considerações do uso da energia por tipo de equipamento - abordagem que logra permitir uma estimativa mais acurada dos potenciais de conservação de eletricidade – não são apreendidas e a própria dinâmica de penetração de alternativas de uso eficiente da eletricidade, que envolve esforços de múltiplos agentes e que, per se, implica em velocidades de difusão de esforços distintas entre os diversos setores de consumo final. Além disso, há a limitação de bases de dados existentes para caracterizar, de forma adequada, um potencial de conservação de energia no país. MME & EPE, (2007)

7.6 Considerações finais

Durante o desenvolvimento do trabalho foram identificadas algumas questões limitantes:

- a) Ausência de dados sobre a real participação no mercado dos equipamentos por categorias e classificação de eficiência energética conforme a etiqueta nacional;
- b) Necessidade de séries de dados históricos da penetração para mais equipamentos;
- c) Necessidade de dados de experimentos em laboratórios com cada opção de engenharia sugerida e verificação dos ganhos de eficiência energética;
- d) Necessidade de verificação dos custos incorridos junto aos fabricantes nacionais de cada opção de engenharia de eficiência e;
- e) Necessidade de adequação das opções de engenharia ao contexto dos modelos nacionais quando necessário.

Durante o desenvolvimento do trabalho foram identificadas possibilidades de estudos que, devido aos limites de tempo e espaço, não puderam ser realizados. Algumas destas possibilidades são:

- a) Verificação dos impactos da implementação dos padrões sob a perspectiva dos fabricantes considerando uma avaliação do fluxo de caixa e capacidade tecnológica;
- b) Caracterização do estoque de equipamentos por concessionárias e identificar os respectivos potenciais de eficiência energética por classes de renda nas áreas de concessão destas, o que permite o foco mais preciso dos programas de investimento em eficiência energética e;
- c) Identificação dos impactos do estabelecimento dos padrões sob a perspectiva das concessionárias distribuidoras de eletricidade.

Referências Bibliográficas

Achão, C.C.L., (2003). Análise da Estrutura de Consumo de Energia pelo Setor Residencial Brasileiro. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Almeida, M.; Schaeffer, R.; La Rovere, E., (2001). The potential for electricity conservation and peak load reduction in the residential sector of Brasil. *Energy*, 26.

Andrade, A.T.; Lobão, W. J. A. (1997). Elasticidade renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil. Texto para discussão 489. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

ANEEL, 1999. Agência Nacional de Energia Elétrica. Relatório Síntese dos Programas de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica: Ciclo 1998/1999. ANEEL, Brasília.

ANEEL, 2001. Agência Nacional de Energia Elétrica. Relatório Síntese dos Programas de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica: Ciclo 1999/2000. ANEEL, Brasília.

ANEEL, 2003. Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor Elétrico Brasileiro: Aspectos Legais Regulatórios e Conceituais. Brasília, Agência Nacional de Energia Elétrica, 27p.

Araújo, J.L., (2001). A questão do investimento no setor elétrico brasileiro: Reforma e crise. *Nova Economia*, 11.

Cardoso, R.B., (2008). Avaliação da economia de energia atribuída ao programa Selo PROCEL em “freezers” e refrigeradores. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) - Universidade Federal de Itajubá

Carvalho, C. M., (2005). Detecção e diagnóstico de falha em sistemas de refrigeração e ar condicionado. Projeto de graduação. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília, 88p.

Catapan, E.A.; Catapan, A., (2007). O Setor Elétrico Brasileiro e o Custo de Capital das Empresas. Seminário Internacional Gesel. Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/seminariointernacional2007/artigos/pdf/edilsonantoniocatapan_o_setoreletricobrasileiro.pdf [Acessado Setembro 16, 2008].

CLASP, (2006). Methodology Description for the Policy Analysis Modeling System . Disponível em: <http://www.clasponline.org/files/PAMSMethodology.pdf> [Acessado Maio 24, 2008].

CGC Japan [Cogeneration Center Japan], 2006. Situation of Cogeneration. Japan Cogeneration Center, Tokyo. Disponível em: www.cgc-japan.com/english/eng04.html. [Acessado Abril 12, 2007].

Crossley, D., Dyhr-Mikkelsen, K., Maloney, M., 1998. Existing Mechanisms for Promoting DSM and Energy Efficiency in Selected Countries, IEA/DSM Programme, Task VI Research Report No. 1. Energy Futures Australia Pty Ltd., Hornsby Heights NSW 2077, Australia.

Crossley, D., Hamrin, J., Vine, E., Eyre, N., 1999. Public Policy Implications of Mechanisms for Promoting Energy Efficiency and Load Management in Changing Electricity Businesses, IEA DSM Programme, Task VI Research Report No. 2. Energy Futures Australia Pty Ltd., Hornsby Heights NSW 2077, Australia.

Crossley, D., Maloney, M., Watt, G., 2000. Developing Mechanisms for Promoting Demand-side Management and Energy in Changing Electricity Businesses, IEA DSM Programme, Task VI Research Report No. 3. Energy Futures Australia Pty Ltd., Hornsby Heights NSW 2077, Australia.

Energy Conservation Center, Japan (ECCJ), (2002). Japan Energy Conservation Handbook 2001. Energy Conservation Center, Japan, Tokyo Disponível em: www.eccj.or.jp/databook/2001e/index.html. [Acessado Maio 12, 2006].

Eletros, (2007). Indústria eletroeletrônica de consumo está adequada à nova lei de eficiência energética . Disponível em: http://www.eletros.org.br/_press_release.htm [Acessado Maio 30, 2008].

Energy Conservation Center, Japan (ECCJ), 2002. Japan Energy Conservation Handbook 2001. Energy Conservation Center, Japan, Tokyo www.eccj.or.jp/databook/2001e/index.html.

Energy Conservation Center, Japan (ECCJ), 2003. Energy Conservation Measures in the Future. Energy Conservation Center, Japan, Tokyo www.eccj.or.jp/summary/local0303/eng/index.html.

European Commission, (2005). Doing More With Less - Green Paper on energy efficiency. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities Disponível em: http://ec.europa.eu/energy/efficiency/doc/2005_06_green_paper_book_en.pdf [Acessado Maio 10, 2007].

EVO, (2007) – Efficiency Valuation Organization.- International Performance Measurement and Verification Protocol: Concepts and Options for Determining Energy and Water Savings. Volume 1. April 2007. Disponível em: <http://www.evo-world.org> . Acessado em 23/04/2008.

Garcia, A.G.P., (2003). Impacto da lei de eficiência energética para motores elétricos no potencial de conservação de energia na indústria. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 127p.

Garcia, A.G.P., (2008). Leilão de eficiência energética no Brasil. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 187p.

Geller, H. O uso eficiente da eletricidade – uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil. Rio de Janeiro: INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética, 1991.

Geller, H., (2006a). Índices Mínimos de Eficiência Energética, Etiquetas e Procedimento de Ensaio para Refrigeradores, “freezers” e Condicionadores de Ar de Janela no Canadá, México, Estados Unidos, China e Outros Países em Desenvolvimento e em Transição. Relatório disponível em:

http://www.clasponline.org/files/standards_report_portuguese_version.pdf [Acessado Maio 22, 2007].

Geller, H.; Harrington, P.; Rosenfeld, A. H; Tanishima, S.; Unander, F. (2006b). Policies for increasing energy efficiency: Thirty years of experience in OECD countries. *Energy Policy*, 34.

Geller, H. & Attali, S., (2005). The experience with energy efficiency policies and programmes in IEA countries Learning from the Critics.

Disponível em:

http://www.iea.org/textbase/papers/2005/efficiency_policies.pdf [Acessado Maio 26, 2008].

Ghisi, E., Gosch, S.; Lamberts, R., (2007). Electricity end-uses in the residential sector of Brazil. *Energy Policy*, 35.

Harrington, L.; Damnic, M., (2004). Energy labelling and standards programs throughout the world, The National Appliance and Equipment Energy Efficiency Committee, Australia.

Disponível em: <http://www.energyrating.gov.au/library/pubs/200404internatlabelreview.pdf> [Acessado Junho 30, 2008].

IBGE (2005). Projeção da População por Sexo e Idade para o Período de 1980 -2050 - Revisão 2004 -Metodologia e Resultados

IBGE (2006). Pesquisa Nacional de Domicílios (PNAD)

INMETRO (2008). Tabelas de Consumo Eficiência Energética - condicionadores de ar - tipo janela e 'split'. Disponível em:

<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionador.pdf> [Acessado Julho 3, 2008].

INMETRO (2008). Tabelas de Consumo Eficiência Energética - refrigeradores e "freezers". Disponível em:

<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/refrigerador.pdf> [Acessado Julho 3, 2008].

Instituto de Investigaciones Eléctricas (IEE) (2006). Assessment of the impacts of standards and labelin programs in mexico (four products). Final technical report.

International Energy Agency (IEA), (2002). Energy Efficiency Update-Japan. International Energy Agency, Paris, France. Disponível em:

www.iea.org/pubs/newslett/eneff/jp.pdf. [Acessado Janeiro 28, 2006].

IEA, (2006). World Energy Outlook. Disponível em:

<http://www.iea.org/textbase/nptoc/WEO2006TOC.pdf> [Acessado Junho 28, 2008].

Instituto para Desenvolvimento do Varejo, (2007). Crédito, Juros e Inadimplência.

Disponível em: <http://www.idv.org.br/conjuntura-cji-texto.aspx?IdTextoCJI=243> [Acessado Setembro 16, 2008].

Jannuzzi, Gilberto De Martino. 1989. Residential Energy Demand in Brazil by Income Classes: Issues for the Energy Sector. *Energy Policy* 17, no. 3: 254-264.

Jannuzzi, G, e Lee Schipper. 1991. The structure of electricity demand in the Brazilian household sector. *Energy Policy* 19, no. 9: 879-891.

Jannuzzi, G.M. (2005). Power sector reforms in Brasil and its impacts on energy efficiency and research and development activities. *Energy Policy*, 33, 1753-1762.

Jannuzzi, G.M., Gomes, R.D., 2002. A experiência Brasileira pós privatização em programas de eficiência energética e P&D: lições das iniciativas de regulação e da crise energética. IX Congresso Brasileiro de Energia: Soluções para a Energia no Brasil, Rio de Janeiro, SBPE, COPPE/UFRJ/Clube de Engenharia.

Lee, S. K., (2001) MEPS experience in Korea. Apresentação realizada no Simpósio regional de padrões e selos de eficiência energética. Bangkok, Tailândia, 29-31 Maio.

Disponível em: http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/energy/op/clasp_leeppt.pdf

[Acessado Março 17, 2009]

Lima, M.A.M. ; Schmidt, C., (2004). A Demanda por Energia Elétrica no Brasil. Revista Brasileira de Economia, Rio de Janeiro, FGV, v. 58, n. 1, p. 67-98.

Mahlia, T. M. I.; Masjuki, H. H., Choudhury, I. A., (2002). Theory of energy efficiency standards and labels. Energy Conversion and Management, Volume 43, Issue 6, April 2002, Pages 743-761

McMahon, J. E., (2004). Comparison of Australian and US Cost-Benefit Approaches to MEPS. Report presented to the National Appliance and Equipment Energy Efficiency Committee (NAEEEC), Sydney, Australia, March 25-26, 2004

Mattos, L.B., (2004). Demanda de energia elétrica no estado de minas gerais: 1970/2002. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa.

Mascarenhas, R.H. (2005) O Setor de Eletrodomésticos de Linha Branca : Um Diagnóstico e a Relação Varejo-Indústria. Dissertação de Mestrado em Finanças e Economia Empresarial - Escola de Economia de São Paulo - FGV/EESP, 238 p.

Ministério de Minas e Energia (MME) (2002). Implementação da lei de Eficiência energética. Relatório de atividades Elaborado pelo Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética - CGIEE

Ministério de Minas e Energia (MME) (2006a). Nota técnica 21/2006 - DDE. Índices mínimos de eficiência energética para condicionadores de ar.

Ministério de Minas e Energia (MME) (2006b). Nota técnica 20/2006 - DDE. Índices mínimos de eficiência energética para refrigeradores e congeladores.

Ministério de Minas e Energia (MME) (2008) - Balanço Energético Nacional

MME & EPE, (2007). Plano Nacional de Energia 2030 - Eficiência Energética. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Lists/Estudos/Estudos.aspx>
[Acessado Agosto 23, 2008].

Nadel, S.; Shipley, A.; & Elliott, R., (2004). The Technical, Economic and Achievable Potential for Energy-Efficiency in the U.S. – A Meta-Analysis of Recent Studies. *ACEEE Summer Study on Energy Efficient Buildings*. Disponível em: <http://www.aceee.org/conf/04ss/rnemeta.pdf>
[Acessado Agosto 23, 2008].

Parente, S., (2002). Microfinanças: Saiba o que é um banco do povo. Agência de Educação pa o Desenvolvimento. Brasília: BNDES, 2002; 94p.

PUC, (2005). Pesquisa de posse de eletrodomésticos e hábitos de consumo. Comunicação interna com o Prof. da PUC-Rio Reinaldo Castro Souza (Coordenador da Pesquisa).

Queiroz, G.; Jannuzzi, G.M.; Vendrusculo, E.A.; Borges, T.; Pomilio, J.A., (2003). A life-cycle cost analysis (LCCA) for setting energy-efficiency standards in Brasil: The case of residential refrigeradores. *IEI- International Energy Initiative*.
Disponível em: <http://www.iei-la.org/documents/RelIEI2-56-01-03.pdf>
[Acessado Maio 24, 2008].

Rapanos , V.T.; Polemis, M.L., (2006). The structure of residential energy demand in Greece. *Energy Policy*, 34 , 3137–3143.

Rosenquist, G.; Mcneil, M.; Iyer M.; Meyers, S.; McMahon, J. (2006) Energy efficiency standards for equipment : Additional opportunities in the residential and commercial sectors. *Energy Policy*. vol. 34, n°17, pp. 3257-3267

Schaeffer, R.; Cohen, C.; Aguiar, A.C.J.; Faria, G.V.R., (2007). Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil (BRA/01/001): Simulação de Potenciais de Eficiência Energética para o Setor Residencial, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Comunicação interna por email com o professor da UFRJ Roberto Schaeffer.

Schaeffer, R., (2008). Avaliação dos Índices de Eficiência Energética para Motores Trifásicos de Indução, PPE/COPPE/UFRJ.

Disponível em:

http://www.clasponline.org/files/Relatorio%20final%2008set05_portuguese.pdf [Acessado Julho 1, 2008].

Schiellerup, P. (2002) An Examination of the effectiveness of the EU minimum standard on cold appliances: the British case. Published in *Energy Policy* Volume 30. No 4. March 2002. 327-332.

Swisher, J., G. M. Jannuzzi, R. Redingler. (1997) Tools and Methods for Integrated Resources Planning: improving energy efficiency and protecting the environment, UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment, 270 pp. Dinamarca.

Soares, S.S.D., (2006) Distribuição de renda no brasil de 1976 a 2004 com ênfase no período entre 2001 e 2004. Texto para discussão No 1166 Brasília, fevereiro de 2006.

Stracquadini, R. & Leonardi, C., (2003). 16565-Based low cost smps for tv with less then 1w standby consumption. AN1729 APPLICATION NOTE.

U.S. Department of Energy (1997). Technical Support Document for Energy Conservation Standards for Condicionadores de ars, Volume 2 - Detailed Analysis of Efficiency Levels, September 1997. Disponível em:

http://www.eere.energy.gov/buildings/appliance_standards/residential/pdfs/tsdracv2.pdf

[Acessado Abril 12, 2008].

Vine, E.; Hamrin, J.; Eyre, N.; Crossley, D.; Maloney, M.; Watt, G.; (2003). Public policy analysis of energy efficiency and load management in changing electricity businesses. *Energy Policy* 31 (2003) 405–430

Vine, E., (2006). Measurement and evaluation of energy efficiency programs: California and South Korea. *Energy*, 31.

Waide, P. (1999). Análise de mercado e os efeitos dos padrões e selos na Europa: o exemplo dos equipamentos de refrigeração. The Save Conference: For an Energy efficient Millennium. Session IV Lecture II. Graz, Austria.

Waide, P. (2001). European Evaluation Experience. The Regional Symposium on Energy Efficiency Standards and Labelling: Lessons Learned in Asia. Bangkok 29-31

Wilkenfeld, G. (1999). Projetando o Impacto de Programas de Energia: quão boas foram as estimativas? Colloquium on Technical Issues of Minimum Energy Performance Standards, 6-8 October 1999, Seoul, Korea

Anexos

Anexo 1 – Características, utilização e dados de consumo das lâmpadas pesquisadas

Tabela A1.1 – Tipos de lâmpadas pesquisadas.

Tipo	Potência (W)
1 (25W - Incandescente)	25
2 (40W - Incandescente)	40
3 (60W - Incandescente)	60
4 (100W - Incandescente)	100
5 (150W - Incandescente)	150
6 (20W - Fluorescente Tubular)	20
7 (40W - Fluorescente Tubular)	40
8 (Fluorescente compacta até 15W)	15
9 (Fluorescente Compacta >15W)	15
10 (Fluorescente Circular)	22
11 Dicroica)	3
12 (Outro)	-

Tabela A1.2 – Participações dos tipos de lâmpadas nos mercados regionais por classes de renda: Sudeste.

Sudeste	<1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	5 - 10	10 - 20	>20
25W - Incandescente	48,61%	48,67%	48,03%	45,64%	41,96%	37,14%	30,75%
40W - Incandescente	10,48%	4,52%	4,47%	5,05%	7,21%	10,73%	13,33%
60W - Incandescente	27,37%	33,62%	32,41%	28,29%	24,40%	20,54%	23,66%
100W - Incandescente	5,38%	4,96%	6,16%	7,29%	8,33%	7,47%	9,14%
150W - Incandescente	0,09%	0,15%	0,25%	0,20%	0,33%	0,24%	1,08%
20W - Fluorescente Tubular	1,86%	1,24%	1,46%	2,29%	2,85%	4,89%	3,87%
40W - Fluorescente Tubular	0,65%	0,93%	1,03%	1,54%	2,46%	2,70%	3,87%
Fluorescente compacta até 15W	3,06%	4,00%	3,73%	4,48%	4,92%	7,90%	8,39%
Fluorescente compacta >15W	1,48%	1,47%	2,17%	4,28%	6,18%	6,75%	4,62%
Outro	1,02%	0,44%	0,30%	0,93%	1,35%	1,65%	1,29%

Tabela A1.3 – Participações dos tipos de lâmpadas nos mercados regionais por classes de renda:
Sul.

Sul	1(<1)	2(1 a 2)	3(2 a 3)	4(3 a 5)	5(5 a 10)	6(10 a 20)	7(>20)
25W - Incandescente	52,05%	46,65%	45,94%	44,19%	36,59%	28,98%	23,58%
40W - Incandescente	11,64%	9,28%	8,22%	8,76%	14,49%	20,02%	17,34%
60W - Incandescente	26,03%	30,15%	28,61%	25,00%	19,08%	21,68%	25,20%
100W - Incandescente	2,05%	4,21%	4,26%	4,40%	5,03%	6,19%	9,76%
150W - Incandescente	0,00%	0,09%	0,00%	0,13%	0,12%	0,77%	1,36%
20W - Fluorescente Tubular	0,68%	3,01%	1,68%	1,28%	1,53%	2,10%	6,23%
40W - Fluorescente Tubular	0,68%	1,98%	3,56%	3,50%	5,27%	4,54%	4,34%
Fluorescente compacta até 15W	6,16%	2,41%	3,47%	2,56%	2,50%	2,77%	5,69%
Fluorescente compacta >15W	0,68%	2,06%	4,06%	9,79%	14,86%	12,28%	1,63%
Outro	0,00%	0,17%	0,20%	0,38%	0,52%	0,66%	4,88%

Tabela A1.4 – Participações dos tipos de lâmpadas nos mercados regionais por classes de renda:
Centro Oeste.

Centro Oeste	1(<1)	2(1 a 2)	3(2 a 3)	4(3 a 5)	5(5 a 10)	6(10 a 20)	7(>20)
25W - Incandescente	52,08%	47,98%	48,24%	47,30%	44,37%	31,06%	24,19%
40W - Incandescente	6,25%	5,79%	3,51%	4,45%	6,48%	10,68%	18,43%
60W - Incandescente	34,38%	18,10%	28,13%	26,65%	25,24%	25,04%	20,51%
100W - Incandescente	2,08%	2,29%	0,81%	0,42%	0,77%	4,49%	3,46%
150W - Incandescente	0,00%	0,00%	0,00%	0,17%	0,04%	0,18%	1,84%
20W - Fluorescente Tubular	0,00%	1,40%	0,77%	1,97%	0,74%	2,42%	2,76%
40W - Fluorescente Tubular	1,04%	4,24%	3,41%	3,35%	1,95%	3,32%	3,00%
Fluorescente compacta até 15W	1,04%	17,61%	14,43%	12,97%	19,76%	15,26%	12,90%
Fluorescente compacta >15W	2,08%	2,34%	0,35%	1,94%	0,48%	5,57%	8,53%
Outro	1,04%	0,25%	0,35%	0,79%	0,18%	1,97%	4,38%

Tabela A1.5 – Participações dos tipos de lâmpadas nos mercados regionais por classes de renda:
Norte.

Norte	1(<1)	2(1 a 2)	3(2 a 3)	4(3 a 5)	5(5 a 10)	6(10 a 20)	7(>20)
25W - Incandescente	50,00%	50,66%	47,35%	45,28%	40,66%	36,92%	33,87%
40W - Incandescente	5,29%	7,93%	5,03%	7,26%	8,81%	11,45%	11,29%
60W - Incandescente	15,29%	21,25%	20,24%	10,61%	9,59%	15,89%	4,84%
100W - Incandescente	1,76%	1,16%	2,78%	3,54%	3,23%	1,87%	0,81%
150W - Incandescente	2,35%	0,07%	0,93%	0,21%	0,61%	0,00%	0,81%
20W - Fluorescente Tubular	8,24%	7,57%	12,96%	9,86%	14,72%	9,81%	11,29%
40W - Fluorescente Tubular	4,12%	2,84%	4,17%	7,11%	9,87%	3,04%	8,06%
Fluorescente compacta até 15W	5,29%	3,20%	2,38%	5,65%	2,68%	6,54%	2,42%
Fluorescente compacta >15W	7,65%	3,64%	2,65%	8,72%	7,08%	9,35%	25,00%
Outro	20,00%	1,67%	1,52%	1,75%	2,73%	5,14%	1,61%

Tabela A1.6 – Participações dos tipos de lâmpadas nos mercados regionais por classes de renda: Nordeste.

Nordeste	1(<1)	2(1 a 2)	3(2 a 3)	4(3 a 5)	5(5 a 10)	6(10 a 20)	7(>20)
25W - Incandescente	53,64%	52,38%	49,03%	46,97%	45,12%	40,18%	35,88%
40W - Incandescente	7,93%	11,20%	8,37%	8,09%	7,19%	9,15%	16,61%
60W - Incandescente	22,62%	13,48%	15,38%	12,62%	11,83%	10,72%	6,31%
100W - Incandescente	0,35%	0,40%	0,62%	0,54%	0,68%	1,72%	0,66%
150W - Incandescente	0,12%	0,02%	0,06%	0,00%	0,19%	0,15%	0,33%
20W - Fluorescente Tubular	4,11%	5,66%	4,02%	3,88%	4,30%	4,65%	11,30%
40W - Fluorescente Tubular	3,17%	3,52%	2,69%	2,80%	1,98%	3,22%	4,32%
Fluorescente compacta até 15W	3,06%	5,52%	7,82%	7,48%	7,59%	11,02%	15,28%
Fluorescente compacta >15W	4,76%	6,82%	11,03%	16,50%	19,23%	15,67%	6,98%
Outro	0,24%	1,00%	0,97%	1,13%	1,88%	3,52%	2,33%

Tabela A1.7 – Participações dos tipos de lâmpadas no mercado por classes de renda: Brasil.

Brasil	1(<1)	2(1 a 2)	3(2 a 3)	4(3 a 5)	5(5 a 10)	6(10 a 20)	7(>20)
25W - Incandescente	50,56%	49,87%	48,06%	45,92%	42,16%	35,86%	29,10%
40W - Incandescente	8,77%	7,59%	5,38%	6,05%	8,10%	11,55%	15,38%
60W - Incandescente	24,34%	23,53%	26,75%	23,24%	20,12%	19,41%	19,79%
100W - Incandescente	2,26%	2,70%	3,60%	4,55%	5,02%	5,64%	6,44%
150W - Incandescente	0,22%	0,07%	0,21%	0,16%	0,26%	0,26%	1,16%
20W - Fluorescente Tubular	3,29%	3,43%	2,99%	3,24%	3,72%	4,45%	5,51%
40W - Fluorescente Tubular	2,19%	2,46%	2,28%	2,78%	3,25%	3,10%	4,08%
Fluorescente compacta até 15W	3,26%	6,02%	6,38%	6,11%	6,88%	8,79%	9,45%
Fluorescente compacta >15W	3,54%	3,63%	3,78%	6,97%	9,15%	8,84%	6,39%
Outro	1,57%	0,69%	0,56%	0,99%	1,33%	2,08%	2,69%

Tabela A1.8 – Consumo (kWh/ano) de lâmpadas por tipo por classes de renda: Sudeste

Sudeste	<1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	5 - 10	10 - 20	>20
25W - Incandescente	72,27	84,01	92,56	95,27	101,50	106,06	111,92
40W - Incandescente	24,93	12,48	13,78	16,86	27,92	49,05	77,64
60W - Incandescente	97,64	139,28	149,90	141,74	141,64	140,76	206,61
100W - Incandescente	32,00	34,26	47,49	60,91	80,62	85,29	133,05
150W - Incandescente	0,83	1,53	2,84	2,56	4,78	4,09	23,48
20W - F Tubular	2,21	1,72	2,25	3,82	5,52	11,17	11,27
40W - F Tubular	1,54	2,58	3,17	5,14	9,54	12,32	22,54
F compacta até 15W	2,73	4,14	4,31	5,62	7,14	13,53	18,31
F compacta >15W	1,32	1,53	2,51	5,36	8,96	11,57	10,10
Outro	1,34	0,67	0,52	1,72	2,87	4,14	4,13
Total	236,81	282,19	319,34	338,99	390,50	437,96	619,04

Tabela A1.9 – Consumo (kWh/ano) de lâmpadas por tipo por classes de renda: Sul

Sul							
1(25W - Incandescente)	77,39	80,53	88,54	92,24	88,52	82,76	85,80
2(40W - Incandescente)	27,70	25,63	25,34	29,26	56,09	91,48	100,99
3(60W - Incandescente)	92,87	124,93	132,35	125,25	110,78	148,59	220,13
4(100W - Incandescente)	12,22	29,07	32,82	36,75	48,69	70,76	142,02
5(150W - Incandescente)	0,00	0,89	0,00	1,61	1,75	13,27	29,59
6(20W - Fluorescente Tubular)	0,81	4,15	2,60	2,14	2,96	4,80	18,15
7(40W - Fluorescente Tubular)	1,63	5,46	10,99	11,70	20,41	20,72	25,25
8(Fluorescente compacta até 15W)	5,50	2,49	4,01	3,21	3,62	4,74	12,43
9(Furores. Compacta >15W)	0,61	2,14	4,69	12,26	21,56	21,04	3,55
10(Outro)	0,00	0,26	0,34	0,71	1,11	1,67	15,62
Total	218,73	275,54	301,68	315,13	355,49	459,82	653,52

Tabela A1.10 – Consumo (kWh/ano) de lâmpadas por tipo por classes de renda: Centro Oeste

Centro Oeste							
1(25W - Incandescente)	77,43	82,83	92,98	98,73	107,33	88,69	88,05
2(40W - Incandescente)	14,87	15,98	10,83	14,85	25,06	48,81	107,33
3(60W - Incandescente)	122,65	75,01	130,09	133,49	146,52	171,64	179,11
4(100W - Incandescente)	12,39	15,84	6,23	3,52	7,48	51,27	50,31
5(150W - Incandescente)	0,00	0,00	0,00	2,11	0,53	3,08	40,25
6(20W - Fluorescente Tubular)	0,00	1,93	1,19	3,29	1,42	5,54	8,05
7(40W - Fluorescente Tubular)	2,48	11,71	10,50	11,18	7,55	15,17	17,44
8(Fluorescente compacta até 15W)	0,93	18,24	16,69	16,25	28,67	26,15	28,17
9(Furores. Compacta >15W)	1,86	2,43	0,41	2,43	0,69	9,54	18,62
10(Outro)	1,36	0,38	0,60	1,45	0,39	4,96	14,02
Total	233,97	224,34	269,51	287,31	325,65	424,84	551,35

Tabela A1.11 – Consumo (kWh/ano) de lâmpadas por tipo por classes de renda: Norte

Norte							
1(25W - Incandescente)	74,34	87,44	91,27	94,52	98,35	105,42	123,26
2(40W - Incandescente)	12,59	21,91	15,50	24,23	34,10	52,31	65,74
3(60W - Incandescente)	54,57	88,05	93,61	53,18	55,69	108,88	42,26
4(100W - Incandescente)	10,49	8,04	21,41	29,54	31,30	21,35	11,74
5(150W - Incandescente)	20,99	0,75	10,71	2,69	8,90	0,00	17,61
6(20W - Fluorescente Tubular)	9,79	10,45	19,99	16,47	28,49	22,42	32,87
7(40W - Fluorescente Tubular)	9,79	7,84	12,85	23,75	38,21	13,88	46,96
8(Fluorescente compacta até 15W)	4,72	3,32	2,75	7,07	3,89	11,21	5,28
9(Furores. Compacta >15W)	6,82	3,77	3,06	10,92	10,28	16,01	54,59
10(Outro)	26,17	2,54	2,58	3,22	5,82	12,92	5,17
Total	230,28	234,12	273,73	265,60	315,02	364,39	405,48

Tabela A1.12 – Consumo (kWh/ano) de lâmpadas por tipo por classes de renda: Nordeste

Nordeste							
1(25W - Incandescente)	79,75	90,42	94,49	98,04	109,14	114,74	130,58
2(40W - Incandescente)	18,87	30,93	25,81	27,01	27,85	41,78	96,72
3(60W - Incandescente)	80,71	55,87	71,14	63,24	68,66	73,47	55,13
4(100W - Incandescente)	2,10	2,76	4,75	4,51	6,60	19,69	9,67
5(150W - Incandescente)	1,05	0,19	0,75	0,00	2,73	2,57	7,25
6(20W - Fluorescente Tubular)	4,89	7,82	6,20	6,48	8,33	10,62	32,89
7(40W - Fluorescente Tubular)	7,55	9,72	8,30	9,34	7,64	14,73	25,15
8(Fluorescente compacta até 15W)	2,73	5,71	9,04	9,36	11,02	18,88	33,37
9(Furores. Compacta >15W)	4,25	7,07	12,76	20,67	27,91	26,84	15,23
10(Outro)	0,31	1,52	1,65	2,07	4,00	8,85	7,45
Total	202,19	212,00	234,90	240,73	273,89	332,17	413,44

Tabela A1.13 – Consumo (kWh/ano) de lâmpadas por tipo por classes de renda: Brasil

Brasil							
1(25W - Incandescente)	75,17	86,09	92,63	95,85	101,99	102,41	105,90
2(40W - Incandescente)	20,87	20,95	16,58	20,20	31,35	52,78	89,58
3(60W - Incandescente)	86,86	97,47	123,74	116,44	116,82	132,99	172,82
4(100W - Incandescente)	13,41	18,63	27,74	38,01	48,58	64,48	93,76
5(150W - Incandescente)	1,96	0,77	2,48	2,00	3,82	4,51	25,30
6(20W - Fluorescente Tubular)	3,91	4,74	4,62	5,41	7,20	10,17	16,05
7(40W - Fluorescente Tubular)	5,22	6,80	7,02	9,30	12,59	14,16	23,74
8(Fluorescente compacta até 15W)	2,91	6,24	7,38	7,65	9,98	15,07	20,64
9(Furores. Compacta >15W)	3,16	3,76	4,37	8,72	13,28	15,15	13,96
10(Outro)	2,05	1,05	0,95	1,81	2,82	5,23	8,61
Total	215,51	246,51	287,52	305,39	348,45	416,95	570,37

Anexo 2 – Características dos Refrigeradores e “Freezers” Pesquisados

Tabela A2.1 – Refrigeradores pesquisados: BRASTEMP

Fabricante		kWh/mês	Selo
BRASTEMP	101) QUALITY 260 litros	32	D
	102) CLEAN 340 litros	25,5	A
	103) ALL REFRIGERADOR 360 litros	26,5	B
	104) DUPLEX CLEAN 320 litros	44	A
	105) DUPLEX CLEAN 410 litros	53	A
	106) DUPLEX CLEAN / “FROST FREE” 390 litros	58,2	A
	107) DUPLEX CLEAN / “FROST FREE” - (ZYRIUM)	57,6	
	108) BOTTOM FREEZER “FROST FREE” 420 litros	57,7	A
	109) DUPLEX “FROST FREE” 340 ELETRÔNICO	51,5	C
	110) DUPLEX “FROST FREE” 440 ELETRÔNICO	56	A
	111) DUPLEX “FROST FREE” 440 UNIQUE	56	A
	112) DUPLEX “FROST FREE” 440 ELETRÔNICO	56	A
	113) DUPLEX “FROST FREE” 440 ELETRÔNICO	56	A

	116) DUPLEX 360	46	A
	117) DUPLEX 460	55	A
	118) SIDE BY SIDE 700	86,4	

Tabela A2.2 – Refrigeradores pesquisados: CONSUL

CONSUL	201) COMPACTO - 50	19,9	B
	202) COMPACTO - 80	18,1	B
	203) COMPACTO - 120	19	A
	204) CONSUL 240	30,5	E
	205) CONSUL 320	24,5	A
	206) CONSUL 320/360 DEGELO SECO	25,5	A
	207) PRATICE 300	25,5	A
	208) BIPLEX 420 “FROST FREE”	55,5	A
	209) BIPLEX 360/390	47,3	A
	210) BIPLEX RURAL 215	30,5	E
	211) BIPLEX - 450	51	A

Tabela A2.3 – Refrigeradores pesquisados: ELETROLUX/ PROSDÓCIMO

ELETROLUX PROSDÓCIMO	301) SMILE - R 13	19,6	A
	302) SMILE - R 27	24,8	B
	303) SMILE - T 27	24,8	B
	304) SMILE - D 41	55,4	A
	305) COMPACTO - R130	19,6	A
	306) 1 PORTA - RE26	24,8	A
	307) 1 PORTA - RE29	24,8	B
	308) 1 PORTA - RDE32	25,4	A
	309) 1 PORTA - RDE37	29,7	B
	310) 2 PORTAS - DC38	29,2	B
	311) 2 PORTAS - DC47	58,1	A
	312) “FROST FREE” - DF35	49,7	C
	313) “FROST FREE” - DFF37	61	D
	314) “FROST FREE” - DFF44	55,6	A
	315) “FROST FREE” - DF45	55,6	A

Tabela A2.3 – Refrigeradores pesquisados: Outros fabricantes

GENERAL ELECTRIC	401) GE 13	20	
	402) TBX 112C - 329 litros	46	A
	403) TBX 112C - 366 litros	47	A
CLIMAX	501) CLIMAX	80	
FRIGIDAIRE	601) FRIGIDAIRE	80	
ESMALTEC	701) ESMALTEC (CRD 360)	33,1	A
	800) OUTRAS		

Tabela A2.4 – “Freezers” pesquisados: BRASTEMP/CONSUL

Fabricante		kWh/mês	Selo
BRASTEMP	101) FREEZER 260	41,8	B
	102) FREEZER 300	42,2	B
	103) “FROST FREE” ELETRÔNICO 280	57	B
	104) “FROST FREE” 280	57	B
	105) “FROST FREE” 240	53	A
CONSUL	201) COMPACTO VERTICAL 90	29	A
	202) VERTICAL - SLIM - 170	49,6	E
	203) VERTICAL - SLIM – 200	55,7	E
	204) VERTICAL 260	41,8	B
	205) PRATICE – 240	53	
	206) VERTICAL 300	46,6	C
	207) CONTEST 28 - 280	57	
	208) HORIZONTAL 220	36,1	B
	209) HORIZONTAL 310	41,6	A
	210) HORIZONTAL 420	87,8	E
211) HORIZONTAL 530	84,6	D	

Tabela A2.5 – “Freezers” pesquisados: ELETROLUX/ PROSDÓCIMO

ELETROLUX PROSDÓCIMO	301) HORIZONTAL H160	49,7	E
	302) HORIZONTAL H210	50,8	E
	303) HORIZONTAL H300	52,9	C
	304) HORIZONTAL H400	80	
	305) HORIZONTAL H500	90	
	306) VERTICAL FE18	38,9	B
	307) VERTICAL FE22	39,8	B
	308) VERTICAL FE26	40,8	B
	309) VERTICAL FFE24	71	D
	310) SYSTEM SE54	80	
	311) SYSTEM SE61	90	
	312) SYSTEM SE63	90	

Tabela A2.6 – “Freezers” pesquisados: Outros fabricantes

EMBRACO	401) EMBRACO	50	
METALFRIO	501) HORIZONTAL HC-1	31	A
	502) HORIZONTAL HC-2	38,5	D
	503) HORIZONTAL HC-3	50	
ESMALTEC	601) ESMALTEC	55,9	B
700) OUTRAS	Outros	70	

Anexo 3 – Características dos Aparelhos de Ar condicionado Pesquisados

Tabela A3.1 – Aparelhos de ar condicionado pesquisados: BRASTEMP

Fabricante		kWh/mês (5h/dia)
BRASTEMP	101) ELETETRÔNICO TOTAL AIR 7.500 BTU/H	80
	102) TOTAL AIR 7.500 BTU/H	85
	103) ELETRÔNICO 7.500 BTU/H	75
	104) ELETRÔNICO 10.000 BTU/H	100
	105) ELETRÔNICO 12.000 BTU/H	125
	106) SPLIT CICLO FRIO 12.000 BTU/H	120

Tabela A3.2 – Aparelhos de ar condicionado pesquisados: ELETROLUX/ PROSDÓCIMO

ELETROLUX PROSDÓCIMO	201) MECÂNICO – AE07	79
	202) ENERGY SAVER MECÂNICO – AG07	79
	203) ENERGY SAVER MECÂNICO – AG10	102
	204) ENERGY SAVER MECÂNICO – AG12	125
	205) ENERGY SAVER MECÂNICO – AG18	229
	206) ENERGY SAVER ELETRÔNICO	250

Tabela A3.3 – Aparelhos de ar condicionado pesquisados: SPRINGER/CONSUL

SPRINGER	301) 7.000 BTU/H	79
	302) 7.500 BTU/H	79
	303) 9.000 BTU/H	102
	304) 12.000 BTU/H	133
	305) 18.000 BTU/H	205,5
	306) 21.000 BTU/H	237,5
	307) 30.000 BTU/H	331
	308) SPLIT	198,5
CONSUL	401) CONSUL 7.500 BTU/H	79
	402) ELETRONIC 10.000 BTU/H	102
	403) CLASSE A 10.000 BTU/H	102
	404) CLASSE A 12.000 BTU/H	123,5
	405) CLASSE A 15.000 BTU/H	161
	406) CALSSE A 18.000 BTU/H	192
	407) SPLIT 9.000 BTU/H	97
	408) SPLIT 12.000 BTU/H	124
	409) SPLIT 18.000 BTU/H	209
	410) SPLIT 22.000 BTU/H	247
	411) AIR MASTER 30.000 BTU/H	400,5
	412) CONSUL TIMER 7500	107,5
	413) CONSUL ELECTRONIC 7500	113
414) CONSUL DIGITAL 7500	79	
415) CONSUL 21.000 BTU/H	283	

Tabela A3.4 – Aparelhos de ar condicionado pesquisados: Outros fabricantes

ELGIN	501) 6.000 BTU/H	94,5
	502) 8.300 BTU/H	127
	503) 10.000 BTU/H	153
	504) 12.000 BTU/H	139
	505) 18.000 BTU/H	210
	506) SPLIT - 8.000 BTU/H	101
	507) SPLIT - 12.000 BTU/H	136,5
	508) SPLIT - 18.000 BTU/H	201,5
	509) SPLIT - 24.000 BTU/H	332
SANYO	601) SANYO	150
WESTINGHOUSE	701) WESTINGHOUSE	150
OUTRAS	800) OUTRAS	175

Anexo 4 – Características dos Televisores Pesquisados

Tabela A4.1 – Características dos televisores pesquisados

Tamanho	Modelo	Potência (W)	standby by (W)
14 polegadas	TV RP-14CB25A LG	60	4
14 polegadas	TV TC14RM15L PANASONIC	51	
14 polegadas	TV PT-3336/78 BIVOLT PHILIPS	36	1
14 polegadas	Semp Toshiba 1451AV	40	5
Média		46,75	3,33
20 polegadas	20CD2R LG	70	4
20 polegadas	PT-3336/78 BIVOLT PHILIPS	46	1
21 polegadas	TELA PLANA FLATRON 21FX5RL ESTEREO LG	90	4
21 polegadas	TC21FX32L PANASONIC	67	
21 polegadas	Hps-2197fs - CCE	85	
21 polegadas	Tela Plana Ultra Slim - 21Z43 -Samsung	95	
Média		75,5	3
29 polegadas	29FS4RLG COM GAME LG	135	1
29 polegadas	RL-29CC2 ESTEREO LG	100	15
29 polegadas	29FU1RLG ULTRA SLIM	100	1
29 polegadas	PT9457B/78 ULTRA SLIM TELA PLANA PHILIPS	74	1
29 polegadas	29PT6566/78 PHILIPS	86	1
29 polegadas	TC29FX30L PANASONIC	98	
29 polegadas	29PT8457 ESTEREO PHILIPS	74	1
29 polegadas	CL-29Z58 Samsung	140	
Média		100,88	3,33
32 polegadas	LCD 32LC4R ESTEREO LG	138	1
32 polegadas	Sony Bravia KLV-32S300A	158	
32 polegadas	LCD 32LB9RTA LG TV	150	1
32 polegadas	LCD BORDEUX PLUS LN32R81BX/XAZ SAMSUNG	170	1
37 polegadas	LCD - L37W431 AOC	200	

Anexo 5– Características dos chuveiros elétricos Pesquisados

Tabela A5.1 – Características dos chuveiros elétricos pesquisados: Lorenzetti, Corona e Fame

Fabricante	Chuveiros	Potência (W)
Lorenzetti	100) lorenzetti	4400
	101) 4.400w - tradição, relax e lorenduxa	4400
	102) 4.400w - bello banho e maxi banho	4400
	103) 4.400w - jet set 4 e satisfaction	4400
	104) 4.400w - bella ducha	4400
	105) 5.000w – blinducha	5000
	106) 5.400w - tradição, relax e lorenduxa	5400
	107) 5.400w - jet turbo ji e jet master	5400
	108) 5.400w - bello banho e maxi banho	5400
	109) 5.400w - jet set 4 e satisfaction	5400
	110) 5.400w - bella ducha e superbanho	5400
	111) 6.400w - tradição e lorenduxa	6400
	112) 6.400w - jet set 4 e satisfaction	6400
	113) 6.400w – superbanho	6400
	114) 7.500w - jet turbo blin. e jet master blin	7500
	115) 7.500w - jet turbo ji e jet master ji	7500
116) 7.500w – blinducha	7500	
Corona	200) corona	4800
	201) 3.600w – ducha ss	3600
	202) 4.000w – gorducha light	4000
	203) 4.400w – ballerina e ducha ss	4400
	204) 4.800w – corona ii e gorducha	4800
	205) 5.200w – megabanho e jato obed	5200
	206) 5.200w – ducha ss	5200
	207) 5.400w – ballerina e ducha ss	5400
	208) 5.400w – corona ii e gorducha	5400
	209) 5.500w – banho total e 4 estações	5500
	210) 6.500w – banho total e 4 estações	6500
	211) 6.500w – jato obediente	6500
212) 7.500w – megabanho	7500	
Fame	300) fame	4800
	301) 3.000w - super ducha (1)	3000
	302) 3.000w - ducha jato dirigível	3000
	303) 3.500w - ch. tradicional cores	3500
	304) 4.200w - ch. tradicional cores	4200
	305) 4.400w - super ducha (1)	4400
	306) 4.400w - ducha jato dirigível	4400
	307) 4.800w - super ducha (1)	4800
	308) 4.800w - ducha jato dirigível	4800
	309) 5.000w - ch. tradicional cores	5000
	310) 7.000w - ducha jato forte	7000

Tabela A5.2 – Características dos chuveiros elétricos pesquisados: Cardal, Grufer e outras

Cardal	400) cardal	7600
	401) 6.500w - ducha 5 standard	6500
	402) 6.500w - compacta (br e cr)	6500
	403) 7.600w - ducha 5 luxo	7600
	404) 7.600w - super luxo (bd) e cd	7600
	405) 7.600w - eletronica luxo	7600
Grufer	500) grufer	8800
	501) 8.800w - ducha iguaçu 4 temp.	8800
	502) 8.800w - ducha iguaçu e-2001	8800
Outras	600) outras	5970

Anexo 6 – Opções de aumento de eficiência: MEPS aplicados nos modelos equivalentes de refrigeradores e aparelhos de ar condicionado

Tabela A6.1 – Refrigeradores 201-300 litros: parâmetros de engenharia, melhorias da eficiência e custos relacionados Modelo europeu 2 “Star” (1993)

Engenharia	Opção De Engenharia	Melhoria da eficiência	Preço de Compra	Consumo de Eletricidade kWh/ano
0	Base	0%	1000	326
1	Base + acréscimo do isolamento na porta (15mm)	12%	1010	291
2	1 + decréscimo de vazamento pela porta	14%	1010	286
3	2 + compressor otimizado	30%	1040	251
4	3 + acréscimo da isolação das gavetas (15mm)	64%	1080	199
5	4 + acréscimo da isolação da porta (15mm)	75%	1090	186
6	5 + acréscimo da isolação das gavetas (15mm)	102%	1140	161
7	6 + duplicação da evaporação	107%	1160	157

Fonte: CLASP (2006)

Tabela A6.2 – Refrigeradores 301-400 litros: parâmetros de engenharia, melhorias da eficiência e custos relacionados Modelo Brasileiro 2 “Star” (2003)

Engenharia	Opção De Engenharia	Melhoria da eficiência	Preço de Compra	Consumo de Eletricidade kWh/ano
0	Base	0%	1400	483
1	Base + compressor mais eficiente	21%	1526	399
2	1 + acréscimo de isolamento da porta (12,7mm)	25%	1554	386
3	2 + acréscimo de isolamento da parede (12,7mm)	39%	1694	347
4	3 + acréscimo de isolamento da porta (25,4 mm)	41%	1736	343
5	4 + acréscimo de isolamento da parede (25,4 mm)	51%	1834	320

Fonte: Queiroz *et al* (2003).

Tabela A6.3 – Refrigeradores 301-400 litros “Frost Free”: parâmetros de engenharia, melhorias da eficiência e custos relacionados Modelo Brasileiro 4 “Star” (1993)

Engenharia	Opção De Engenharia	Melhoria da eficiência	Preço de Compra	Consumo de Eletricidade kWh/ano
0	Base	0%	1800	580
1	Base + compressor mais eficiente	14%	1818	509
2	1 + acréscimo de isolamento da porta (35/ 65 mm)	19%	1836	487
3	2 + acréscimo de isolamento da porta (50/80) mm	23%	1854	472
4	3 + decréscimo de vazamento pelas portas	24%	1854	468
5	4 + acréscimo da isolamento das gavetas (45/65mm)	38%	1908	420
6	5 + acréscimo da isolamento das gavetas (60/80mm)	48%	1944	392
7	6 + duplicação da superfície do condensador	71%	2034	339

Fonte: CLASP (2006)

Tabela A6.4 – Condicionadores de ar 6000 – 7999 Btu/h: parâmetros de engenharia, melhorias da eficiência e custos relacionados. Modelo USA (1997)

Engenharia	Opção De Engenharia	Melhoria da eficiência	Preço de Compra	Consumo de Eletricidade kWh/ano
0	Base	0%	1000	567
1	Base + Evap./Cond melhorados	4%	1010	545
2	1 + PSC Fan Motor	11%	1020	511
3	2 + adição de Subcooler	14%	1040	497
4	3 + tubos sulcados de Evap/Cond	17%	1060	485
5	4 + acréscimo da área da serpentina do Evap/Cond	22%	1210	465
6	5 + BPM Fan Motor	24%	1520	457
7	6 + compressor de velocidade variável	38%	2140	411

Fonte: U.S. DOE (1997)

Tabela A6.5– Condicionadores de ar 8000 – 13999 Btu/h: parâmetros de engenharia, melhorias da eficiência e custos relacionados. Modelo USA (1997)

Engenharia	Opção De Engenharia	Melhoria da eficiência	Preço de Compra	Consumo de Eletricidade kWh/ano
0	Base	0%	1200	716
1	Base + acréscimo da EER do compressor para 10,8	4%	1224	688
2	1 + adição de Subcooler	6%	1236	675
3	2 + tubos sulcados de Evap/Cond	8%	1260	663
4	3 + acréscimo da área da serpentina do Evap/Cond	18%	1416	607
5	4 + BPM Fan Motor	20%	1728	597
6	5 + compressor de velocidade variável	33%	2340	538

Fonte: U.S. DOE (1997)

Tabela A6.6– Condicionadores de ar 14000 – 19999 Btu/h: parâmetros de engenharia, melhorias da eficiência e custos relacionados. Modelo USA (1997)

Engenharia	Opção De Engenharia	Melhoria da eficiência	Preço de Compra	Consumo de Eletricidade kWh/ano
0	Base	0%	1800	1163
1	Base + acréscimo da EER do compressor para 10,8	8%	1872	1077
2	1 + tubos sulcados Condensador	11%	1890	1048
3	2 + adição de Subcooler	13%	1908	1029
4	3 + acréscimo da área da serpentina do Evap/Cond	19%	2448	977
5	4 + acréscimo da EER do compressor para 11,3	23%	2628	946
6	5 + acréscimo da EER do compressor para 11,4	24%	2700	938
7	6 + BPM Fan Motor	28%	3132	909
8	7 + compressor de velocidade variável	42%	3942	819

Fonte: U.S. DOE (1997)

Anexo 7 – Ferramenta Computacional de Análise

1 - Descrição da ferramenta

A ferramenta computacional de análise é fundamentalmente baseada na metodologia descrita no capítulo anterior e na elaboração e integração de planilhas eletrônicas em Excel. Uma planilha principal denominada ASP (análise de sensibilidade dos padrões) que possui interface de fácil uso é dividida em 5 módulos e permite a geração das análises conforme as opções de desagregação: regiões, concessionárias, classes de renda e equipamentos. Uma síntese desta ferramenta é apresentada na Tabela A7.1. Cada etapa é descrita com maiores detalhes nos itens a seguir.

Tabela A7.1 – Descrição das planilhas de integração dos dados

Planilhas	Dados	ADP	Penetração	ASP
Descrição	Banco de Dados em EXCEL formado a partir de consultas ao ACCESS	Análise estatística descritiva primária	Inferência estatística	Interface de análise e demais parâmetros
Objetivos	Organização dos dados por concessionárias e classes de renda	Ponderações, médias e cruzamento dos dados	Projeção da penetração	Projeções, análise de sensibilidade
Detalhes principais	Permite atualização direta da base de dados em ACCESS	Market Share por categorias e idade dos equipamentos	Aderência do modelo e regressão econométrica	Enfoque: Consumidor e sociedade

2 - Bancos de dados

São utilizados na presente pesquisa três bancos de dados principais:

1) Para as séries históricas de PIB (Produto Interno Bruto) e IPA-OG (Índice de Preços por Atacado – Oferta Global) de eletrodomésticos foi utilizado o banco de dados do IPEADATA. Neste caso as séries utilizadas para as regressões estão organizadas na planilha chamada penetração. Os dados podem ser obtidos em: <http://www.ipeadata.gov.br/> (Data da consulta: 03/2008)

2) No caso das séries históricas de penetração de equipamentos por classes de renda para todas as regiões analisadas, assim como o número de residências e população e projeção da população foi utilizado o banco de dados disponibilizado pelo IBGE através do sistema IBGE de recuperação automática (SIDRA) disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br> (Data da consulta 03/2008)

3) No caso dos dados mais detalhados em relação a penetração de equipamentos por fabricante, tipo, categoria e idade por classes de renda e por região foram utilizados dados da pesquisa (PUC, 2005). Realizada em 17 Estados esta pesquisa contempla 21 concessionárias abrangendo aproximadamente 95% da área de concessão de todas as distribuidoras em território nacional.. No presente trabalho não são identificadas as concessionárias pesquisadas em relação às respectivas análises³⁶. Esta pesquisa foi disponibilizada pelo Professor da Puc-Rio Reinaldo Castro Souza (Coordenador da Pesquisa) através de comunicação interna. A qualidade dessa pesquisa deve ser destacada, principalmente devido ao planejamento das amostras³⁷ focado nas classes de consumo e admitindo um erro máximo de 1,5% nas estimativas de proporções obtidas e um intervalo de confiança para o pior caso de 95%. A Tabela A7.2 lista as concessionárias pesquisadas e o tamanho das amostras.

³⁶ A pesquisa só foi liberada mediante o envio para a Eletrobrás de um termo de não publicação de dados por concessionária.

³⁷ Foram estratificados municípios na área de concessão das concessionárias de acordo com seu “perfil elétrico” baseado na metodologia de Mapas Auto- Organizáveis de *Kohonen*.

Tabela A7.2 – Números da pesquisa (PUC, 2005)

Região	Concessionárias	Total de questionários aplicados	Com renda declarada (utilizados na presente pesquisa)
Sudeste	AMPLA, CEMIG, CPFL, ELEKTRO, ELETROPAULO, LIGHT	3850	3115
Sul	CEEE, CELESC, COPEL E RGE	1600	589
Centro Oeste	CEB, CELG E CEMAT	1200	905
Norte	CELPA, CERON E MANAUS	1200	687
Nordeste	CELPE, CEMAR, COELBA, COELCE E COSERN	2000	1575
Total	21	9850	6871

3 - Módulo 1: Estatística descritiva

A seleção de recorte de análise por regiões, concessionárias, classes de renda e equipamentos são facilmente escolhidas através das caixas de listagem e seleção configuradas no módulo 1 da ferramenta. Esta também permite a visualização conforme a seleção dos resultados através de gráficos contemplando:

- a) De maneira geral por região: participação das classes de renda, de consumo e posse de equipamentos.
- b) Por região, por classes de renda: participação das classes de consumo e posse de equipamentos.
- c) Por região por classes de renda por equipamentos: participação no estoque por: marca fabricante, categoria, tipo, potência e idade.

4 - Módulo 2: Parâmetros Sócio-Econômicos

Conforme descrito no seção 2 do capítulo 3 a análise prospectiva requer a ponderação em relação a parâmetros com influência direta na penetração de equipamentos e no consumo de eletricidade: crescimento da renda e da população, taxas de desconto adotadas e tarifas de eletricidade. Deste modo, seguindo os recortes de análise descritos no seção anterior a ferramenta computacional de análise permite de maneira rápida optar por opções de crescimento do PIB, podendo ser atualizadas com base em 2005; indicar taxas de desconto aplicadas no caso do

consumidor conforme as classes de renda e no caso nacional, considerando a perspectiva da sociedade, fabricantes e concessionárias e; projetar a população por regiões e número de residências por classes de renda.

5 - Módulo 3: Parâmetros Técnicos

Neste módulo são listadas as opções de categorias, por exemplo, faixa de volume para refrigeradores ou potência para ar condicionado, conforme o equipamento selecionado no módulo 1. Para cada uma dessas categorias é apresentada uma listagem com opções de acréscimo da eficiência elétrica em relação às referidas opções de opção de engenharia conforme indica o seção 4.3 do capítulo 3 e os respectivos custos. No caso dos chuveiros são listadas duas opções de tecnologia que podem ser analisadas, assim como os respectivos potenciais de conservação de energia e custos relacionados.

6 - Módulo 4: Projeções dos Cenários BASE e MEPS

A projeção de vendas de equipamentos sendo primeira compra ou substituições, do estoque de equipamentos, dos consumos no caso base e MPP, das emissões nos dois cenários e do potencial de geração de créditos de carbono podem ser vislumbradas através deste módulo. O período de projeção para o caso base é de 2008 a 2030. Para o caso do cenário MEPS o ano de início da adoção do mecanismo deve ser decidido pelo analista.

7 - Módulo 5: Análise Econômica

Neste módulo são realizadas as análises de sensibilidade econômica sob as perspectivas do consumidor e da sociedade. Em ambos os casos, conforme as opções de segmentação e recorte escolhidas nos módulos anteriores são apresentados gráficos que permitem evidenciar os resultados para cada opção de cenário MEPS em comparação ao cenário BASE:

- a) Consumidores: sensibilidade do custo do ciclo de vida (CCV) em função da vida útil do equipamento, da tarifa de eletricidade e da taxa de desconto adotada.
- b) Sociedade: benefícios per capita, custos per capita, benefícios líquidos e VPL dos custos e

benefícios em função da tarifa de eletricidade, da taxa de desconto adotada e do início de adoção do MEPS. Neste caso também é apresentada a taxa interna de retorno (TIR) de cada opção de engenharia de MEPS.