

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Técnicas Nucleares

**Cenários de consumo de energia elétrica para o setor
residencial de Belo Horizonte**

Aluno: Maria Elizabeth Scari
Orientador: Dr. Ricardo Brant Pinheiro

Belo Horizonte
2011

Maria Elizabeth Scari

**Estudo do consumo de energia elétrica no setor
residencial de Belo Horizonte**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Técnicas Nucleares da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências e Técnicas Nucleares.

Área de Concentração: Engenharia Nuclear e de Energia

Orientador: Ricardo Brant Pinheiro

Escola de Engenharia da UFMG

**Belo Horizonte
2011**

S285e

Scari, Maria Elizabeth.

Estudo do consumo de energia elétrica no setor residencial de Belo Horizonte [manuscrito] / Maria Elizabeth Scari. – 2011.
xvii, 170 f., enc.: il.

Orientador: Ricardo Brant Pinheiro.

Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais,
Escola de Engenharia.

Bibliografia: f. 163-170.

1. Engenharia nuclear - Teses. 2. Energia elétrica - Consumo - Belo Horizonte (MG) - Teses. 3. Planejamento energético - Teses. I. Pinheiro, Ricardo Brant. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 621.039(043)

Dedicatória

A Deus, por tudo.
Aos meus pais e família, pelo apoio.
Ao Kairam pela força.

Agradecimentos

Ao professor Ricardo Brant Pinheiro pelo tempo e paciência.

Ao Fabrício Vieira Andrade pelos conselhos e discussões.

Aos professores Antonella Lombardi Costa, Iraci Miranda Pereira e Paulo César Pinheiro pela presteza e disponibilidade de participar da banca.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Nuclear da Escola de Engenharia da UFMG, pela ajuda e acompanhamento.

Ao Emerson Salvador e ao Luiz Menandro do PROCEL pelo pronto fornecimento dos dados.

A todos os colegas do Departamento de Engenharia Nuclear pela ajuda.

A todos os amigos que ajudaram nesta caminhada.

Resumo

O trabalho faz uma análise do consumo de energia elétrica no setor residencial no município de Belo Horizonte de acordo com as classes de renda e os usos finais. É realizada uma análise da estrutura do consumo de energia elétrica no setor residencial no Ano Base escolhido, 2005, tendo-se como fontes de dados principais as pesquisas realizadas pelo IBGE (PNAD) e a Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso realizada pela Eletrobrás/PROCEL. A demanda total de energia elétrica calculada no Ano Base foi de 1.336 GWh/ano e o consumo neste ano foi de 1.342,82 GWh/ano, o que resulta em uma diferença de menos de 1%. Após o estabelecimento da estrutura do consumo no ano base, utilizou-se o programa LEAP para a projeção da demanda de energia elétrica até o ano 2030. Foram utilizados três cenários para estudar esta demanda. O primeiro cenário foi o Cenário de Referência, onde se considerou um crescimento do PIB do país de 4,1% a.a., conforme tendência de 1971 a 2002. Neste cenário as hipóteses adotadas são conservadoras. O segundo cenário é o Cenário de Maior Posse e Eficiência, onde o PIB nacional cresce à taxa de 5,1% a.a.; neste cenário as hipóteses adotadas são mais otimistas e arrojadas. O terceiro cenário é o Cenário de Menor Posse e Eficiência, onde o PIB nacional cresce abaixo da tendência observada nos últimos anos. Esta taxa é de 3,2 % a.a. e as hipóteses adotadas são mais tímidas do que as utilizadas nos cenários anteriores. O Cenário de Referência apresentou uma demanda total de energia elétrica, em 2030, de 1.810 GWh e uma demanda de 191 kWh/domicílio/mês e 72 kWh/habitante/mês. O Cenário Maior Posse e Eficiência apresentou demanda de 1.674 GWh, 176 kWh/domicílio/mês e 66 kWh/habitante/mês. Já o Cenário Menor Posse e Eficiência apresentou uma demanda de 1.897 GWh, 200 kWh/domicílio/mês e 75 kWh/habitante/mês. Os cenários apresentaram demandas menores do que as dos cenários do PNE 2030 e maiores do que as da Matriz Energética de Minas Gerais 2007- 2030. As medidas que foram mais efetivas para a redução da demanda de energia elétrica foram a substituição de lâmpadas incandescentes por outras mais eficientes e a utilização de outras fontes para o aquecimento de água para banho, como aquecimento solar e gás. Em todos os cenários, o maior crescimento da demanda foi no uso final Condicionamento Ambiental. Foi observado também um aumento da demanda para o uso final Lazer. Para todos os cenários foram realizadas análises de acordo com os usos finais e as classes de renda.

Palavras chave: Belo Horizonte, cenários, consumo de eletricidade, planejamento energético, setor residencial

Abstract

This assignment analyses the electricity consumption by the residential sector in the Belo Horizonte municipality according to income classes and end-uses. An analysis of the electricity consumption structure of the residential sector on the chosen Base Year (2005) is made, having as a primary base the research done by IBGE (PNAD) and the "*Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso*" Research on the Ownership of Equipment and Use Habits done by Eletrobrás/PROCEL. The total demand of electricity calculated for the Base Year was 1,336 GWh/year and the consumption was 1,342.82 GWh/year, resulting in a difference of less than 1%. After establishing the structure of consumption for the reference year, the LEAP program was used to make a projection of energy demand until the year 2030. Three scenarios were used to study this demand. The first one was the Scenario of Reference where a 4.1% per year GNP increase was considered, according to the tendency from 1971 to 2002; in this scenario the adopted hypothesis were conservatives. The second scenario is the Scenario of High Ownership and Efficiency, where the GNP grows at a 5.1% per year rate; in this scenario the adopted hypotheses are more optimistic and bold. The third scenario is the Scenario of Low Ownership and Efficiency where the GNP grows below the observed tendency in recent years. This rate is 3.2% per year and the hypotheses are more modest than the ones used on the previous scenarios. The Scenario of Reference presented a total electric energy, in 2030, demand of 1,810 GWh and a demand of 191 kWh/dwelling/month and 72 kWh/person/month. The Scenario of High Assets and Efficiency presented a total demand of 1,674 GWh and a demand of 176 kWh/dwelling/month and 66 kWh/person/month. The Scenario of Low Assets and Efficiency presented a total demand of 1,897 GWh and a demand of 200 kWh/dwelling/month and 75 kWh/person/month. All scenarios presented a smaller demand than the scenarios from PNE 2030 and bigger than the ones from *Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030*. The more efficient measures to lower the electricity demand were the exchange of more efficient lamps for the incandescent lamps and the use of other sources for bath water heating, like solar energy and gas. In all scenarios the biggest growth in demand was in the end-use of Environment Conditioning. A growth on the demand for the end-use Entertainment was also noticed. In all scenarios the analysis was done according to the end-uses and income classes.

Keywords: Belo Horizonte, electricity consumption, energy planning, residential sector, scenario

Lista de Figuras

Figura 1-1 - Curva de carga diária média do setor residencial no Brasil	2
Figura 2-1 Visão geral do planejamento energético.....	12
Figura 2-2 Etapas do planejamento energético.....	13
Figura 2-3 Abordagem metodológica do planejamento energético.....	14
Figura 2-4 Cenários mundiais e nacionais de referência.....	16
Figura 3-1 Localização da Região Sudeste e de Minas Gerais no Brasil.....	18
Figura 3-2 Localização do município de Belo Horizonte da RMBH em Minas Gerais.....	19
Figura 3-3 Porcentagem das fontes de energia e dos setores da economia no consumo de energia brasileiro no ano de 2009.....	23
Figura 3-4 Porcentagem das fontes de energia de dos setores da economia na demanda de energia em Minas Gerais	25
Figura 3-5 Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial no Brasil.....	30
Figura 3-6 Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial da Região Sudeste.....	31
Figura 3-7 Curva de carga diária média na Região Sudeste.....	32
Figura 3-8 Porcentagem dos usos finais no consumo de energia elétrica no setor residencial de Minas Gerais em 2004.....	33
Figura 3-9 Evolução do número de domicílios no Brasil nos anos de 1991 ,1996, 2000 e 2010	37
Figura 3-10 Evolução do número de domicílios em Belo Horizonte e Minas Gerais nos anos de 1991, 1996, 2000 e 2010.....	38
Figura 3-11Evolução do número médio de pessoas por domicílio no Brasil, Sudeste, Minas Gerais e Belo Horizonte nos anos de 1991, 1996, 2000 e 2010.....	39
Figura 4-1 Tela do software LEAP.....	49
Figura 6-1 Projeção da posse de ar condicionado no Cenário A - Na Crista da Onda, Brasil 2005-2030.....	112

Lista de Gráficos

Gráfico 3-1 Evolução do consumo de energia por fonte no Brasil	20
Gráfico 3-2 Evolução do consumo de energia por setor no Brasil.....	22
Gráfico 3-3 Evolução da demanda de energia por fonte em Minas Gerais.....	24
Gráfico 3-4 Demanda de energia por setor em Minas Gerais	25
Gráfico 3-5 Evolução do consumo de energia elétrica por setor no Brasil	26
Gráfico 3-6 Evolução do consumo de energia elétrica por setor em Minas Gerais	27
Gráfico 3-7 Evolução do consumo de energia por fonte no setor residencial brasileiro.....	27
Gráfico 3-8 Evolução do consumo de energia por fonte no setor residencial de Minas Gerais	28
Gráfico 3-9 Evolução do consumo de energia elétrica no setor residencial do brasileiro.....	29
Gráfico 3-10 Evolução do consumo de energia elétrica no setor residencial na Região Sudeste	31
Gráfico 3-11 Consumo anual de energia elétrica no setor residencial no município de Belo Horizonte	34
Gráfico 3-12 Evolução da população brasileira e da Região Sudeste	35
Gráfico 3-13 Evolução da população de Minas Gerais de do município de Belo Horizonte...35	
Gráfico 3-14 Valores históricos da população de Belo Horizonte e projeções do CEDEPLAR e da FJP.....	36
Gráfico 3-15 Projeção para a população de Belo Horizonte de acordo com o CEDEPLAR ...	37
Gráfico 3-16 PIB per capita do Brasil, Sudeste, Minas Gerais e Belo Horizonte.....	41
Gráfico 3-17 Consumo de energia elétrica no setor residencial per capita no Brasil, Sudeste, Minas Gerais e Belo Horizonte	41
Gráfico 5-1 Distribuição dos aparelhos de ar condicionado na Região Sudeste de acordo com a potência por classes de renda.....	66
Gráfico 5-2 Estrutura do consumo de energia elétrica nos setor residencial de Belo Horizonte no ano de 2005 de acordo com os usos finais e as classes de renda.....	90
Gráfico 5-3 Participação das classes de renda no consumo de energia elétrica no setor residencial de Belo Horizonte no ano de 2005	91
Gráfico 5-4 Participação dos usos finais no consumo de energia elétrica no setor residencial em Belo Horizonte no ano de 2005	92

Gráfico 6-1 Dados históricos e projeções do número médio de pessoas por domicílio no período 2000-2030.....	97
Gráfico 6-2 Número de domicílios históricos e de domicílios projetados para Belo Horizonte no período 2000-2030.....	98
Gráfico 6-3 Evolução da porcentagem de domicílios que possuem geladeira na RMBH de acordo com as classes de renda	101
Gráfico 6-4 Evolução da porcentagem de domicílios que possuem <i>freezer</i> na RMBH de acordo com as classes de renda	102
Gráfico 6-5 Evolução da porcentagem de domicílios que possuem TV na RMBH de acordo com as classes de renda	105
Gráfico 6-6 Evolução da porcentagem de domicílios que possuem rádio na RMBH de acordo com as classes de renda	106
Gráfico 6-7 Evolução da porcentagem de domicílios que possuem lavadora de roupas na RMBH de acordo com as classes de renda.....	109
Gráfico 6-8 Posse de aparelho de ar condicionado projetada à taxa de 4,6% a.a.....	112
Gráfico 6-9 Posse de aquecedores de ar projetada à taxa de 4,6% a.a.	114
Gráfico 6-10 Posse de computadores projetada	116
Gráfico 7-1 Demanda anual de energia elétrica para aquecimento de água para banho em kWh estimada para o município de Belo Horizonte para os três cenários que poderia ser substituída por Gás Natural.....	125
Gráfico 7-2 Demanda anual de Gás Natural em m ³ estimada para o município de Belo Horizonte para os três cenários.....	126
Gráfico 7-3 Demanda anual de energia elétrica para aquecimento de água para banho por chuveiro elétrico estimada para o município de Belo Horizonte para os três cenários.....	126
Gráfico 7-4 Demanda anual de energia elétrica para aquecimento de água para banho em GWh que poderia ser substituída por energia solar para os três cenários	127
Gráfico 7-5 Demanda anual de energia solar em m ² estimada para o município de Belo Horizonte para os três cenários.....	128
Gráfico 7-6 Demanda anual de energia elétrica estimada para o uso final aquecimento de água para os três cenários no setor residencial	129
Gráfico 7-7 Demanda anual de energia elétrica estimada para ar condicionado no município de Belo Horizonte para os três cenários no setor residencial	130
Gráfico 7-8 Demanda anual de energia elétrica estimada para ventiladores de teto no município de Belo Horizonte para os três cenários no setor residencial.....	130

Gráfico 7-9 Demanda anual de energia elétrica estimada para ventilador de teto e circulador de ar no município de Belo Horizonte para os três cenários no setor residencial	131
Gráfico 7-10 Demanda anual de energia elétrica estimada para aquecedor de ar no município de Belo Horizonte para os três cenários no setor residencial	132
Gráfico 7-11 Demanda anual de energia elétrica estimada uso final Condicionamento Ambiental para os três cenários.....	132
Gráfico 7-12 Demanda anual de energia elétrica estimada para refrigeradores para os três cenários no setor residencial.....	133
Gráfico 7-13 Demanda anual de energia elétrica para <i>freezer</i> para os três cenários.....	134
Gráfico 7-14 Demanda anual de energia elétrica estimada para o uso final Conservação de Alimentos para os três cenários no setor residencial.....	134
Gráfico 7-15 Demanda anual de energia elétrica para lâmpadas incandescentes para os três cenários no setor residencial.....	136
Gráfico 7-16 Demanda anual de energia elétrica para lâmpadas fluorescentes para os três cenários no setor residencial.....	137
Gráfico 7-17 Demanda anual de energia elétrica para outras lâmpadas para os três cenários no setor residencial	137
Gráfico 7-18 Demanda anual de energia elétrica estimada para o uso final Iluminação para os três cenários no setor residencial	138
Gráfico 7-19 Demanda anual de energia elétrica para televisores para os três cenários no setor residencial.....	139
Gráfico 7-20 Demanda anual de energia elétrica para rádio e aparelho de som para os três cenários no setor residencial.....	140
Gráfico 7-21 Demanda anual de energia elétrica para computador para os três cenários no setor residencial	140
Gráfico 7-22 Demanda anual de energia elétrica para outros equipamentos de lazer para os três cenários no setor residencial	141
Gráfico 7-23 Demanda anual de energia elétrica estimada para o uso final Lazer para os três cenários no setor residencial.....	142
Gráfico 7-24 Demanda anual de energia elétrica para lavadora de roupa para os três cenários	143
Gráfico 7-25 Demanda anual de energia elétrica para ferro elétrico para os três cenários	144
Gráfico 7-26 Demanda anual de energia elétrica para outros equipamentos de serviços para os três cenários no setor residencial	144

Gráfico 7-27 Demanda anual de energia elétrica estimada para o uso final Lazer para os três cenários.....	145
Gráfico 7-28 Demanda anual total de energia elétrica residencial para os três cenários	146
Gráfico 7-29 Evolução da distribuição da demanda anual de energia elétrica por usos finais no município de Belo Horizonte de acordo com o Cenário de Referência	147
Gráfico 7-30 Evolução da demanda de energia elétrica por classes de renda de acordo com o Cenário de Referência	148
Gráfico 7-31 Evolução distribuição da demanda de energia elétrica por classes de renda de acordo com o Cenário de Referência.....	149
Gráfico 7-32 Evolução da distribuição da demanda de energia elétrica por usos finais no município de Belo Horizonte de acordo com o Cenário de Maior Posse e Eficiência.....	150
Gráfico 7-33 Evolução da demanda de energia elétrica por classes de renda de acordo com o Cenário de Maior Posse e Eficiência.....	152
Gráfico 7-34 Evolução da proporção da demanda de energia elétrica por classes de renda de acordo com o Cenário de Maior Posse e Eficiência.....	152
Gráfico 7-35 Evolução da distribuição da demanda de energia elétrica por usos finais no município de Belo Horizonte de acordo com o Cenário de Menor Posse e Eficiência.....	153
Gráfico 7-36 Evolução da demanda de energia elétrica por classes de renda de acordo com o Cenário de Menor Posse e Eficiência.....	155
Gráfico 7-37 Evolução da demanda de energia elétrica por classes de renda de acordo com o Cenário de Menor Posse e Eficiência.....	155

Lista de Quadros

Quadro 2-1 Consumo residencial de energia elétrica por usos finais em 1975, para MG/ES (%).....	6
Quadro 2-2 Consumo médio mensal de energia elétrica por domicílio segundo a classe de renda em 1982, para o Brasil (kWh/mês).....	6
Quadro 2-3 Distribuição do consumo residencial de energia elétrica por classes de renda segundo seus usos finais para 1982, no Brasil (%).....	6
Quadro 2-4 Consumo residencial de energia elétrica por usos finais em 1996, para Belo Horizonte (%).....	9
Quadro 2-5 Consumo médio mensal de energia elétrica por domicílio segundo a classe de renda em 1996, para Belo Horizonte e Brasil (kWh/mês).....	9
Quadro 2-6 Distribuição do consumo residencial de energia elétrica por classes de renda segundo seus usos finais para 1996, no Brasil (%).....	9
Quadro 3-1 Área, população e densidade populacional do Brasil, Sudeste, Minas Gerais, RMBH e Belo Horizonte no ano 2010.....	19
Quadro 3-2 População do Brasil, Região Sudeste, Minas Gerais e Belo Horizonte nos anos de 1991, 1996, 2000 e 2010 (Habitantes).....	38
Quadro 3-3 Consumo de energia elétrica do setor residencial do Brasil, Região Sudeste, Minas Gerais e Belo Horizonte por domicílio e habitantes em 2005.....	39
Quadro 4-1 – Estratificação dos dados das pesquisas e estratificação adotada no presente trabalho por classes de renda (salário mínimo).....	45
Quadro 5-1 Domicílios totais entrevistados por classe de renda por pesquisa em 2005 (%)... 52	52
Quadro 5-2 Porcentagem das amostras da Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de uso de acordo com as faixas de consumo mensal de energia elétrica e com as classes de renda na Região Sudeste em 2005 (%).....	52
Quadro 5-3 Área dos domicílios da Região Sudeste de acordo com as classes de renda em porcentagem em 2005 (%).....	53
Quadro 5-4 Tipos de aquecimento para água de banho conforme descrito na Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso.....	54
Quadro 5-5 Tipos de equipamento utilizado para aquecimento de água para banho na Região Sudeste do Brasil de acordo com as classes de renda em porcentagem em 2005 (%).....	55
Quadro 5-6 Distribuição do tempo de banho com chuveiro elétrico na Região Sudeste do	

Brasil de acordo com as classes de renda em porcentagem e média ponderada do tempo de banho em 2005	56
Quadro 5-7 Distribuição da potência dos chuveiros elétricos na Região Sudeste do Brasil de acordo com as classes de renda em porcentagem (%).....	57
Quadro 5-8 Consumos mensais mínimos e máximo dos chuveiros elétricos correspondendo a 30 banhos de 10 minutos	58
Quadro 5-9 Consumo mensal máximo e mínimo dos chuveiros elétricos correspondendo a 30 banhos de 1 minuto de acordo com as classes de renda	59
Quadro 5-10 Consumo mensal máximo e mínimo dos chuveiros elétricos correspondendo a 30 banhos de 1 minuto de acordo com as classes de renda	59
Quadro 5-11 Distribuição da média de pessoas por domicílio na Região Sudeste do Brasil de acordo com as classes de renda	61
Quadro 5-12 Média de chuveiros por domicílio na Região Sudeste de acordo com as classes de renda.....	61
Quadro 5-13 Porcentagem dos domicílios que possuem ar condicionado, porcentagem do número de aparelhos e posse na Região Sudeste de acordo com as classes de renda.....	65
Quadro 5-14 Distribuição da potência dos aparelhos de ar condicionado da Região Sudeste de acordo com as classes de renda em porcentagem (%).....	67
Quadro 5-15 - Idade dos aparelhos de ar condicionado na Região Sudeste em porcentagem de acordo com as classes de renda (%)	68
Quadro 5-16 Consumo dos aparelhos de ar condicionado de acordo com a idade	69
Quadro 5-17 Porcentagem de domicílios que possuem ventiladores de teto, porcentagem do número de aparelhos por domicílio e posse de acordo com as classes de renda na Região Sudeste.....	70
Quadro 5-18 Porcentagem de domicílios que possuem ventiladores ou circuladores de ar, porcentagem do número de aparelhos por domicílio e posse de acordo com as classes de renda na Região Sudeste.....	71
Quadro 5-19 Porcentagem de domicílios que possuem aquecedores de ar elétricos, porcentagem do número de aparelhos por domicílio e posse de acordo com as classes de renda na Região Sudeste.....	72
Quadro 5-20 Porcentagem de domicílios que possuem refrigeradores, porcentagem do número de aparelhos por domicílio e posse de acordo com as classes de renda na Região Sudeste.....	75
Quadro 5-21 Porcentagem de geladeiras de uma porta, de geladeiras combinadas e geladeiras de tipo não identificado de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (%).....	75

Quadro 5-22 Posse de geladeiras de uma porta e de geladeiras combinadas de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (equipamentos/domicílio).....	76
Quadro 5-23 Consumo mensal e anual de geladeiras de 1 porta e combinadas de acordo com a idade em kWh.....	76
Quadro 5-24 Idade dos refrigeradores em porcentagem de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (%)	77
Quadro 5-25 - Porcentagem de domicílios que possuem <i>freezers</i> , porcentagem do número de aparelhos por domicílio e posse de acordo com as classes de renda na Região Sudeste	78
Quadro 5-26 Porcentagem de <i>freezers</i> verticais, <i>freezers</i> horizontais, <i>freezers</i> verticais <i>frost free</i> e de tipo não identificado de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (%)	79
Quadro 5-27 Posse de <i>freezers</i> verticais, <i>freezers</i> horizontais e <i>freezers frost free</i> de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (equipamentos/domicílio)	79
Quadro 5-28 Consumo mensal e anual de <i>freezers</i> de acordo com a idade	80
Quadro 5-29 Idade dos <i>freezers</i> em porcentagem de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (%).....	80
Quadro 5-30 Porcentagem dos tipos de lâmpadas de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (%).....	83
Quadro 5-31 Posse dos tipos de lâmpadas de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (equipamentos/domicílio)	83
Quadro 5-32 Posse dos equipamentos utilizados para lazer de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (equipamentos/domicílio)	85
Quadro 5-33 Posse dos equipamentos utilizados para serviços gerais de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (equipamentos/domicílio).....	88
Quadro 5-34 Participação dos usos finais no consumo de energia elétrica no setor residencial de acordo com trabalhos anteriores e o presente estudo em porcentagem (%).....	92
Quadro 5-35 Demanda estimada de energia elétrica no setor residencial de Belo Horizonte por domicílio e habitante em 2005 de acordo com as classes de renda.....	93
Quadro 6-1 Dados históricos e projeções para o número de pessoas por domicílio no município de Belo Horizonte no período 2000-2030	97
Quadro 6-2 Dados históricos e projeções do número de domicílios para o município de Belo Horizonte no período 2000-2030.....	97
Quadro 6-3 Projeções da porcentagem de domicílios nas classes de renda no Cenário de Referência.....	98
Quadro 6-4 Taxas de crescimento da posse de geladeira de acordo com as classes de renda e	

com os anos iniciais da contagem.....	102
Quadro 6-5 Taxas de crescimento da posse de freezer de acordo com as classes de renda e com os anos iniciais da contagem.....	103
Quadro 6-6 Taxas de crescimento da porcentagem de domicílios com TV de acordo com os anos iniciais de contagem e as classes de renda.....	106
Quadro 6-7 Taxas de crescimento da porcentagem de domicílios com rádio de acordo com os anos iniciais de contagem e as classes de renda.....	107
Quadro 6-8 Taxas de crescimento da porcentagem de domicílios com computador de acordo com os anos iniciais de contagem e as classes de renda.....	108
Quadro 6-9 Taxas de crescimento da porcentagem de domicílios que possui lavadora de roupas de acordo com o ano de início da contagem e das classes de renda.....	110
Quadro 6-10 Projeções da porcentagem de domicílios nas classes de renda no Cenário de Maior Posse e Eficiência.....	111
Quadro 6-11 Posse de ventiladores de teto projetada à taxa de 4,6% a.a.....	113
Quadro 6-12 Posse de ventiladores e circuladores de ar projetada à taxa de 4,6% a.a.....	113
Quadro 6-13 Projeções da porcentagem de domicílios nas classes de renda no Cenário de Menor Posse e Eficiência.....	118
Quadro 6-14 Posse de geladeiras projetada de acordo com as taxas de aumento da posse apurada no PNAD entre os anos de 1996 e 2009 de acordo com as classes de renda.....	119
Quadro 6-15 Posse de <i>freezers</i> projetada de acordo com as taxas de aumento da posse apurada no PNAD entre os anos de 1996 e 2009 de acordo com as classes de renda.....	119
Quadro 6-16 Posse de televisores projetada de acordo com as taxas de aumento da posse apurada no PNAD entre os anos de 1996 e 2009 de acordo com as classes de renda.....	120
Quadro 6-17 Posse de rádio e aparelhos de som projetada de acordo com as taxas de aumento da posse apurada no PNAD entre os anos de 1996 e 2009 de acordo com as classes de renda.....	121
Quadro 6-18 Resumo das hipóteses adotadas para as projeções em cada cenário utilizado..	123
Quadro 7-1 Evolução da demanda anual de energia elétrica no município de Belo Horizonte por usos finais de acordo com o Cenário de Referência.....	147
Quadro 7-2 Evolução da demanda de energia elétrica em Belo Horizonte no Cenário de Referência até o ano de 2030.....	148
Quadro 7-3 Evolução da demanda anual de energia elétrica no município de Belo Horizonte por usos finais de acordo com o Cenário de Maior Posse e Eficiência.....	150
Quadro 7-4 Evolução da demanda de energia elétrica em Belo Horizonte no Cenário de Maior	

Posse e Eficiência até o ano de 2030	151
Quadro 7-5 Evolução da demanda anual de energia elétrica no município de Belo Horizonte por usos finais de acordo com o Cenário de Menor Posse e Eficiência	153
Quadro 7-6 Evolução da demanda de energia elétrica em Belo Horizonte no Cenário de Menor Posse e Eficiência até o ano de 2030	154
Quadro 8-1 Comparação dos indicadores de consumo de energia elétrica do setor residencial de acordo com vários cenários para o ano de 2030	159
Quadro 8-2 – Demanda de energia elétrica em Belo Horizonte no ano 2010 projetada e faturada	160

Lista de Tabelas

Tabela 5-1 Faixa de conforto térmico mensal para Belo Horizonte.....	60
Tabela 5-2 Consumo anual utilizado para o aquecimento de água para banho por classes de renda	60
Tabela 5-3 Demanda de energia elétrica para aquecimento de água no setor residencial no município de Belo Horizonte no ano de 2005	62
Tabela 5-4 Cálculo do tempo de consumo anual do ar condicionado em Belo Horizonte	68
Tabela 5-5 Consumo de ventiladores de teto e ventiladores e circuladores em Belo Horizonte	72
Tabela 5-6 Período de utilização do aquecedor de ar em Belo Horizonte	73
Tabela 5-7 Consumo de aquecedores de ar em Belo Horizonte.....	73
Tabela 5-8 Demanda de energia elétrica para condicionamento ambiental no setor residencial no município de Belo Horizonte no ano de 2005	73
Tabela 5-9 Demanda de energia elétrica para conservação de alimentos no setor residencial no município de Belo Horizonte no ano de 2005	81
Tabela 5-10 Posse de lâmpadas incandescentes de acordo com a potência na Região Sudeste em 2005 (equipamentos/domicílio).....	82
Tabela 5-11 Posse de lâmpadas fluorescentes de acordo com a potência na Região Sudeste em 2005 (equipamentos/domicílio).....	82
Tabela 5-12 Posse de outros tipos de lâmpadas de acordo com a potência na Região Sudeste em 2005 (equipamentos/domicílio).....	82
Tabela 5-13 Demanda de energia elétrica para iluminação no setor residencial no município de Belo Horizonte no ano de 2005	84
Tabela 5-14 Consumo específico dos eletrodomésticos utilizados para lazer adotados no trabalho	86
Tabela 5-15 Porcentagem da utilização de <i>standby</i> e consumo no <i>standby</i>	86
Tabela 5-16 Demanda de energia elétrica para lazer no setor residencial no município de Belo Horizonte no ano de 2005.....	87
Tabela 5-17 Consumo específico dos eletrodomésticos utilizados para serviços gerais adotados no trabalho	88
Tabela 5-18 Demanda de energia elétrica para serviços gerais no setor residencial no município de Belo Horizonte no ano de 2005	89

Lista de Siglas e Abreviaturas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
BEEMG – Balanço Energético do Estado de Minas Gerais
BEN – Balanço Energético Nacional
CEDEPLAR – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional de Minas Gerais
CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais
DF – Distrito Federal
ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
ES – Espírito Santo
FJP – Fundação João Pinheiro
GASMIG – Companhia de Gás de Minas Gerais
GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia Normatização e Qualidade Industrial
IAEA - International Atomic Energy Agency,
LEAP – Long-range Energy Alternatives Planning
MG – Minas Gerais
MME – Ministério das Minas e Energia
PBH – Prefeitura de Belo Horizonte
PDE – Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica
PIB – Produto Interno Bruto
PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNE – Plano Nacional de Energia
POF – Pesquisa de Orçamentos Familiares
PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte
SEI – Stockholm Environment Institute
SCR – Sistema de Contas Regionais do Brasil
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

Lista de Símbolos

- β** finalidade (uso final)
- c** consumo específico de cada equipamento
- C** conjunto de equipamentos
- E** consumo de energia
- i** tipo de equipamento
- k** classe de renda
- l** ano
- N** número de equipamentos
- n** número de domicílios
- P** posse do equipamento
- p** potência do equipamento
- t** tempo de uso anual do equipamento

Sumário

1	Introdução.....	1
1.1	Contextualização.....	1
1.2	Objetivos.....	2
1.2.1	Objetivo principal.....	2
1.2.2	Objetivos secundários.....	3
1.3	Justificativa.....	3
1.4	Estrutura do trabalho.....	4
2	Revisão bibliográfica.....	5
2.1	Análise do consumo de energia no setor residencial.....	5
2.1.1	Arouca, 1982.....	5
2.1.2	Almeida et al, 2001.....	7
2.1.3	Achão, 2003.....	7
2.2	Consumo de energia no setor residencial e planejamento energético.....	9
2.2.1	Melo, 2006.....	9
2.2.2	Ghisi et al, 2007.....	10
2.2.3	Andrade, 2008.....	11
2.2.4	Pereira 2010.....	12
2.3	Planejamento Energético.....	12
2.4	Considerações sobre Cenários.....	15
3	Caracterização da área de estudo.....	18
3.1	Localização e dados básicos.....	18
3.2	Consumo de energia.....	19
3.2.1	Consumo de energia no Brasil.....	19
3.2.2	Consumo de energia em Minas Gerais.....	23
3.3	Consumo de energia elétrica.....	25
3.3.1	Consumo de energia elétrica no Brasil.....	25
3.4	Consumo de energia no setor residencial.....	27
3.4.1	Consumo de energia no setor residencial no Brasil.....	27
3.4.2	Consumo de energia no setor residencial de Minas Gerais.....	28
3.5	Consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro.....	29
3.5.1	Consumo de energia elétrica no setor residencial da Região Sudeste.....	30

3.5.2	Consumo residencial de energia elétrica em Minas Gerais.....	33
3.5.3	Consumo residencial de energia elétrica no município de Belo Horizonte.....	33
3.6	Relações socioeconômicas.....	34
3.6.1	População	34
3.6.2	Domicílios e pessoas por domicílio.....	37
3.6.3	Produto Interno Bruto (PIB).....	40
4	Materiais e métodos	43
4.1	Dados	43
a)	Censos	43
b)	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD).....	43
c)	Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso do PROCEL	43
d)	Outras.....	44
4.2	Abordagem do setor residencial utilizada no trabalho.....	44
4.2.1	Estrutura do consumo de energia elétrica no setor residencial.....	44
4.2.2	A estratificação por classes de renda.....	44
4.3	Cálculo do consumo de energia no setor residencial.....	46
4.4	Plataforma Adotada	47
5	Caracterização do Ano Base	51
5.1	Classes de renda.....	51
5.2	Usos finais de energia elétrica no setor residencial	53
5.2.1	Aquecimento de água para banho.....	53
5.2.2	Condicionamento Ambiental.....	65
5.2.3	Conservação de Alimentos	74
5.2.4	Iluminação	81
5.2.5	Lazer	84
5.2.6	Serviços gerais.....	87
5.2.7	Resultados do Ano Base.....	89
6	Cenários e projeções.....	95
6.1	Cenários adotados	95
6.2	Número de domicílios e pessoas por domicílio	96
6.3	Cenário de Referência.....	98
6.3.1	Classes de Renda	98
6.3.2	Aquecimento de Água	99

6.3.3	Condicionamento Ambiental.....	100
6.3.4	Conservação de Alimentos.....	101
6.3.5	Iluminação.....	103
6.3.6	Lazer.....	105
6.3.7	Serviços Gerais.....	109
6.3.8	Lavadora de Roupas.....	109
6.4	Cenário de Maior Posse e Eficiência.....	110
6.4.1	Classes de Renda.....	110
6.4.2	Aquecimento de Água.....	111
6.4.3	Condicionamento Ambiental.....	111
6.4.4	Conservação de Alimentos.....	114
6.4.5	Iluminação.....	115
6.4.6	Lazer.....	115
6.4.7	Serviços Gerais.....	117
6.5	Cenário de Menor Posse e Eficiência.....	117
6.5.1	Classes de Renda.....	117
6.5.2	Aquecimento de Água.....	118
6.5.3	Condicionamento Ambiental.....	118
6.5.4	Conservação de Alimentos.....	119
6.5.5	Iluminação.....	120
6.5.6	Lazer.....	120
6.5.7	Rádio e Aparelho de Som.....	121
6.5.8	Outros.....	121
6.5.9	Serviços Gerais.....	121
6.6	Resumo dos Cenários.....	122
7	Resultados das Projeções e Análise.....	125
7.1	Aquecimento de Água.....	125
7.1.1	Gás Natural.....	125
7.1.2	Chuveiro Elétrico.....	126
7.1.3	Solar.....	127
7.1.4	Total.....	128
7.2	Condicionamento Ambiental.....	129
7.2.1	Ar Condicionado.....	129

7.2.2	Ventiladores de Teto.....	130
7.2.3	Ventiladores e Circuladores de Ar	131
7.2.4	Aquecedores de Ar	131
7.3	Conservação de Alimentos	133
7.3.1	Geladeiras	133
7.3.2	<i>Freezer</i>	134
7.4	Iluminação	135
7.4.1	Lâmpadas Incandescentes.....	135
7.4.2	Lâmpadas Fluorescentes.....	136
7.4.3	Outras lâmpadas	137
7.5	Lazer	139
7.5.1	Televisão.....	139
7.5.2	Rádio e Aparelho de Som.....	139
7.5.3	Computador	140
7.5.4	Outros	141
7.6	Serviços Gerais	142
7.6.1	Lavadora de roupas.....	142
7.6.2	Ferro Elétrico	143
7.6.3	Outros	144
7.7	Demanda anual total de energia elétrica	145
7.8	Cenário de Referência.....	146
7.8.1	Cenário de Maior Posse e Eficiência.....	150
7.8.2	Cenário de Menor Posse e Eficiência	153
8	Considerações Finais.....	157
8.1	Conclusões	157
8.1.1	Análise e base de dados	157
8.1.2	O <i>software</i> LEAP	158
8.1.3	Projeções.....	158
8.1.4	Sugestões de medidas de conservação de energia	160
8.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	161
9	Bibliografia.....	163

1 Introdução

1.1 Contextualização

De acordo com o Balanço Energético Nacional 2010 (BEN, 2010), em 2009, o consumo de energia final total no Brasil foi de 221.334 mil tep (tonelada equivalente de petróleo). O setor residencial foi responsável pelo consumo de 23.227 mil tep, o que corresponde a 10,5% do consumo total. No setor residencial 37,7% do consumo foi originado de energia elétrica, 32,4% de lenha, 26,3% de GLP, 2,5% de carvão e 1,1% de gás natural (MME, 2010).

Em 2009, a geração de energia elétrica no Brasil foi de 446,2 TWh, 0,7% a mais do que em 2008. Por outro lado, de 2008 para 2009, o consumo de energia elétrica no setor residencial aumentou à taxa de 6,5%. Em 2009, 21,8% da energia elétrica produzida no país era consumida pelo setor residencial (MME, 2010). Segundo a Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso, publicada pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) – Ano base 2005, o consumo de eletricidade na classe residencial tende a crescer, passando para perto de 30% até 2015 (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007a).

Em 2009, o setor residencial consumia, no Brasil, 101.779 GWh de eletricidade. A Região Sudeste era responsável pelo consumo de 54.505 GWh (53,6%) e Minas Gerais por 8.374 GWh (8,2% do total nacional), sendo o terceiro maior estado consumidor do Brasil e do Sudeste (MME, 2010). Em Minas Gerais, no ano de 2008, 56,5% da energia consumida no setor residencial tinha como fonte a lenha, 23,7% o GLP, 18,3% a eletricidade e 1,5% outras fontes (carvão vegetal, licor negro e resíduos de biomassa industrial e agrícola) (CEMIG, 2009).

O montante de energia elétrica consumido pelo setor residencial o torna um objeto de estudo de grande importância quando o assunto é planejamento energético. Qualquer política que pretenda melhorar a eficiência energética deve envolver a classe consumidora do setor residencial.

O setor residencial possui um diferencial que deve também ser considerado em qualquer planejamento: a sua curva de carga. A Figura 1.1 mostra a curva de carga média diária para o setor residencial no Brasil. A partir das 17 horas, quando as pessoas começam a chegar em casa e a ligar chuveiros, TVs e lâmpadas, o Sistema Nacional Integrado sofre uma demanda de pico, que deve ser considerada, pois todo o sistema deve ser dimensionado de maneira a suprir a sua demanda, sobre pena de ocorrerem “apagões”.

O aumento da demanda tem que ser acompanhado de perto pelo aumento da oferta de energia

elétrica, pois ocorrências como o racionamento em 2001 comprometem a segurança energética e o desenvolvimento do país. De acordo com o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030), o índice de consumo de eletricidade residencial per capita que, em 2005, era de 38 kWh/mês/habitante deve chegar a 99 kWh/mês/habitante em 2030 (MME, 2007a), não obstante os avanços que possam ser obtidos na área de eficiência energética, pois o poder aquisitivo da população deve continuar aumentando e o acesso das classes de menor renda a eletrodomésticos deve ser cada vez maior. O acesso deve ser acompanhado de condições de utilização. Assim, é importante que uma política de aumento de oferta de energia elétrica, com uma expansão da geração, seja acompanhada de uma política de utilização mais racional da energia elétrica no setor residencial.

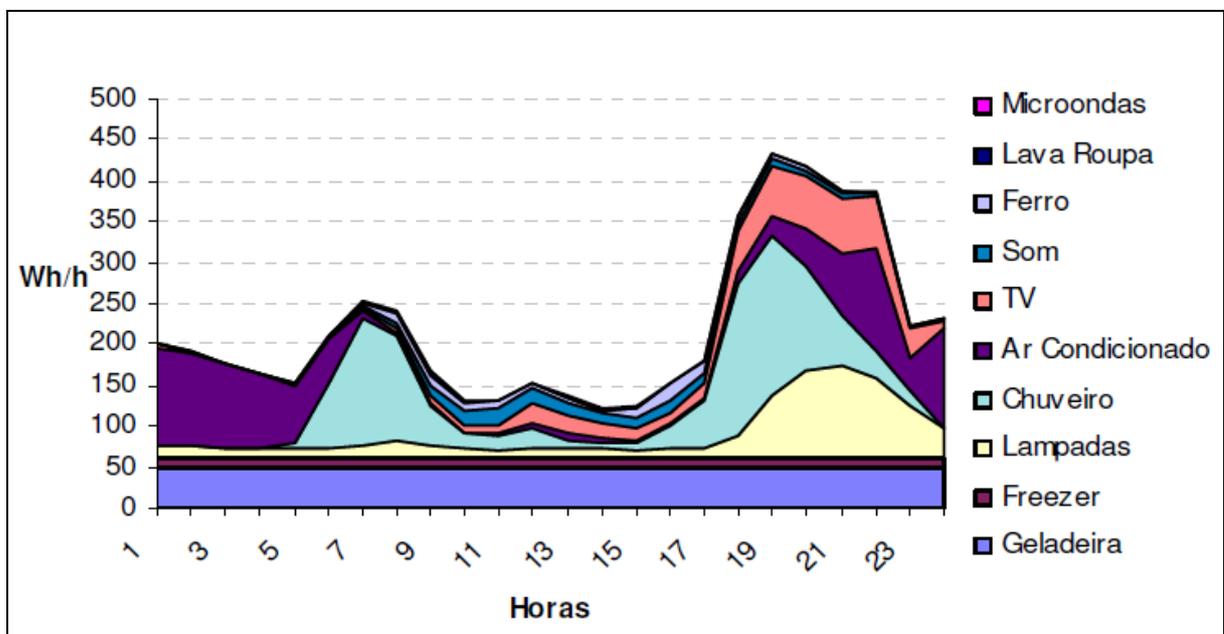


Figura 1-1 - Curva de carga diária média do setor residencial no Brasil

Fonte: ELETROBRÁS/PROCEL (2007a)

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo principal

Analisar a demanda de energia elétrica no setor residencial de acordo com as classes de renda e usos finais, tendo como corte o município de Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais. Elaborar cenários de consumo de energia elétrica para Belo Horizonte e avaliar os impactos do crescimento da eficiência e da posse de equipamentos elétricos no consumo.

1.2.2 Objetivos secundários

- Estabelecer uma base de dados sobre o consumo de energia elétrica no setor residencial de Belo Horizonte.
- Estudar um software para projeções de demanda de energia.
- Realizar projeções da demanda de energia elétrica no setor residencial em Belo Horizonte.
- Sugerir, baseado nas projeções, propostas para a redução no consumo.

1.3 Justificativa

As pesquisas sobre o consumo de energia no setor residencial no Brasil são relativamente recentes. Os primeiros trabalhos foram realizados nos anos 1980 (AROUCA, 1982). Devido à necessidade de um programa nacional para incentivar a redução do consumo e estabelecer metas para a conservação de energia elétrica, o então Ministério de Minas e Energia e da Indústria e Comércio gerido por uma Secretaria Executiva subordinada à Eletrobrás criou, em dezembro de 1985, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL. Em 18 de julho de 1991, o PROCEL foi transformado em Programa de Governo, tendo sua abrangência e responsabilidades ampliadas (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007a).

São, portanto relativamente recentes as políticas públicas neste sentido. As metas para a redução do consumo elaboradas pelo PROCEL são:

- redução nas perdas técnicas das concessionárias;
- racionalização do uso da energia elétrica;
- aumento da eficiência energética em aparelhos elétricos.

Se for mantida a estrutura atual de uso da energia elétrica no Brasil, projeta-se uma necessidade de oferta de energia elétrica total, em torno de 780 TWh/ano, no ano 2015. Se houver uma redução pela diminuição de desperdícios, estima-se que este valor possa ser reduzido em 130 TWh, produção equivalente a de duas usinas Itaipu. O PROCEL pretende reduzir as perdas técnicas na transmissão e distribuição em 10%. E, com a adoção do Selo PROCEL de eficiência energética de eletrodomésticos conseguir, até 2030, um aumento médio de 10% no desempenho destes equipamentos (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007a).

Em setores, como o industrial, comercial, agropecuário, etc., o consumo e economia de energia elétrica são de grande interesse, já que estão intimamente ligados à rentabilidade das empresas. Pode-se esperar que as empresas se esforcem na melhor utilização da energia elétrica, já que disto depende seu bom desempenho no mercado.

O setor residencial necessita de políticas públicas para uma efetiva economia de energia. A racionalização do uso de energia elétrica é de grande importância no setor residencial, já que como visto, ele consumiu, em 2009, cerca de 21,8% da energia elétrica produzida no país (MME, 2010). É, portanto, essencial o estudo do consumo de energia elétrica no setor residencial.

Pretende-se, com este trabalho, contribuir para um melhor entendimento do setor. A cidade de Belo Horizonte pode ser utilizada para desenvolvimento de uma metodologia para o estudo do consumo de energia elétrica em grandes cidades, áreas totalmente urbanizadas e onde o acesso a bens de consumo depende basicamente da classe social.

1.4 Estrutura do trabalho

No primeiro capítulo estão explicitados os objetivos, as metas e as justificativas do trabalho. No segundo capítulo são apresentados breves resumos de alguns trabalhos utilizados como referência. A caracterização da área de estudo, seu histórico de consumo de energia, população, número de domicílios e Produto Interno Bruto (PIB) são mostrados no capítulo três. No capítulo quatro são definidos os dados e o método a serem usados. No quinto capítulo o ano base é analisado e os seus dados são estratificados de acordo com as classes de renda. Cenários são desenvolvidos e projeções são feitas no capítulo seis. No capítulo sete é feita a análise dos resultados obtidos. Já no capítulo oito são feitas as considerações finais e por fim, no capítulo nono está a bibliografia.

2 Revisão bibliográfica

Abaixo estão descritos os principais trabalhos relacionados ao tema estudado.

2.1 Análise do consumo de energia no setor residencial

2.1.1 Arouca, 1982

Arouca realizou um dos primeiros trabalhos sobre o consumo de energia no setor residencial. Ele realizou o estudo fazendo uma análise em função de algumas variáveis, das quais as mais importantes são:

- Crescimento da população;
- Nível de renda e sua distribuição;
- Distribuição espacial da população (rural, urbana e regional);
- Migração interna;
- Características geofísicas: clima, recursos naturais, etc;
- Nível e industrialização.

As regiões para as quais a análise foi feita foram: Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais/Espírito Santo, Sul, Distrito Federal, Norte, Nordeste e Brasil.

Os usos finais adotados foram: iluminação, cocção, conservação de alimentos, aquecimento de água, condicionamento ambiental, lazer e serviços.

As fontes de energia utilizada foram: eletricidade, lenha, GLP, gás de cidade (gás natural) e querosene.

As classes de despesa adotadas foram:

- I – menos de 2 salários mínimos;
- II – de 2 a 3,5 salários mínimos;
- III – de 3,5 a 5 salários mínimos;
- IV – de 5 a 7 salários mínimos;
- V – mais de 7 salários mínimos;

O estudo foi feito para o período de 1974/1975, devido à disponibilidade de dados. O Quadro 2-1 apresenta alguns resultados deste trabalho.

Quadro 2-1 Consumo residencial de energia elétrica por usos finais em 1975, para MG/ES (%)

Finalidades (%)					
Aquec. de água	Condic. ambiental	Conserv. alimentos	Iluminação	Lazer	Serviços gerais
34,8	1,0	25,2	24,5	7,3	7,3

Fonte: AROUCA, 1982

Para a região MG/ES o consumo anual de energia elétrica calculado foi de 1.424 kWh e o valor medido foi de 1.070 kWh. Ela credita esta diferença provavelmente à superestimação do número de equipamentos elétricos nesta região, principalmente chuveiros elétricos e lâmpadas. O Quadro 2-2 mostra o consumo médio mensal de energia elétrica para o Brasil, por classes de renda, em 1982, calculados por Arouca.

Quadro 2-2 Consumo médio mensal de energia elétrica por domicílio segundo a classe de renda em 1982, para o Brasil (kWh/mês)

	Classes de Renda					Média
	I	II	III	IV	V	
Brasil	45,6	68,3	98,5	128,1	176,3	126,0

Fonte: AROUCA, 1982

Para o Brasil o consumo anual calculado foi de 1.512 kWh (126 kWh/mês) e o medido foi de 1.369 kWh (114 kWh/mês). O Quadro 2-3 apresenta o consumo residencial de energia elétrica por usos finais e classes de renda encontrados por AROUCA.

Quadro 2-3 Distribuição do consumo residencial de energia elétrica por classes de renda segundo seus usos finais para 1982, no Brasil (%)

	Classes de Renda					Média
	I	II	III	IV	V	
Aquec. de água	18,2	24,6	27,6	27,8	25,9	26,2
Condic. ambiental	0,6	0,9	1,4	1,5	2,9	2,2
Conserv. alimentos	25,4	34,2	36,1	33,3	29,9	31,7
Iluminação	21,0	17,6	17,1	22,5	28,6	24,6
Lazer	16,4	10,4	8,8	7,7	6,3	7,5
Serviços gerais	18,3	12,3	8,9	7,2	6,5	7,8
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: AROUCA, 1982

2.1.2 Almeida et al, 2001

Almeida, Schaeffer e La Rovere apresentam os resultados de um estudo avaliando o potencial de conservação de energia elétrica e redução do pico da curva de carga no setor residencial no Brasil.

O estudo dividiu o setor residencial em 15 subsetores, de acordo com a classe de renda e a região geográfica brasileira. Além disto, os autores elaboraram 5 cenários e fizeram projeções para conservação de energia elétrica no período de 2000 a 2020. Os cenários elaborados foram:

1 - Cenário de Potencial Técnico - onde considera que a melhoria no consumo de energia elétrica será devido ao uso mais eficiente. Este consumo mais eficiente será o melhor possível e sem restrições econômicas;

2 - Cenário de Potencial Econômico - considera que a economia alcançada do Cenário 1 será limitada por questões econômicas, como por exemplo, tecnologias mais eficientes serem muito caras. Considera uma taxa de desconto de 15% ao ano para a utilização de tecnologias mais eficientes;

3 - Cenário de Potencial de Mercado I - similar ao segundo cenário, só que visto do ponto de vista do mercado. Baseado na taxa de retorno do investimento em novas tecnologias. Neste cenário, para que seja viável o investimento, a taxa de retorno deverá ser igual ou maior do que 35%.

4 - Cenário de Potencial de Mercado II – similar ao terceiro cenário, sendo que a taxa de retorno do investimento deverá ser igual ou superior a 70%;

5 - Cenário de Potencial de Não Conservação – nenhum ganho de eficiência é projetado, porém, o consumo de eletricidade será limitado pela saturação no aumento do número de aparelhos. Considerado o cenário de referência.

O resultado mais importante foi devido à introdução de maneiras diferentes de aquecimento de água (aquecimento por energia solar e gás). Esta foi responsável por 33% da energia conservada e pela redução de 65% do pico de demanda, ambos no Cenário de Potencial Técnico.

2.1.3 Achão, 2003

Achão faz uma análise da estrutura de consumo de energia do setor residencial brasileiro, por meio do estudo do consumo de energia final por região geográfica e classe de renda.

O estudo de Achão faz uma adaptação do método utilizado por Arouca (1982).

Como fontes de dados são utilizadas a Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF (IBGE, 1996), que apresenta a distribuição do número de equipamentos elétricos para 11 metrópoles brasileiras, incluindo Belo Horizonte, o Censo Demográfico (IBGE, 1991), a Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo (PUC/PROCEL, 1999), o Balanço Energético Nacional (MME, 2001) e comunicação pessoal com Concessionárias de Energia Elétrica e Distribuidoras de Gás.

Os usos finais são divididos em: cocção de alimentos, aquecimento de água, iluminação, condicionamento ambiental, conservação de alimentos, serviços gerais e lazer.

As fontes de energia estudadas por Achão foram: eletricidade, GLP e lenha.

As classes de renda possuem praticamente a mesma divisão que a de AROUCA (1982).

O consumo de energia final para cada uso é determinado a partir da seguinte fórmula:

$$\mathbf{E}_{jk} = \sum_{i \in C}^{\beta} N_{ijk} \cdot c_i \quad \text{(Fórmula 2.1)}$$

onde: i é o tipo de equipamento;

j é a região;

k é a classe de renda;

E_{jk} é o consumo de energia na região j e classe de renda k ;

N_{ijk} é o número de equipamentos do tipo i , na região j e na classe de renda k ;

c_i é o consumo específico de cada aparelho;

C é o conjunto de aparelhos para um finalidade (uso final) β determinada.

A partir dos dados e da metodologia acima citada é montada e analisada a estrutura do consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro por classe de renda e região. Para Belo Horizonte, no ano de 1996, o consumo total calculado foi de 2.675 GWh e o consumo medido foi de 3.166 GWh. O Quadro 2-4 mostra os resultados encontrados por Achão para o consumo residencial de energia elétrica por usos finais em 1996, para Belo Horizonte.

Quadro 2-4 Consumo residencial de energia elétrica por usos finais em 1996, para Belo Horizonte (%)

Finalidades (%)					
Aquec. de água	Condic. ambiental	Conserv. alimentos	Iluminação	Lazer	Serviços gerais
22,5	7,2	34,9	16,3	8,2	10,8

Fonte: ACHÃO, 2003

Os Quadros 2-5 e 2-6 apresentam os resultados para o Brasil e para Belo Horizonte, encontrados por Achão para o ano de 1996.

Quadro 2-5 Consumo médio mensal de energia elétrica por domicílio segundo a classe de renda em 1996, para Belo Horizonte e Brasil (kWh/mês)

	Classes de Renda					Média
	I	II	III	IV	V	
Belo Horizonte	123	153	169	243	309	199
Brasil	132,7	154,8	179,7	234,8	313,7	203,1

Fonte: ACHÃO, 2003

Quadro 2-6 Distribuição do consumo residencial de energia elétrica por classes de renda segundo seus usos finais para 1996, no Brasil (%)

	Classes de Renda					Média
	I	II	III	IV	V	
Aquec. de água	9,0	10,0	10,6	21,3	18,0	17,0
Condic. ambiental	12,1	11,9	11,9	10,5	11,3	11,2
Conserv. alimentos	38,1	38,0	38,4	33,9	33,9	34,9
Iluminação	22,1	21,7	20,4	17,2	15,5	17,2
Lazer	9,8	9,9	9,4	7,8	6,7	7,6
Serviços gerais	9,0	8,6	9,3	9,3	14,6	12,0
Total	100	100	100	100	100	100

Fonte: ACHÃO, 2003

2.2 Consumo de energia no setor residencial e planejamento energético

2.2.1 Melo, 2006

Melo apresenta um estudo do balanço de oferta e demanda de energia para o Setor Residencial do Estado de Minas Gerais no período de 2004 a 2025, utilizando o programa ENPEP. Foram estabelecidos três cenários macroeconômicos.

1. Cenário Básico – supõe o crescimento da economia no mesmo nível da evolução histórica (taxa de 3,7% ao ano);
2. Cenário Alto – crescimento da economia à taxa de 5,2% ao ano;
3. Cenário Baixo – crescimento da economia à taxa de 2,2% ao ano.

Os resultados obtidos mostram que para o Cenário Básico é esperado um crescimento no consumo final de energia de 38% até 2025; para o Cenário Alto, um crescimento 23% superior ao do Cenário Básico; e, no Cenário Baixo, uma redução do consumo de 17% em relação ao Cenário Básico. O autor faz uma projeção para os mesmos cenários dos consumos dos principais tipos de energia final utilizados no Estado de Minas Gerais (GLP, lenha, carvão vegetal e eletricidade). Para a eletricidade foram projetados um aumento de demanda, até 2025, de 113% no Cenário Básico, 189% no Cenário Alto e 55% no Cenário Baixo. O autor aponta a necessidade de elaboração de políticas de geração de eletricidade e de redução das perdas de distribuição como sendo essenciais para segurança no fornecimento de energia elétrica.

2.2.2 Ghisi et al, 2007

Os autores, Ghisi, Gosch e Lamberts, fizeram um estudo dos usos finais da energia elétrica no setor residencial brasileiro.

- Os usos-finais foram estimados pela média do consumo nas residências agrupadas de acordo com a zona bioclimática e separados em verão e inverno.
- Os estudos indicaram que os maiores usos-finais foram de refrigeradores e “freezers”, que, juntos, representam de 38% a 49% do consumo de energia elétrica nas residências brasileiras.
- Ar condicionado e chuveiro elétrico foram os usos finais que apresentaram maior dependência das condições climáticas.

Eles concluíram que o ar condicionado deve ser uma preocupação futura no Brasil, pois embora sua utilização seja pequena atualmente, tende a crescer e seu uso no verão é muito difundido.

2.2.3 Andrade, 2008

Andrade fez uma avaliação do potencial energético de Belo Horizonte e, por meio da construção de alguns cenários, estudou as possibilidades de se ampliar ou utilizar o potencial energético dos recursos domésticos do município e busca por alternativas que possam contribuir com a melhoria do meio ambiente. As alternativas tecnológicas avaliadas por ele foram: aproveitamento energético do biogás para a geração de energia elétrica e para ser utilizado como combustível veicular; substituição de ônibus convencionais por ônibus que utilizam biogás; ampliação do uso de sistemas de aquecedores solares para o aquecimento de água nos setores residencial e de serviço. Ele realizou um planejamento no longo prazo utilizando o modelo computacional ENPEP (módulo BALANCE). O horizonte de suas projeções foi de 2004 a 2023. Os cenários desenvolvidos foram:

- Cenário Básico – cenário moderado, com ampliação das tecnologias existentes e novas tecnologias incentivadas moderadamente. No Cenário Básico, está sendo considerado que Belo Horizonte vai crescer 2,0% a.a., sendo que para o Brasil é esperado um crescimento em média de 4,1% a.a. ao longo do período de estudo.
- Cenário Ideal – mais otimista em relação ao Básico. O Cenário Ideal usa como projeção do crescimento do PIB, para a cidade de Belo Horizonte, a taxa de 4,1 % a.a., mesma taxa projetada para o Brasil.
- Cenário Demo – pessimista. O aproveitamento dos recursos energéticos do município está restrito apenas ao campo da demonstração. Neste cenário, é esperado um crescimento do PIB de 1,2% a.a. Esta taxa representa o crescimento econômico da cidade Belo Horizonte nos últimos anos.

Ele mostra que a geração de energia elétrica a partir do biogás pode chegar a 1,66 GWh/ano no Cenário Básico e a 5,0 GWh/ano no Cenário Ideal. O biogás do proveniente do aterro sanitário poderá substituir o óleo diesel e reduzir em 6% os custos de operação do sistema de transporte e também reduzir a emissão de poluentes em até 27%. E a substituição do chuveiro elétrico por aquecedor solar ou GLP, pode economizar até 60% do custo para aquecimento de água, além de reduzir a demanda no horário de pico. Deve-se salientar que atualmente o biogás é utilizado pela prefeitura de Belo Horizonte através da Central de Aproveitamento Energético do Biogás. A estação, processa e queima o gás metano produzido a partir da decomposição do lixo aterrado no antigo aterro sanitário da SLU na BR-040, gerando energia elétrica, que é comprada pela Companhia Energética do Estado de Minas Gerais (CEMIG) e distribuída em sua rede.

2.2.4 Pereira 2010

O trabalho de Pereira avaliou a evolução do consumo de energia elétrica residencial no município de Belo Horizonte utilizando uma partição do mesmo em Unidades Espaciais Homogêneas, unidades estas utilizadas pelo IBGE. Com uma metodologia semelhante à utilizada por Achão (2003), ela fez um levantamento das características sócio-econômicas de cada região e em seguida traçou o perfil do consumo médio dos equipamentos residenciais. Assim, ela estabeleceu o consumo médio de energia e suas características, como por exemplo, a porcentagem dos usos finais para cada Unidade Espacial Homogênea. Os anos de 1991, 2000 e 2007, foram utilizados para calibração do modelo. Como resultado, têm-se mapas de energia para os anos de 1991, 2000 e 2007. Com o uso destes mapas, pode-se avaliar o consumo de energia e seus usos finais e compará-lo com variáveis como a densidade demográfica, classe de renda, tipo de adensamento nas construções, etc. Por fim, ela desenvolveu cenários com o horizonte temporal de 2030, visando a analisar a influência da consideração do espaço no consumo de energia. É possível, através deste trabalho, obter-se o consumo de energia elétrica de Belo Horizonte nos anos de 1991, 2000 e 2007, podendo comparar-se este consumo com os valores calculados no presente trabalho.

2.3 Planejamento Energético

O principal objetivo de um planejamento energético é fornecer informações para que os gestores possam tomar decisões. As ações específicas de um planejamento energético podem ser resumidas como mostrado na Figura 2-1 Visão geral do planejamento energético (Cirillo,1995).

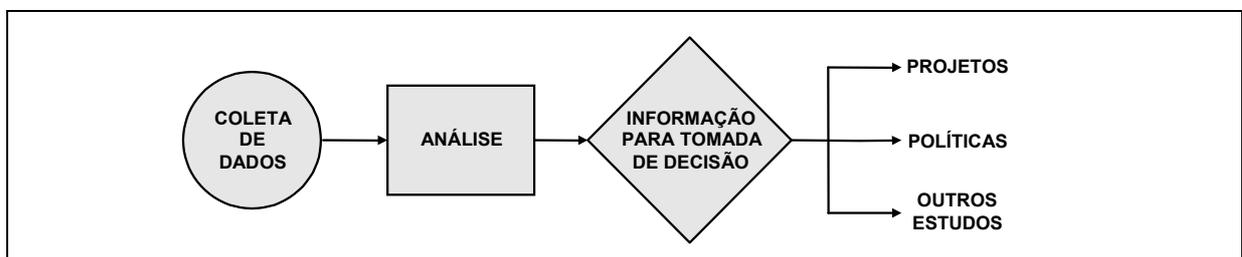


Figura 2-1 Visão geral do planejamento energético
Fonte: Cirillo 1995

Todas as etapas do planejamento energético são importantes e as decisões tomadas em seu desenvolvimento afetam o resultado.

A Figura 2-2 mostra as etapas de um estudo de planejamento energético.

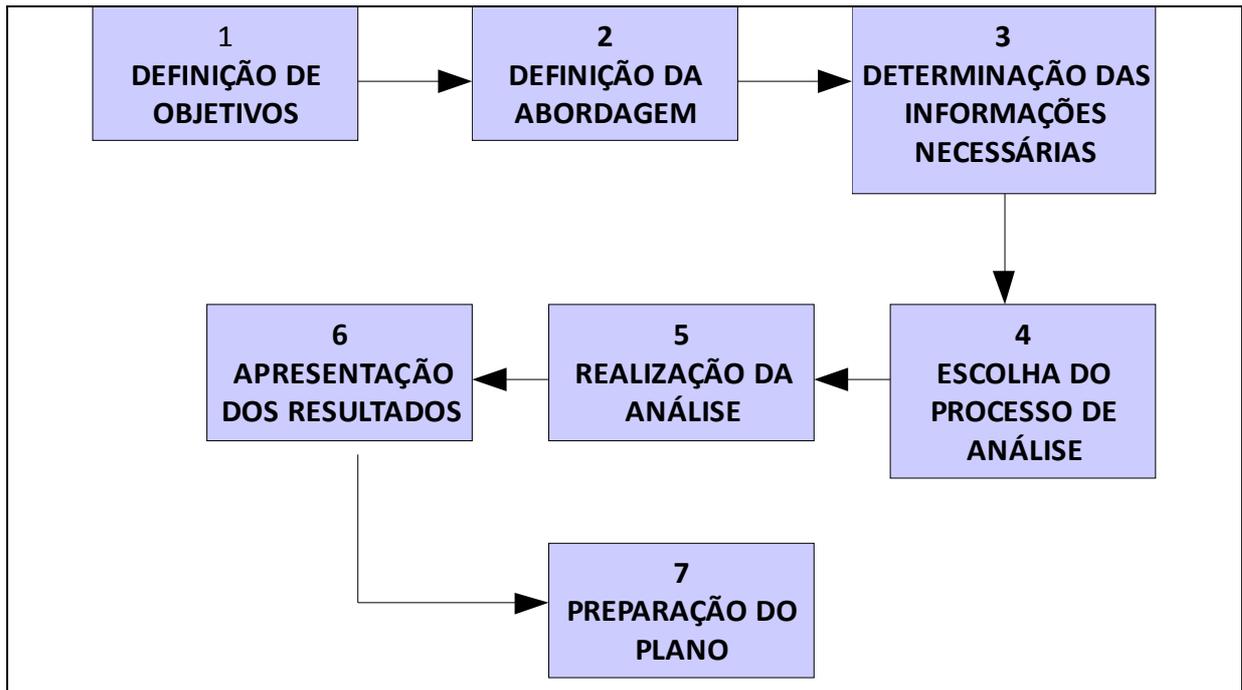


Figura 2-2 Etapas do planejamento energético
 Fonte: Cirillo 1995

1. Definição de objetivos

A atenção deve ser focada em aspectos importantes, que vão guiar todo o procedimento seguinte.

2. Definição da abordagem

Deve-se escolher:

- O escopo do trabalho – quais fatores do sistema energético e/ou econômico serão considerados.
- A escala do trabalho – nível de desagregação espacial: cidade, estado, país, regiões, etc.
- O horizonte, ou período de tempo da análise – pode ser: operacional (horário, diário), curto (1 a 3 anos), médio (3 a 10 anos) ou no longo prazo (mais de 10 anos). A definição de um Ano Base (início do planejamento) é de extrema importância nesta etapa. (O Ano Base não deve ser um ano atípico.)
- O nível de detalhe – pode variar entre profundo ou superficial, normalmente o nível de detalhe será atrelado aos dados disponíveis.

3. Determinação das informações necessárias

Deve-se definir as informações que serão fornecidas. Elas podem ser de dois tipos:

- Técnicas – para profissionais relacionados ao planejamento energético.
- Para tomada de decisão – não possuem o formato técnico e são indicadas para

profissionais que não são da área específica de planejamento energético, como por exemplo, gestores, políticos.

4. Escolha do processo de análise

A escolha da ferramenta de análise depende do objetivo e dos dados disponíveis. Os modelos aplicados para a análise podem variar, assim como as tarefas a serem realizadas.

5. Realização da análise

A Figura 2-3 mostra uma abordagem metodológica utilizada para a análise.

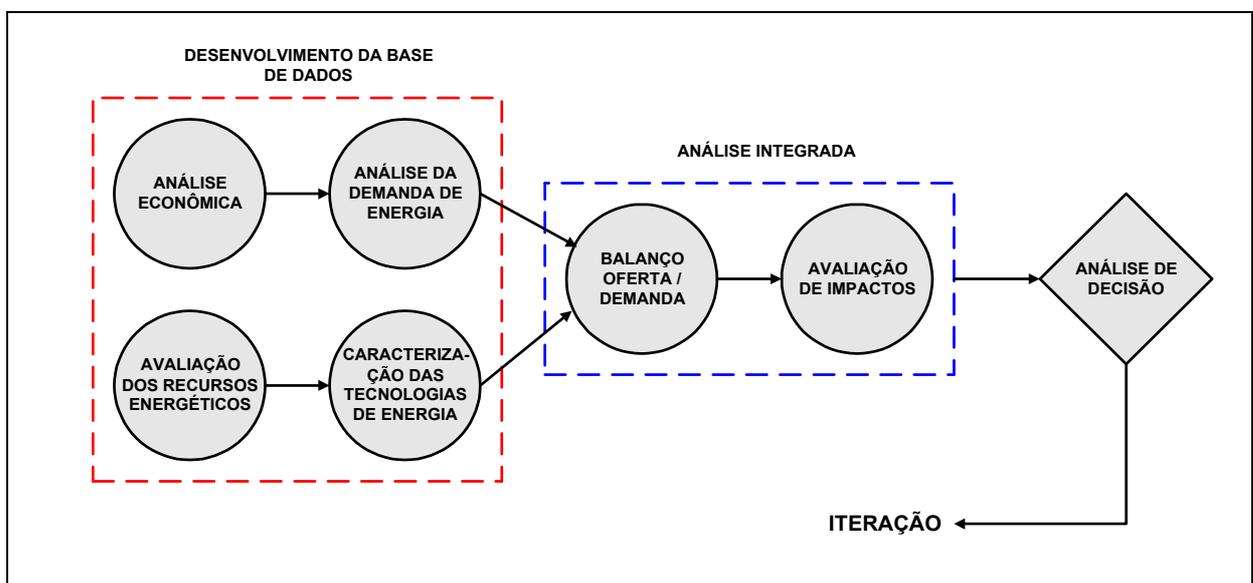


Figura 2-3 Abordagem metodológica do planejamento energético
Fonte: Cirillo 1995

- O desenvolvimento da base de dados - deve ser cuidadosamente elaborado e muitas vezes é limitado pelos dados disponíveis. A fase de desenvolvimento da base de dados é de grande importância, pois dela dependerá todos os resultados. É uma etapa em geral demorada, por exigir análise criteriosa dos dados, ajustes, etc. Ela conta com as seguintes etapas.

Análise econômica – têm como foco os aspectos gerais do desenvolvimento, como por exemplo, Produto Interno Bruto (PIB), população, políticas de desenvolvimento, etc.

Análise da demanda de energia – é feita considerando-se os setores da economia. Deve-se observar o nível de atividade do setor, o padrão de consumo, o crescimento projetado da atividade e o crescimento projetado da demanda.

Avaliação dos recursos energéticos – são avaliadas as fontes de recursos

disponíveis, primárias, secundárias, fósseis, nucleares, renováveis, etc. Os recursos podem ser domésticos ou importados.

Caracterização das tecnologias energéticas – são avaliadas as tecnologias existentes para a produção de energia e são estimadas tecnologias futuras que podem ser adotadas ao longo do período do planejamento. São avaliadas as eficiências, os custos iniciais, operação e manutenção, aspectos ambientais, etc. Estas tecnologias devem ser avaliadas levando-se em consideração todo o ciclo do combustível.

- A análise integrada - normalmente é feita utilizando-se uma plataforma (*software*) que dê suporte ao objetivo desejado. São feitas projeções dentro do período analisado e gerados os resultados. É comum serem utilizados vários cenários de desenvolvimento e estrutura de ações para que várias possibilidades de ação possam ser estudadas e avaliadas. Duas etapas principais são realizadas:

Análise do balanço oferta/demanda – simula o comportamento do mercado de energia ao longo do período no qual são feitas as projeções. Mensura o suprimento de energia disponível em relação à demanda projetada.

Avaliação de impactos – avalia os impactos em relação ao uso dos recursos, investimentos em novas tecnologias, impactos ambientais, efeitos sociais, culturais, institucionais, etc.

6. Apresentação dos resultados

Os resultados necessitam ser apresentados de maneira clara e condizente com o definido na etapa 3 – Determinação das informações necessárias.

7. Preparação do Plano

Etapa onde as políticas, projetos e planos de ações, determinação da necessidade de outros estudos, etc. serão propostos e efetivados.

2.4 Considerações sobre Cenários

A elaboração de cenários é uma ferramenta comum no planejamento. Premissas são estabelecidas de maneira que possam ser feitas projeções de futuros possíveis. Os cenários não têm como função prever o futuro, mas oferecer possíveis caminhos para que decisões possam ser tomadas e projetos possam ser feitos de maneira a atingir os objetivos desejados.

Os cenários são elaborados em nível mundial, nacional, estadual, etc. São feitos dentro de um período de tempo no qual são realizadas as projeções.

O PNE 2030 (MME,2007), por exemplo, elaborou alguns cenários que são apresentados na Figura 2-4, juntamente com os cenários mundiais com os quais os cenários nacionais são relacionados.

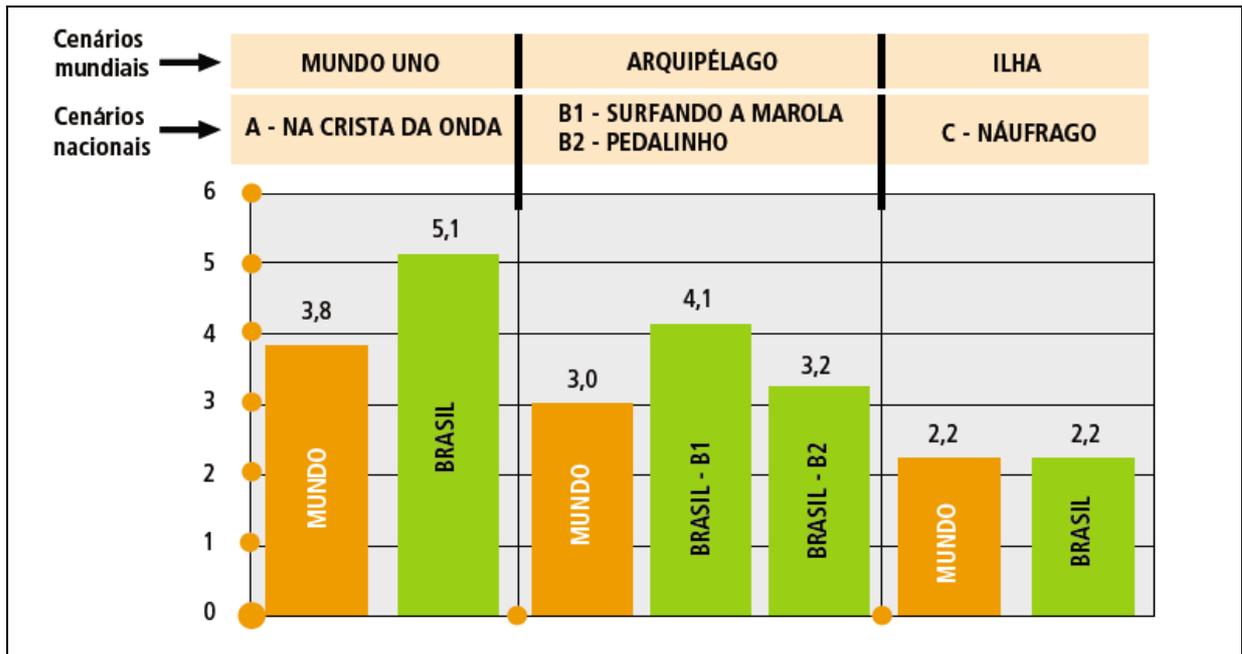


Figura 2-4 Cenários mundiais e nacionais de referência

Fonte: MME 2007

A taxa média de crescimento do PIB mundial no período entre os anos 1971 a 2002 foi estabelecida em 3,3% ao ano (a.a.). E taxa média de crescimento do PIB nacional neste mesmo período foi calculada com sendo 4,1% a.a.

O Cenário B1 – Surfando a Marola, que considera um crescimento futuro do PIB com a mesma taxa anual que vem sendo observada, ou bem próximo a ela, é dito cenário de referência. Os cenários de referência normalmente admitem a hipótese de poucas mudanças ao longo do tempo.

Quando o PIB cresce a uma taxa maior do que a taxa histórica, como nos cenários Mundo Uno e A – Na Crista da Onda, haverá mais dinheiro circulando na economia e ocorrerá uma melhoria da qualidade de vida e do poder aquisitivo da população. As pessoas comprarão mais eletrodomésticos e não só a posse dos mesmos vai aumentar, como também os eletrodomésticos mais antigos serão substituídos rapidamente por outros mais novos com uma eficiência energética maior. Com mais dinheiro disponível no mercado será possível a pesquisa e a inserção de novas tecnologias. As pessoas poderão ter acesso a financiamentos

possibilitando o uso de novas tecnologias como de energia solar.

Quando o crescimento do PIB se dá a uma taxa menor do que a taxa histórica, como nos cenários Ilha e Náufrago, esta situação fica invertida. A posse dos eletrodomésticos aumentará a uma taxa menor e equipamentos mais eficientes vão demorar mais tempo para substituir os antigos, menos eficientes.

A Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030 (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007) desenvolve dois cenários. Um Cenário Referência, que considera as tendências dos últimos 10 anos (1994-2004) e o Cenário Alternativo, que considera as tendências observadas entre 2001 e 2004, onde houve um maior desenvolvimento da economia brasileira e um aumento no poder aquisitivo da população, acarretando taxas de crescimento maiores do que no período 1994 a 2004.

3 Caracterização da área de estudo

3.1 Localização e dados básicos

A Região Sudeste do Brasil é a região com maior PIB e maior densidade populacional. Ela é formada por quatro estados: Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Minas Gerais é o maior em área e o segundo em população, sendo o de menor densidade populacional. A Figura 3-1 apresenta a localização da Região Sudeste e de Minas Gerais no Brasil.

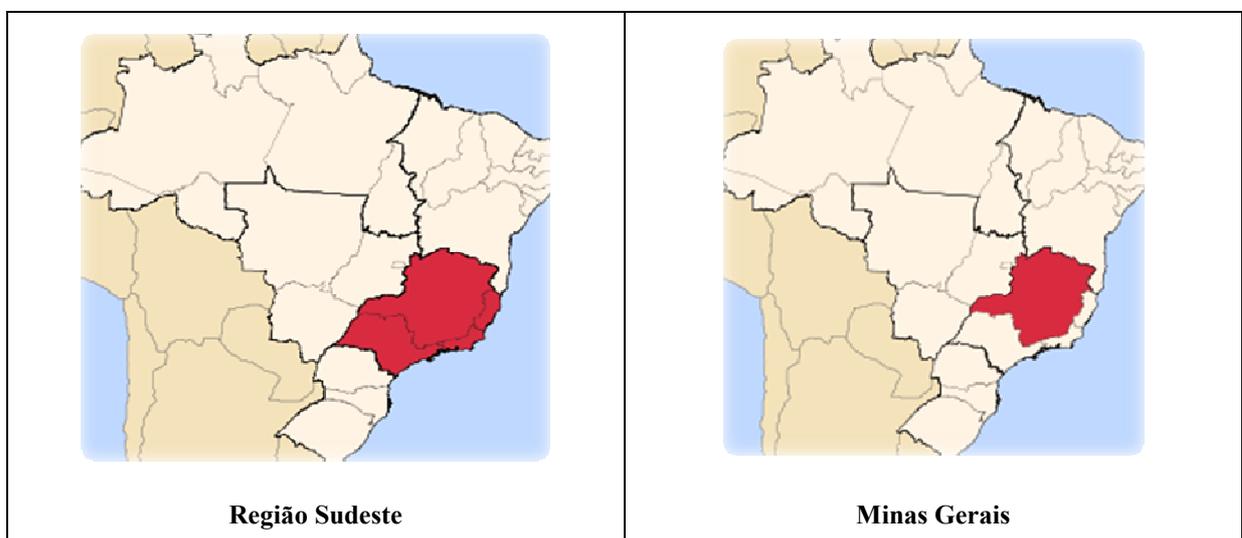


Figura 3-1 Localização da Região Sudeste e de Minas Gerais no Brasil
Fonte: Wikipédia

O município de Belo Horizonte é a capital do Estado de Minas Gerais. Ela está localizada na latitude 19°49'0" S e 43°57'21". Em 2010 ela respondia por 12% da população do estado, com uma densidade populacional de mais de 7.177,7 habitantes/km². Ela é sede da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), região que abrange atualmente 34 municípios e em 2010, concentrava 25% da população do estado (IBGE, 2011).

A Figura 3-2 mostra a localização da RMBH e do município de Belo Horizonte em Minas Gerais.



Figura 3-2 Localização do município de Belo Horizonte da RMBH em Minas Gerais

Fonte: Wikipedia 2011

O Quadro 3-1 apresenta a área, a população e a densidade populacional do Brasil, Região Sudeste, Minas Gerais, RMBH e Belo Horizonte no ano de 2010 (IBGE, 2011).

Quadro 3-1 Área, população e densidade populacional do Brasil, Sudeste, Minas Gerais, RMBH e Belo Horizonte no ano 2010

	Área (km ²)	População (habitantes)	Densidade Populacional (habitantes/km ²)
Brasil	8.502.728,3	190.755.799	22,4
Região Sudeste	924.511,3	80.364.410	86,9
Minas Gerais	586.528,3	19.597.330	33,4
Região Metropolitana de Belo Horizonte	9.467,8	4.882.977	515,8
Belo Horizonte	331,0	2.375.151	7.177,7

Fonte: IBGE 2011

O estudo do consumo de energia elétrica no setor residencial de Belo Horizonte é justificado pelo grande impacto que este consumo possui na matriz energética mineira. Em 2005, o consumo de energia elétrica no setor residencial de Belo Horizonte era 18% do consumo residencial do estado. Também, através dele pode-se desenvolver um método a ser utilizado posteriormente em outras regiões demográficas, com as devidas adaptações.

3.2 Consumo de energia

3.2.1 Consumo de energia no Brasil

Existem várias fontes de energia em um país. Elas normalmente são divididas em fontes

primárias, que são utilizadas diretamente, sem ser transformadas e secundárias, que necessitam de transformação para serem utilizadas. Um exemplo de fonte de energia primária é a lenha. A eletricidade é uma fonte secundária, pois é transformada a partir de outra fonte, como por exemplo a hidráulica.

As fontes, de acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN, 2010) podem ser divididas em:

- Primárias - gás natural, carvão fóssil, lenha, bagaço de cana, outras.
- Secundárias – eletricidade, coque de carvão fóssil, carvão vegetal, álcool etílico, gás de coqueria, outras.
- Derivados de petróleo – óleo diesel, óleo combustível, gasolina, gás liquefeito de petróleo, nafta, querosene, gás canalizado, outros.

São destacados os derivados de petróleo, devido a sua especificidade e importância. O Gráfico 3-1 apresenta a evolução do consumo de energia por fontes no Brasil.

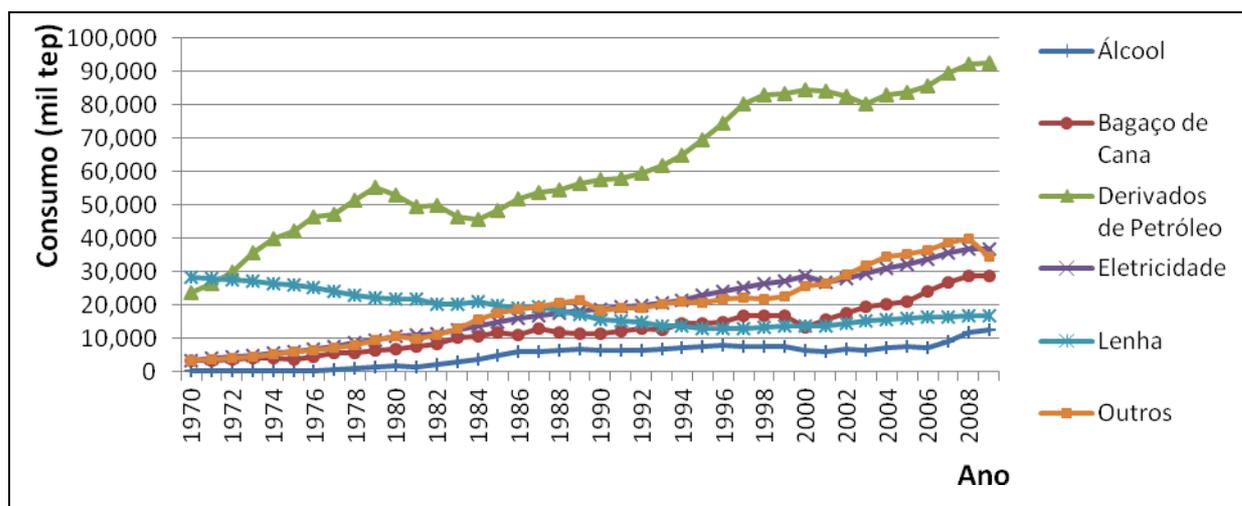


Gráfico 3-1 Evolução do consumo de energia por fonte no Brasil

Fonte: BEN 2010

Os derivados de petróleo foram os que tiveram maior aumento do consumo ao longo do tempo. Até o fim dos anos de 1970, o consumo deste tipo de fonte cresceu com uma aceleração muito grande. Então, sofreu uma queda e atingiu um valor muito reduzido no início dos anos de 1980, com a crise do petróleo. Mas retomou o crescimento em meados da década de 1980, sendo desacelerado no fim dos anos de 1990. Novamente, em 2002, sofreu uma grande queda e voltou de novo a crescer. Os derivados de petróleo são o tipo de fonte que mais possui variações de crescimento ao longo do período analisado. Eles estão sujeitos a muitas instabilidades devido a políticas internacionais e a variações na demanda.

A partir do final da década de 1970, quando houve um grande aumento dos preços do petróleo, vários países, inclusive o Brasil procuraram desenvolver fontes de energia alternativas ao mesmo. Muitos programas ao longo do tempo, com a estabilização dos preços do petróleo, foram colocados em segundo plano, sendo uma exceção o programa de álcool no Brasil.

Atualmente, devido a questões ambientais, inseguranças no suprimento devido a instabilidades de países produtores de petróleo e queda na produção de muitos poços, elevando o preço da extração, os programas de pesquisa e incentivo à utilização de outras fontes de energia têm se tornado cada vez mais importantes em todo o mundo.

O álcool (etanol) para substituição de derivados de petróleo, principalmente gasolina, e mais recentemente, a geração de energia elétrica a partir do bagaço de cana, foram os programas nacionais que mais tiveram sucesso. Estes, assim como a categoria “outros”, tiveram um crescimento bem acentuado ao longo do período analisado.

A eletricidade teve seu crescimento praticamente constante ao longo do período, excetuando a queda devido ao racionamento em 2001. Em 2009, 16% da energia consumida no país era energia elétrica.

A lenha foi a única fonte de energia que teve uma queda no consumo, no mesmo período. Em meados dos anos de 1990 esta queda foi interrompida e o consumo de lenha no Brasil voltou a crescer em um ritmo bem lento, tendendo a uma estabilização em um patamar bem abaixo dos anos 1970, ou mesmo, a uma queda.

Outra partição feita para o estudo do consumo de energia é o consumo por setores da economia. Os setores são: agropecuário, comercial, energético, industrial, o público, residencial e de transportes.

O Gráfico 3-2 apresenta a evolução do consumo de energia brasileiro por setor.

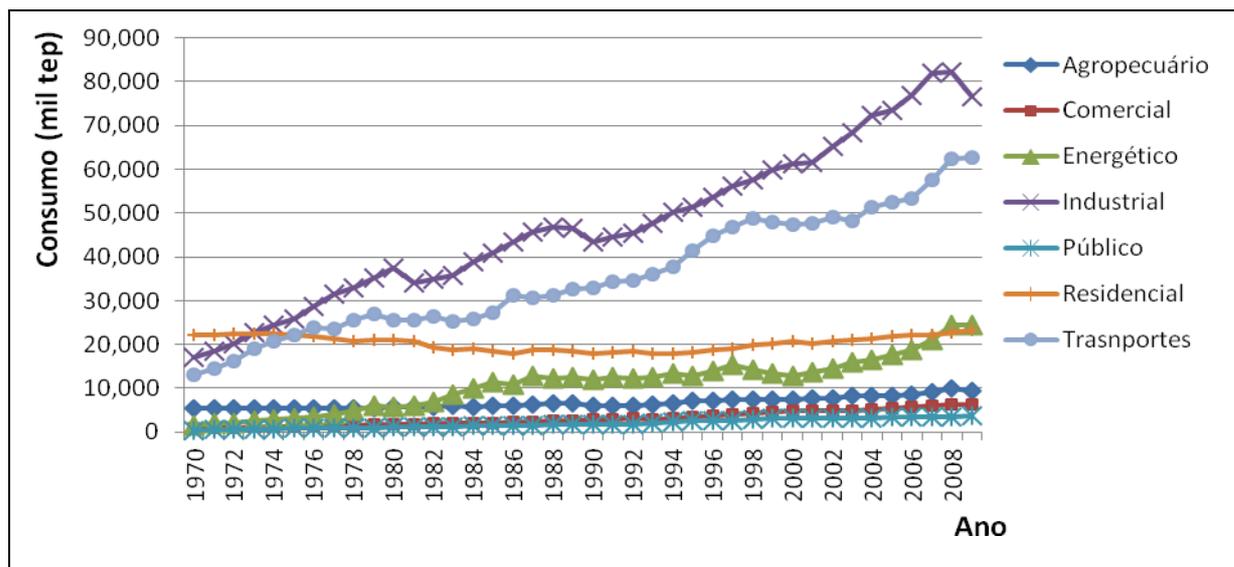


Gráfico 3-2 Evolução do consumo de energia por setor no Brasil

Fonte: BEN 2010

Os maiores consumos são do setor industrial e de transportes. Eles tiveram seus consumos crescentes durante praticamente todo o período, sendo que o setor industrial apresentou um queda com a recessão do início dos anos 1980, outra queda no fim dos anos 1990 e uma queda também perto de 2006, provavelmente devido ao aumento que tiveram nestes anos os preços do petróleo. O setor de transportes teve uma estabilização de meados da década de 1970 a meados da década de 1980 e uma queda no fim dos anos de 1990.

O terceiro maior consumo é o do setor residencial. Ele teve uma queda no final dos anos 1970 e uma estabilização até o final dos anos 1990, quando voltou a crescer novamente. Nota-se nas curvas a queda no consumo devido ao racionamento de energia elétrica em 2001. A partir do início da década de 1980 o setor energético teve um aumento de consumo, chegando a alcançar o setor residencial no final do período.

A Figura 3-3 mostra as porcentagens das fontes de energia e dos setores da economia no consumo de energia brasileiro no ano de 2009.

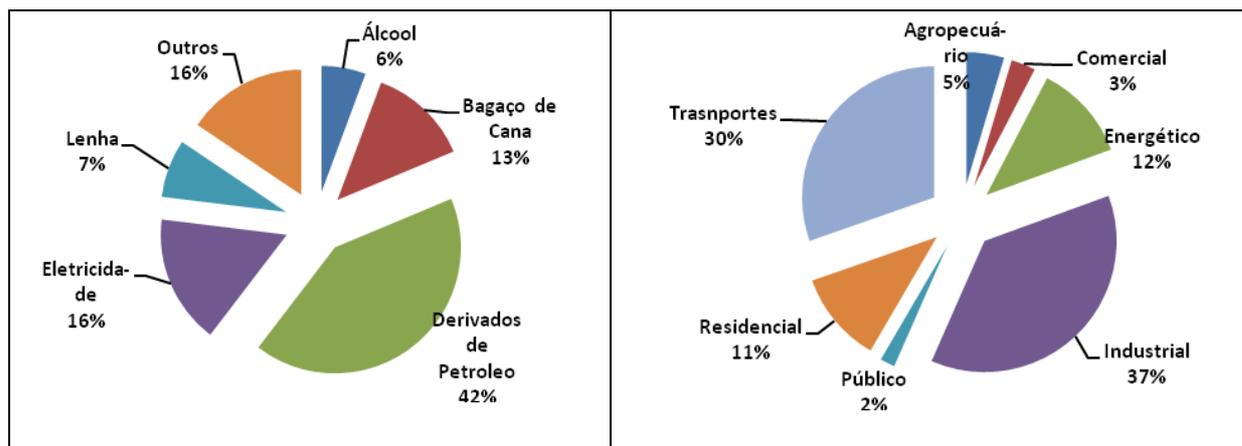


Figura 3-3 Porcentagem das fontes de energia e dos setores da economia no consumo de energia brasileiro no ano de 2009

Fonte: BEN 2010

A importância da eletricidade e do setor residencial é demonstrada já que, em 2009, a eletricidade foi responsável por 16% do consumo de energia e o setor residencial responsável por 11% de toda a energia consumida no país.

3.2.2 Consumo de energia em Minas Gerais

Em Minas Gerais, o Balanço Energético do Estado de Minas Gerais faz uma divisão um pouco diferente da divisão do Balanço Energético Nacional com relação às fontes de energia. A divisão é feita com base nas fontes de energia primária mais utilizadas no Estado de Minas Gerais. Esta partição é a seguinte: lenha e derivados, energia hidráulica, petróleo, gás natural e derivados, carvão metalúrgico e coque, carvão energético, derivados de cana-de-açúcar e outros. O Gráfico 3-3 mostra a evolução da demanda de energia em Minas Gerais de acordo com a fonte.

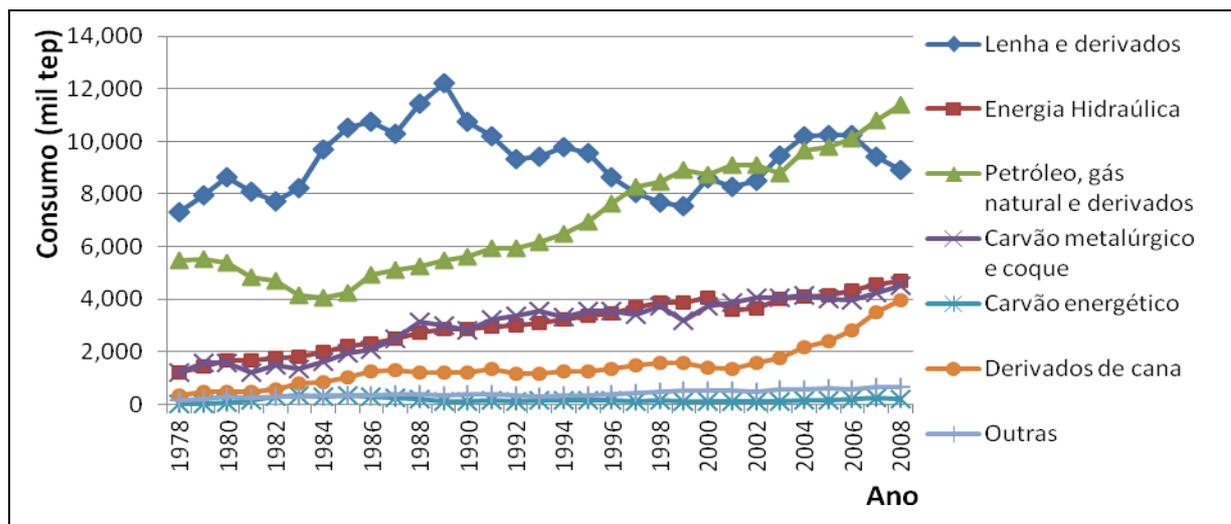


Gráfico 3-3 Evolução da demanda de energia por fonte em Minas Gerais
Fonte: BEEMG 2009

A utilização da lenha em Minas Gerais teve seu pico no final dos anos 1980 e seu ponto mais baixo, na série história apresentada, foi no final dos anos 1990. Após 2004, a demanda de lenha e derivados teve um patamar que durou até cerca de 2006, voltando a cair. A demanda de lenha e derivados em Minas Gerais é, na série avaliada, a que teve mais variações. O petróleo, gás natural e derivados tiveram uma queda no princípio dos anos 1980, na época da recessão econômica, e depois apresentou um crescimento praticamente constante. O carvão metalúrgico e a energia hidráulica tiveram um crescimento praticamente constante. Observa-se a queda na energia hidráulica em 2001, época do racionamento de energia elétrica. Sendo Minas Gerais um estado com um grande parque metalúrgico, o carvão metalúrgico e o coque são de extrema importância no seu desenvolvimento econômico. E quedas na sua demanda, como as ocorridas no início e no fim dos anos 1980 e fim dos anos 1990 e a estabilização entre os anos 2002 e 2006, tiveram uma grande influência na economia. Os derivados de cana-de-açúcar tiveram um crescimento na demanda até 1986, apresentando a partir daí um crescimento pequeno até pouco antes de 2000. A partir daí, apresentaram um crescimento acelerado. O carvão energético e “outras fontes” apresentaram uma demanda praticamente constante ao longo do período de tempo apresentado. O Gráfico 3-4 apresenta a evolução da demanda de energia por setor em Minas Gerais.

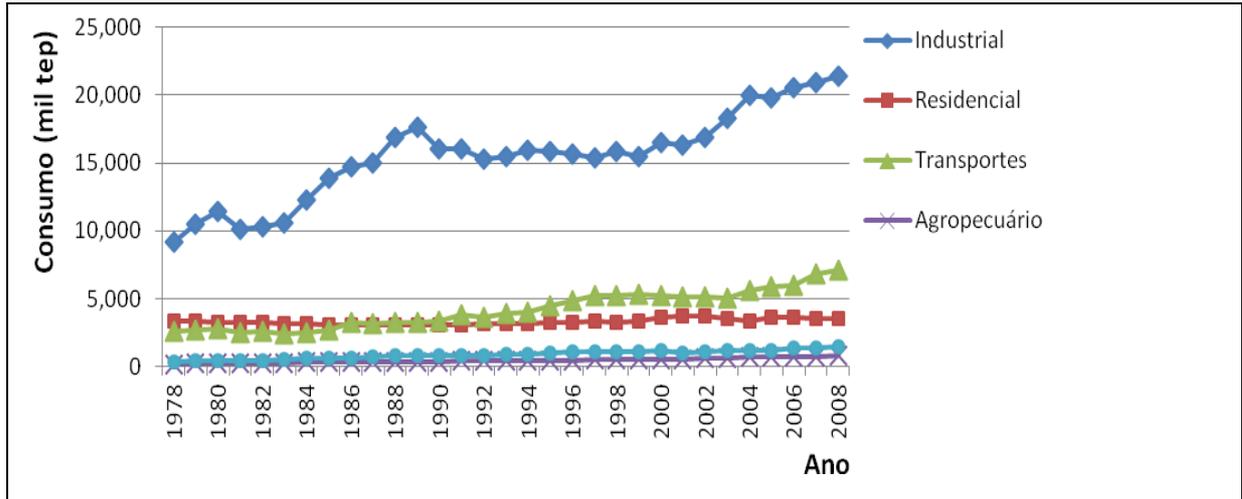


Gráfico 3-4 Demanda de energia por setor em Minas Gerais
Fonte: BEEMG 2009

O setor industrial é o setor que possui a maior demanda de energia em Minas Gerais. O setor residencial ocupa o terceiro lugar, logo atrás do setor de transportes. A Figura 3-4 mostra a porcentagem das fontes de energia e os setores da economia na demanda de energia em Minas Gerais no ano de 2008.

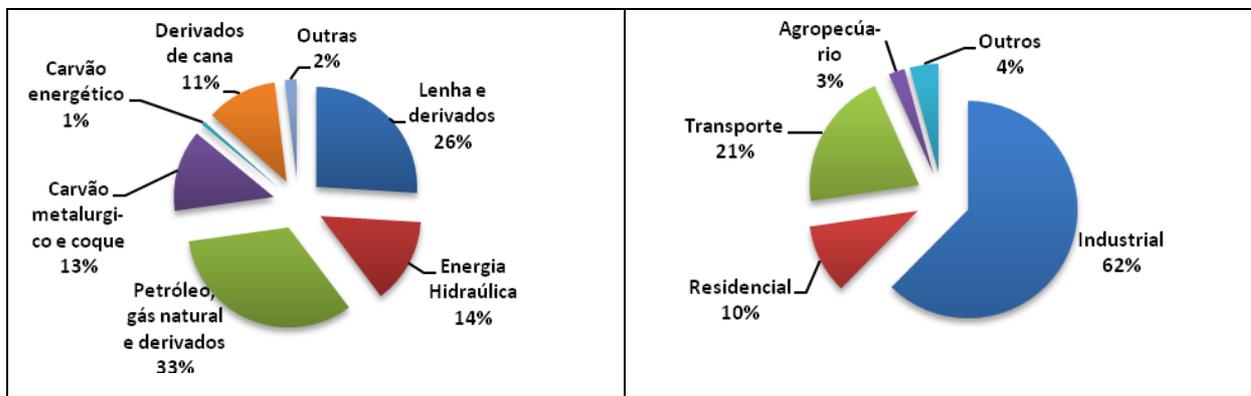


Figura 3-4 Porcentagem das fontes de energia de dos setores da economia na demanda de energia em Minas Gerais
Fonte: Elaboração própria a partir do BEEMG 2009

E a energia hidráulica foi responsável por 14% da demanda de energia no Estado de Minas Gerais em 2009. O setor residencial consumiu 10% da energia em Minas Gerais neste mesmo ano.

3.3 Consumo de energia elétrica

3.3.1 Consumo de energia elétrica no Brasil

A evolução do consumo de energia elétrica por setor no Brasil é apresentada no Gráfico 3-5.

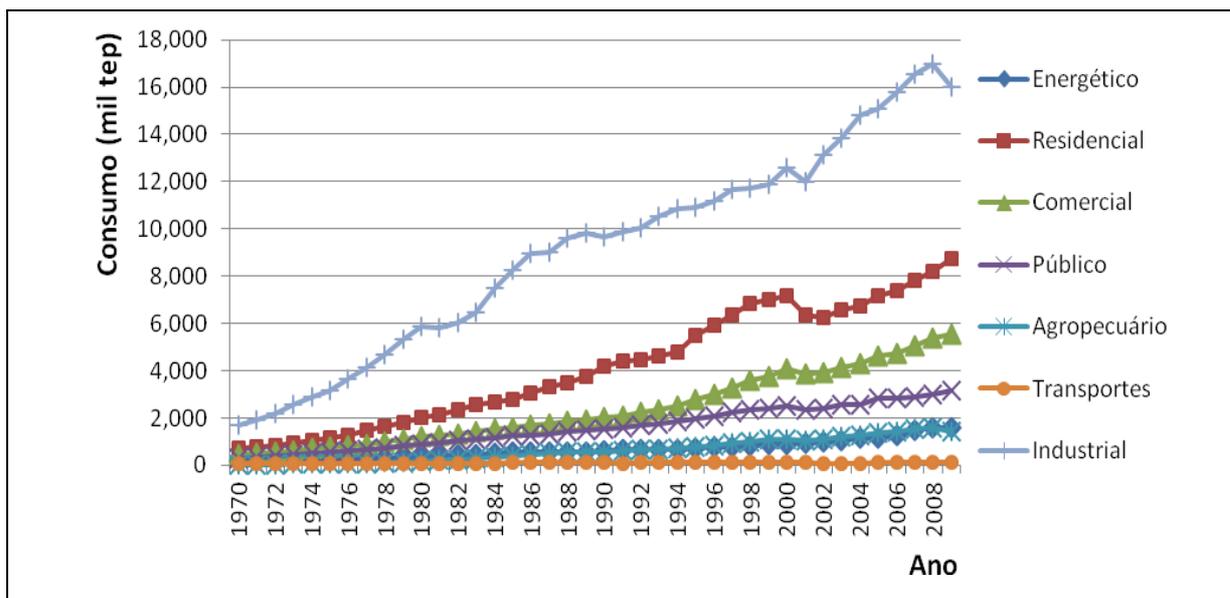


Gráfico 3-5 Evolução do consumo de energia elétrica por setor no Brasil

Fonte: Elaboração própria a partir do BEN 2009

O responsável pelo maior consumo de energia elétrica no Brasil é o setor industrial. Em 2009, ele era responsável por 44% do consumo desta energia. Este consumo teve um crescimento bem regular ao longo do tempo, com exceção da queda em 2001, devido ao racionamento, mas logo retomou o crescimento e a uma taxa maior do que a de antes de 2001. Por volta de 2008, ele apresentou uma queda.

O setor residencial é o segundo setor em consumo de eletricidade no Brasil; em 2009 ele respondia por 24% desta energia. Ele apresenta um crescimento constante, tendo queda em 2001 e retomando o crescimento, mas sem atingir o patamar que atingiria se não houvesse o racionamento.

Os outros setores, com exceção do de transportes, apresentaram um crescimento leve mas contínuo, e praticamente todos apresentaram queda em 2001.

Em 2009 o consumo de energia elétrica foi dividido entre os setores macroeconômicos da seguinte forma: energético: 4%; comercial: 15%; público: 9%; agropecuário: 4% e transportes: 0%.

O Gráfico 3-6 mostra a evolução do consumo de eletricidade por setor em Minas Gerais.

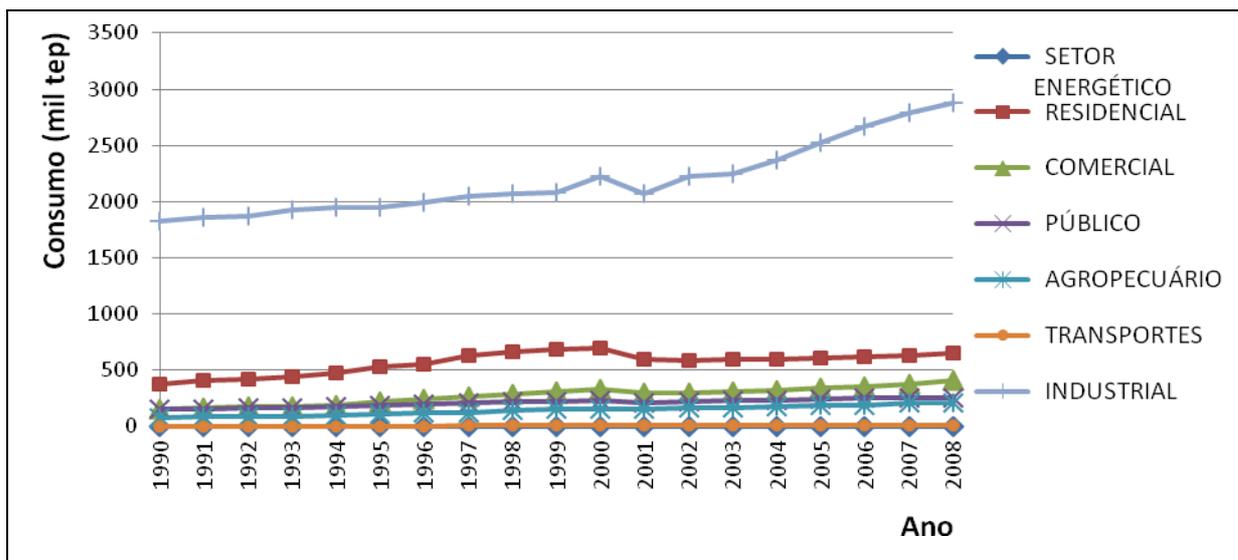


Gráfico 3-6 Evolução do consumo de energia elétrica por setor em Minas Gerais
 Fonte: Elaboração própria a partir do BEEMG 2009

O consumo de energia elétrica em Minas Gerais segue as mesmas tendências do consumo no Brasil. Em 2008, este consumo estava distribuído como: industrial: 65%; residencial: 15%; comercial: 9%; público: 6% e agropecuário: 5%.

3.4 Consumo de energia no setor residencial

3.4.1 Consumo de energia no setor residencial no Brasil

O Gráfico 3-7 mostra a evolução do consumo de energia no setor residencial por fonte no Brasil.

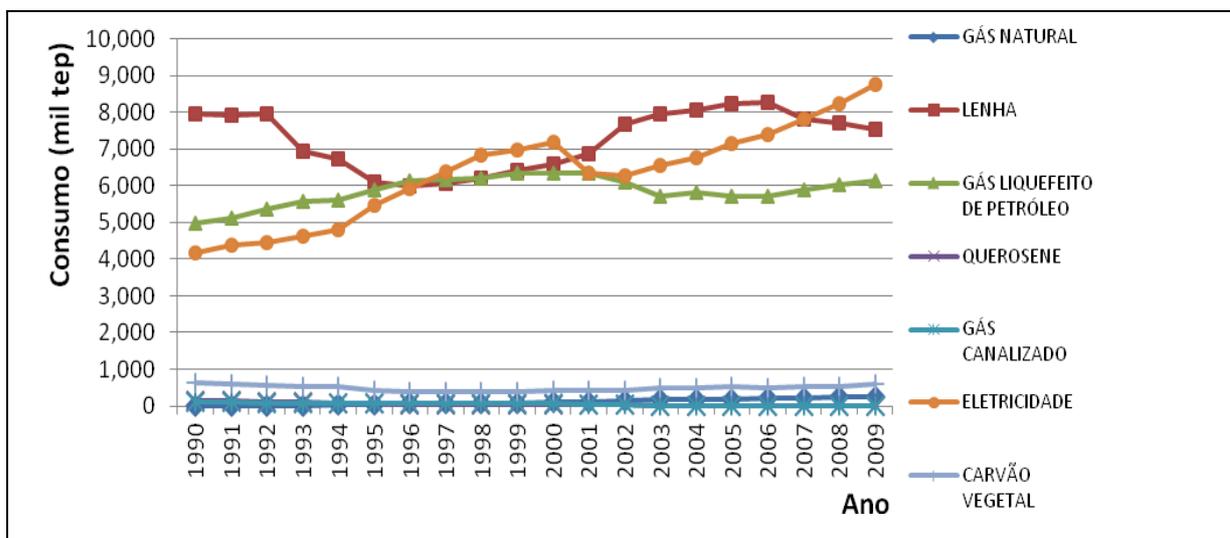


Gráfico 3-7 Evolução do consumo de energia por fonte no setor residencial brasileiro
 Fonte: Elaboração própria a partir do BEN 2010

As fontes mais usadas no setor residencial são a lenha, a eletricidade e o gás liquefeito de petróleo (GLP). A partir de 1992 a lenha teve seu consumo em queda até 1995, enquanto a eletricidade e o GLP tiveram seu consumo aumentado. O GLP e a eletricidade são fontes muito mais eficientes do que a lenha e o seu consumo tende a crescer com o acesso a novos equipamentos, o aumento da população urbana e o aumento do poder aquisitivo (Geller, 2003). São também os maiores substitutos para a lenha no setor residencial. O gás natural e o gás canalizado são pouco difundidos no Brasil. A partir de 1995, tanto a lenha quanto a eletricidade e o GLP tiveram um crescimento, sendo que o maior crescimento foi o da eletricidade, e o menor do GLP. O crescimento da lenha neste período e o crescimento menos acelerado do GLP têm sido associados ao aumento dos preços do GLP neste período (ACHÃO, 2003). Com a crise da energia elétrica em 2001 e o racionamento, houve uma queda do consumo de energia elétrica. A partir de 2001, houve um aumento do consumo de lenha e uma diminuição do consumo de GLP. Em 2006 esta tendência se inverte. Após o racionamento de energia elétrica o consumo desta forma de energia retomou o crescimento.

3.4.2 Consumo de energia no setor residencial de Minas Gerais

O Gráfico 3-8 mostra a evolução do consumo de energia por fonte no setor residencial de Minas Gerais.

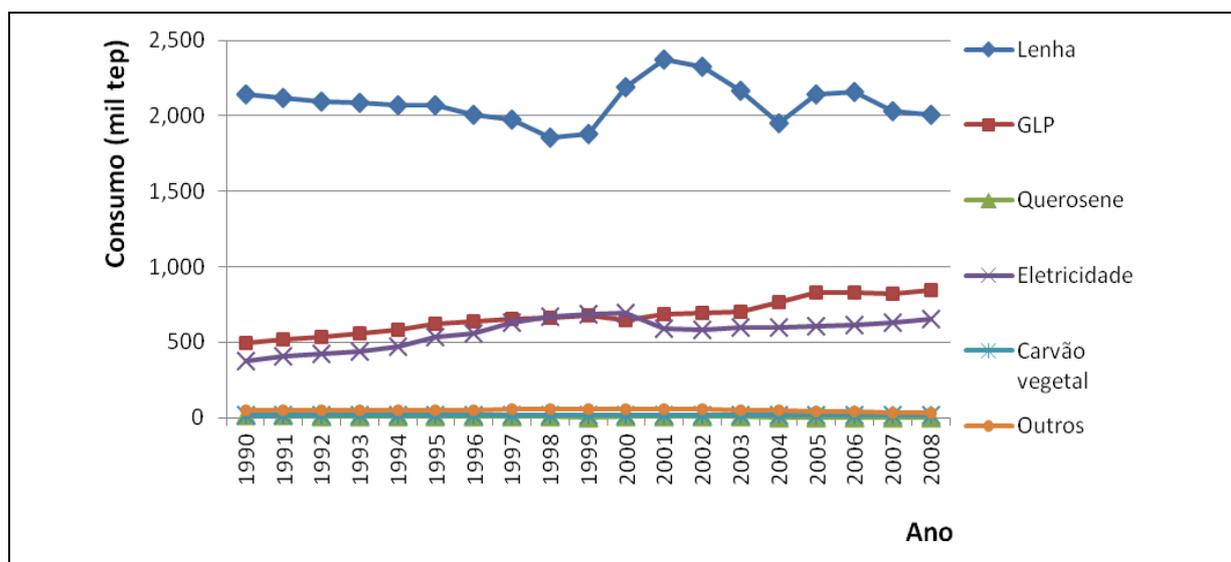


Gráfico 3-8 Evolução do consumo de energia por fonte no setor residencial de Minas Gerais
Fonte: Elaboração própria a partir do BEEMG 2008

Como no Brasil, as fontes de maior consumo no setor residencial em Minas Gerais são a lenha, o GLP e a eletricidade. Em 2008, a lenha respondia por 56% do consumo de energia no

setor residencial (no Brasil em 2009 esta proporção era de 32%). Neste mesmo ano o consumo de GLP em Minas Gerais foi 24% do consumo total de energia, enquanto para a eletricidade este valor foi 18%. Estes consumos para o Brasil em 2009 foram 26% e 38% respectivamente. O comportamento das curvas de GLP e eletricidade é bem parecido com o das curvas para o Brasil. A curva relativa ao consumo de lenha no setor residencial tem crescimento mais pronunciado a partir de 1999, passando por um pico em 2001 e decrescendo em seguida, atingindo o mínimo em 2004 e crescendo novamente.

3.5 Consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro

O Gráfico 3-9 mostra a evolução do consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro.

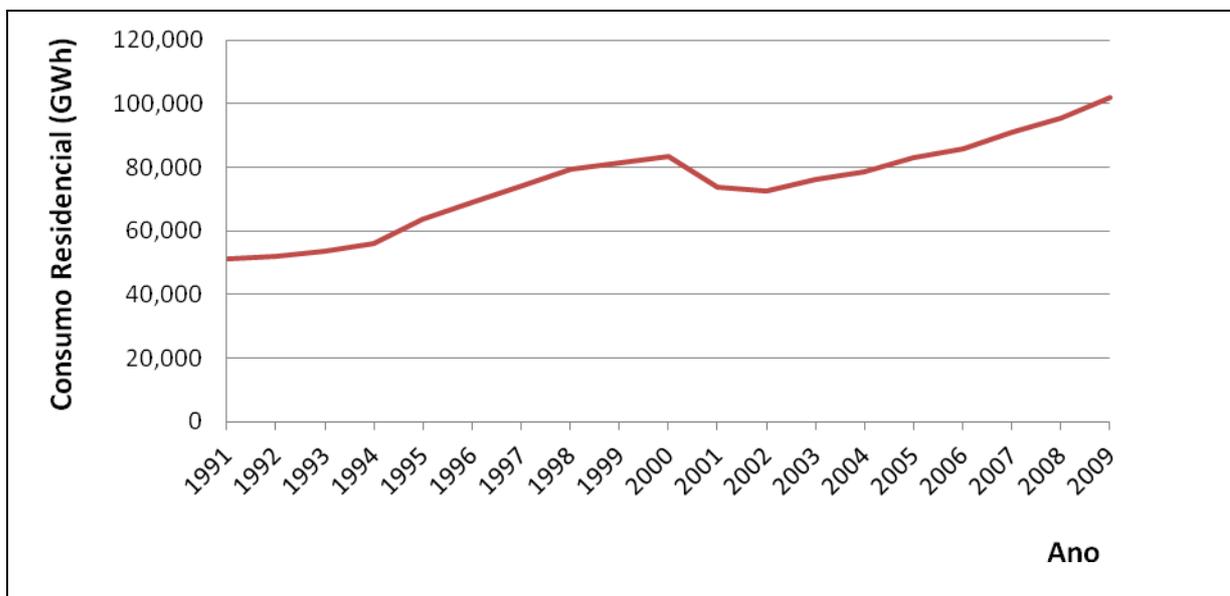


Gráfico 3-9 Evolução do consumo de energia elétrica no setor residencial do brasileiro

Fonte: Elaboração própria a partir do BEN 2010

Em 2009, o consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro foi de 101.779 GWh. Este consumo, como já discutido anteriormente, teve um crescimento constante, com exceção do período de racionamento, em 2001.

De acordo com a pesquisa publicada pelo PROCEL em 2007, tendo como ano base 2005 (MME,2007) o consumo de energia elétrica pelo setor residencial brasileiro é distribuído como mostra a Figura 3-5. 27% da energia elétrica nas residências brasileiras é utilizada para a conservação de alimentos, por geladeiras e freezers; 24% com o aquecimento de água para banho, com chuveiros elétricos; 14% com iluminação de ambientes e o restante com outros equipamentos, como TVs, aparelhos de som e ferros elétricos.

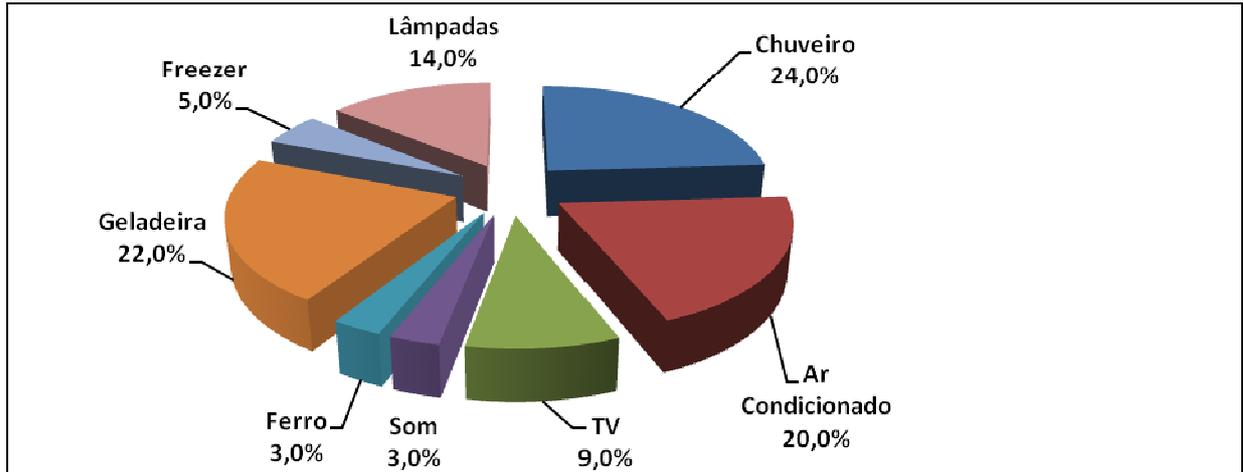


Figura 3-5 Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial no Brasil
Fonte: ELETROBRÁS/PROCEL (2007b)

3.5.1 Consumo de energia elétrica no setor residencial da Região Sudeste

O Estado de Minas Gerais está localizado na Região Sudeste juntamente com os estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo. Como será visto posteriormente, os valores do consumo de energia elétrica per capita no município de Belo Horizonte estão mais próximos do consumo per capita da Região Sudeste do que do consumo per capita do Estado de Minas Gerais. Por isso são apresentados a seguir os valores do consumo de energia elétrica dos outros estados da Região Sudeste, justificando a utilização de valores apurados em pesquisas na Região Sudeste para cálculos do consumo de energia elétrica no município de Belo Horizonte, tendo em vista não haver disponibilidade de dados específicos.

O Gráfico 3-10 mostra a evolução do consumo de energia elétrica no setor residencial nos estados da Região Sudeste.

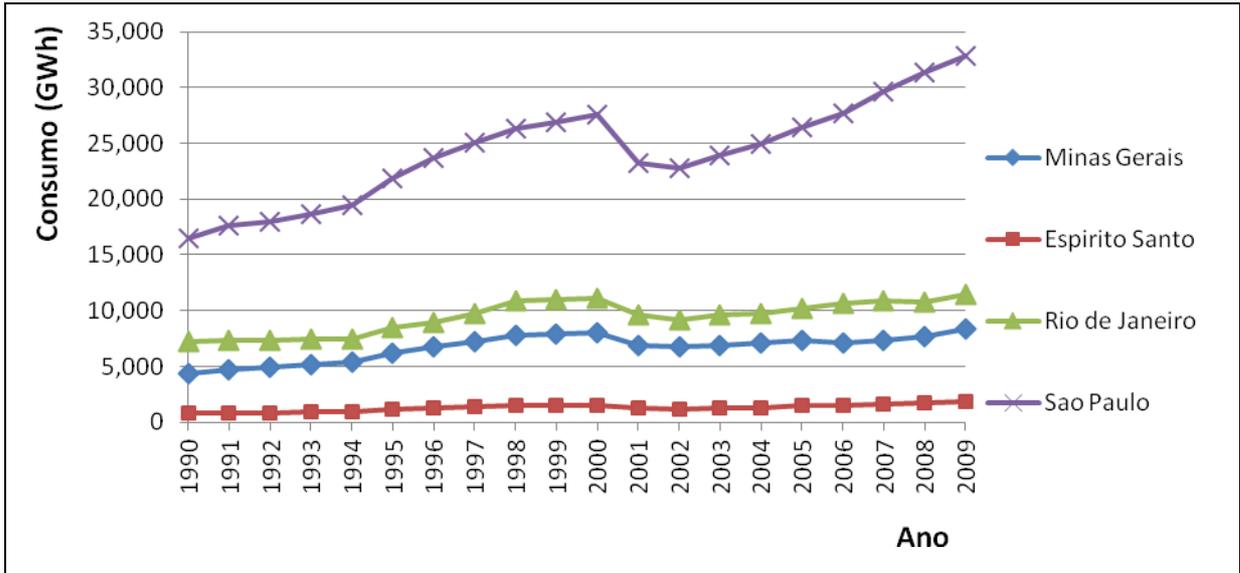


Gráfico 3-10 Evolução do consumo de energia elétrica no setor residencial na Região Sudeste
Fonte: Elaboração própria a partir do BEN 2010

O Estado de São Paulo é responsável pelo maior consumo de energia elétrica no setor residencial na Região Sudeste. Minas Gerais fica na terceira posição. Todas as curvas possuem um comportamento semelhante, variando na quantidade de energia elétrica consumida. Tal comportamento já foi discutido.

Em 2009, o consumo dos estados constantes no gráfico foi: São Paulo: 32.873 GWh; Rio de Janeiro: 11.445 GWh; Minas Gerais: 8.374 GWh e Espírito Santo: 1.811 GWh.

A Figura 3-6 mostra a participação dos eletrodomésticos no consumo residencial de eletricidade na Região Sudeste.

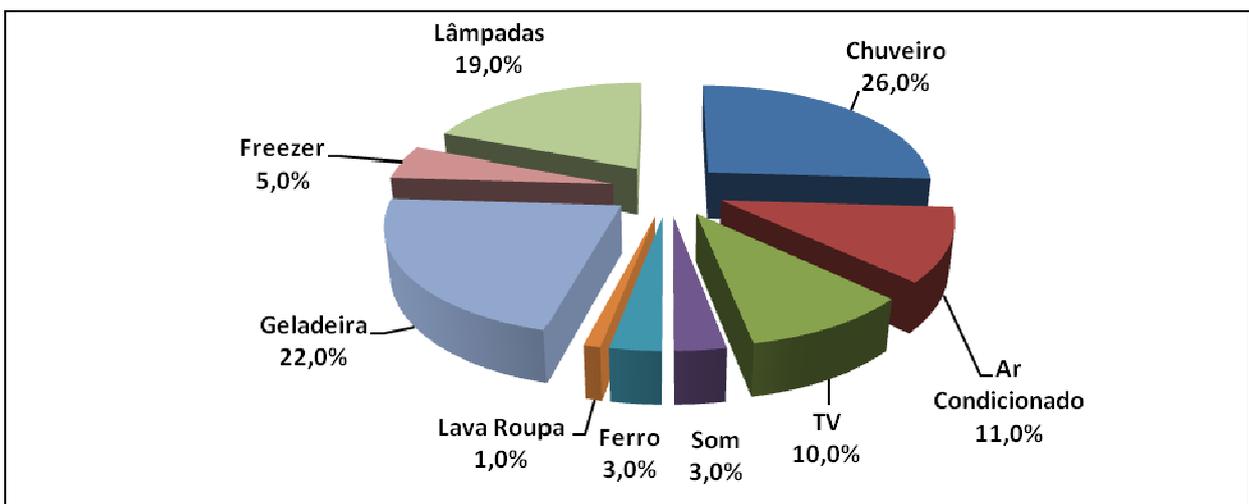


Figura 3-6 Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial da Região Sudeste
Fonte: ELETROBRÁS/PROCEL 2007a

O equipamento responsável pela maior porcentagem do consumo de energia elétrica no Brasil

é o chuveiro elétrico, seguido pela geladeira e pelo ar condicionado. Juntos, eles são responsáveis pelo consumo de 66% da energia elétrica no setor residencial.

A Figura 3-7 mostra curva de carga diária média na Região Sudeste. A curva de carga mostra a utilização dos eletrodomésticos ao longo do dia.

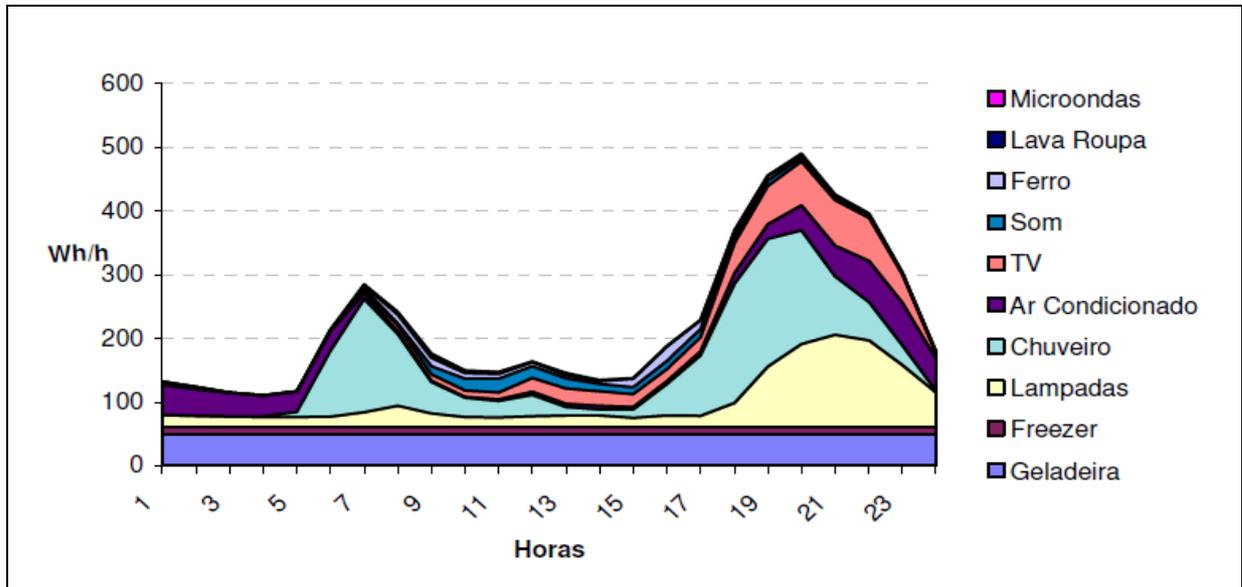


Figura 3-7 Curva de carga diária média na Região Sudeste

Fonte: ELETROBRÁS/PROCEL 2007a

O equipamento que causa mais impacto na curva de carga da Região Sudeste é o chuveiro elétrico, seguido pelas lâmpadas e pela TV. O horário de maior carga é entre as 18:00 horas e as 22:00 horas. É o horário em que as pessoas tomam banho, ligam a iluminação, cozinham e assistem TV. Existe um aumento da demanda por energia elétrica também pela manhã, entre 06:00 horas e 09:00 horas, causado principalmente pela utilização do chuveiro elétrico. Embora menor, ela também é importante.

A geladeira e o freezer são utilizados durante todo o dia. Existe também uma considerável quantidade de lâmpadas que são utilizadas durante todo o dia. Projetos arquitetônicos de iluminação natural mais adequada e/ou lâmpadas mais eficientes diminuiriam este consumo.

O ar condicionado possui maior utilização durante toda a noite. A TV embora tenha sua utilização perceptível durante todo o dia, possui um período de maior utilização entre 19:00 horas e 23:00 horas. Os aparelhos de som são utilizados de manhã até o final da tarde e o ferro de passar roupa no início da manhã e no final da tarde. A lavadora de roupa é utilizada principalmente no início da manhã e à noite.

A análise da curva de carga é importante porque todo o sistema interligado de energia elétrica nacional deve ser planejado para que ela seja atendida, sob o risco de ocorrerem “apagões” se

isto não acontecer. O PROCEL tem estudado medidas que minimizem esta curva na hora de pico, como por exemplo, a cobrança de uma tarifa de energia elétrica diferenciada de acordo com a hora do dia (ELETROBRÁS/PROCEL 2007a).

3.5.2 Consumo residencial de energia elétrica em Minas Gerais

O consumo de energia elétrica no setor residencial de Minas Gerais no ano de 2004, de acordo com os usos finais, é apresentado na Figura 3-8.

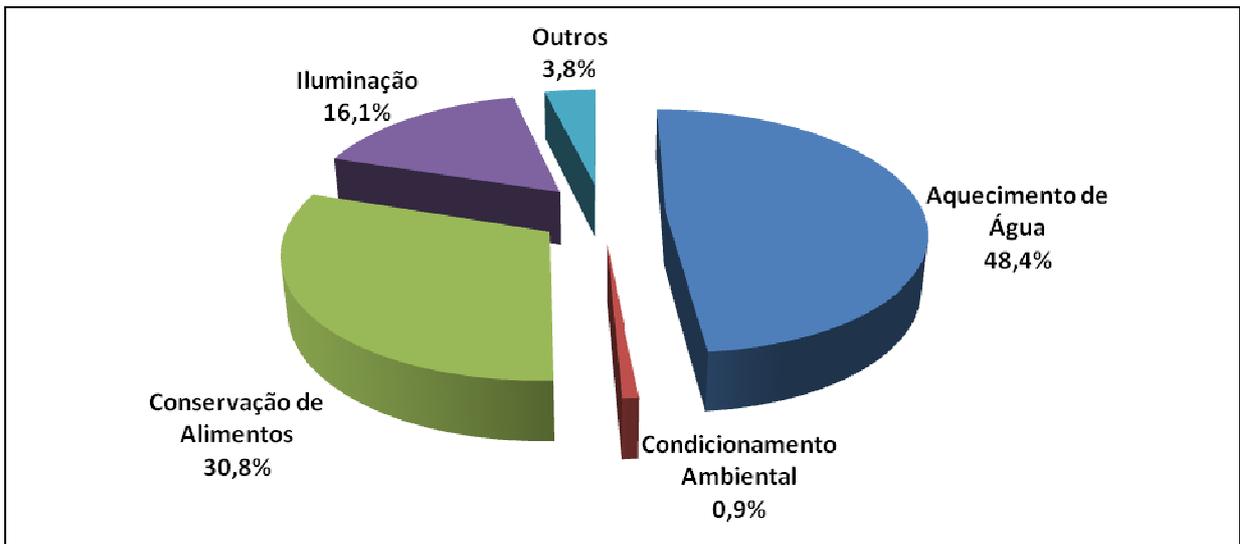


Figura 3-8 Porcentagem dos usos finais no consumo de energia elétrica no setor residencial de Minas Gerais em 2004

Fonte: PPE/COPPE/UFRJ 2007

O uso final que mais consome energia elétrica em Minas Gerais é o aquecimento de água, com 48,4%. O uso final de menor consumo é o condicionamento ambiental, com 0,9%. Estes usos finais são também os que mais diferem dos consumos finais no Brasil e no Sudeste, mostrados nas Figura 3-5 e 3-6

3.5.3 Consumo residencial de energia elétrica no município de Belo Horizonte

O consumo de energia elétrica no setor residencial de Belo Horizonte é apresentado no Gráfico 3-11.

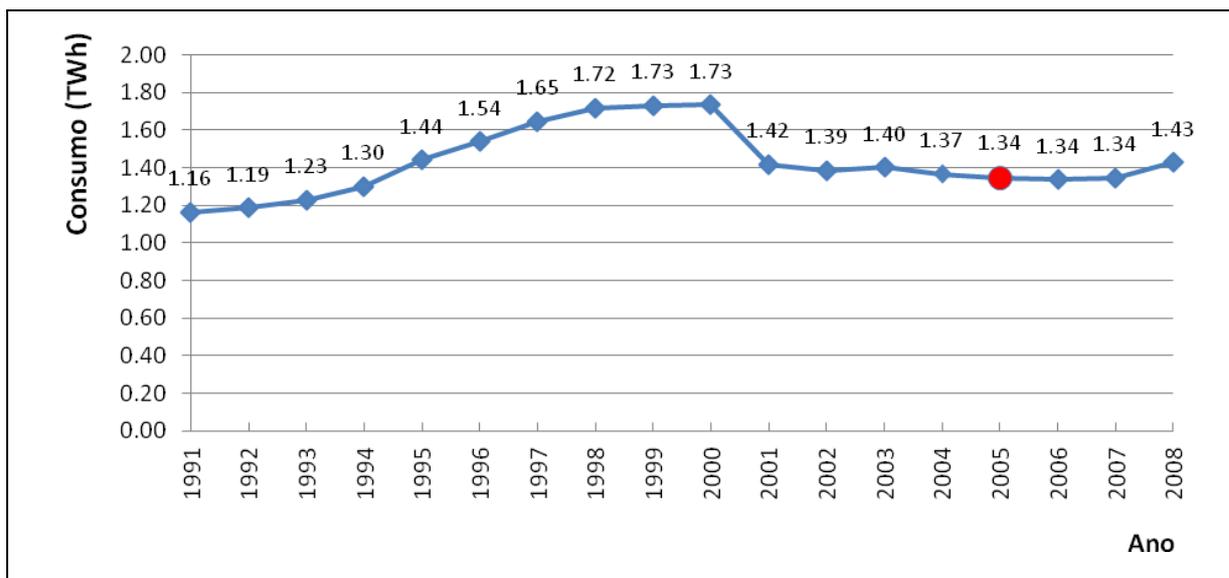


Gráfico 3-11 Consumo anual de energia elétrica no setor residencial no município de Belo Horizonte
 Fonte: CEMIG

Podemos observar que houve crescimento do consumo de energia elétrica no setor residencial de Belo Horizonte até o ano 2000. No ano de 2001 houve uma queda devido ao racionamento de energia. A partir daí o consumo volta a subir, porém sem atingir, até o ano de 2008, o mesmo valor de 2000. Em 2005, o ano base adotado, o consumo foi de 1.340 GWh. O consumo de energia elétrica após 2001 teve um crescimento, em Belo Horizonte, menos acentuado do que o crescimento do consumo de energia elétrica do Brasil, da Região Sudeste e de Minas Gerais.

3.6 Relações socioeconômicas

3.6.1 População

3.6.1.1 Crescimento histórico da população

O planejamento energético está intimamente ligado a análise do crescimento populacional. O desenvolvimento econômico de um país ou região no qual esta população está inserida deve ser acompanhado da oferta da energia necessária para que o desenvolvimento ocorra.

O Gráfico 3-12 mostra a evolução da população no Brasil e no Sudeste. O total da população é avaliado pelo IBGE nos censos. Os censos são feitos a cada 10 anos, normalmente nos anos terminados em zero. Com exceção da década de 1990, onde o censo foi feito em 1991. Entre os censos o IBGE faz uma interpolação dos dados. Em 1996 e 2007, o IBGE fez contagens da população; em 2007, apenas cidades com até 160.000 habitantes foram investigadas quanto a sua população. Nesta última pesquisa, a população de Belo Horizonte foi apenas estimada.

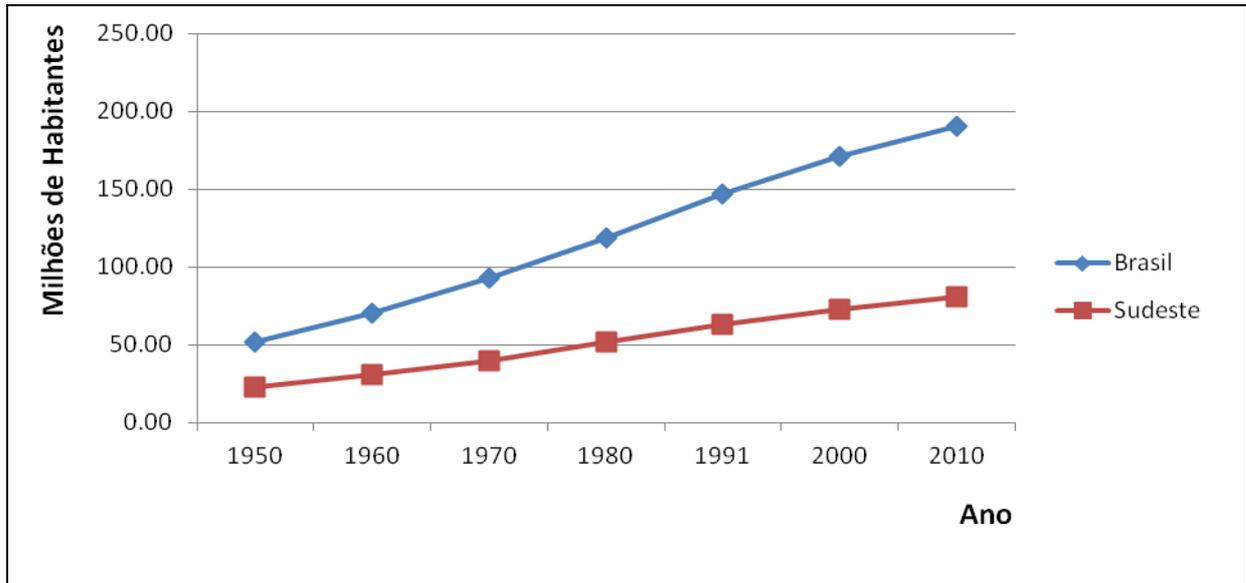


Gráfico 3-12 Evolução da população brasileira e da Região Sudeste
Fonte: IBGE 2011

O Brasil teve um crescimento da população com uma inclinação regular até meados da década de 1990; a partir daí este crescimento foi desacelerado. A partir de meados dos anos de 1980, o crescimento da população da Região Sudeste vem sendo menos acentuado.

O Gráfico 3-13 mostra a evolução da população de Minas Gerais e de Belo Horizonte.

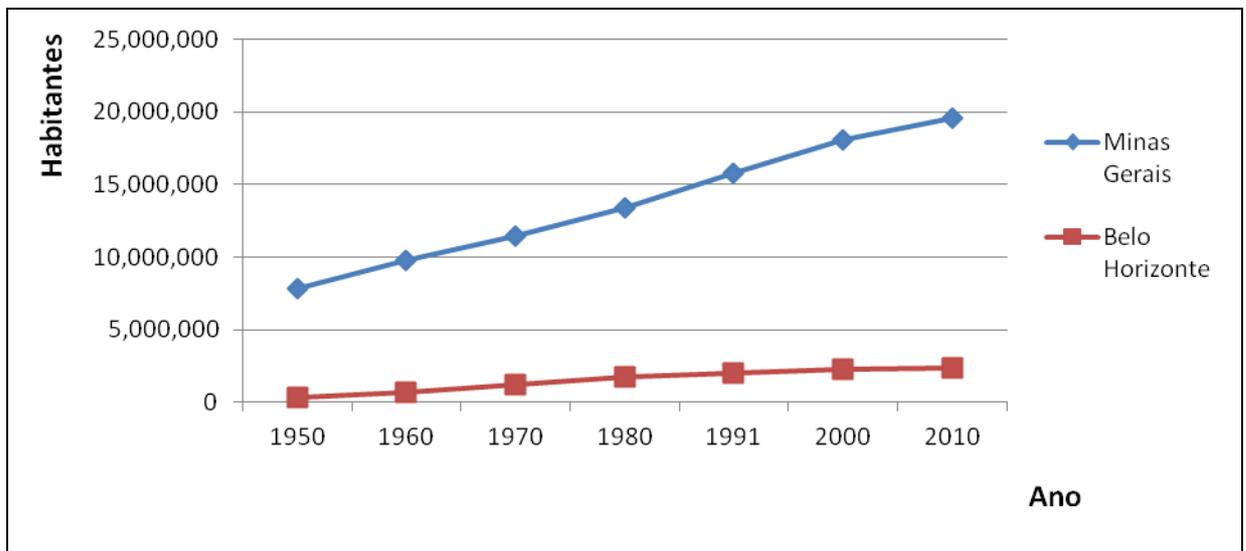


Gráfico 3-13 Evolução da população de Minas Gerais e do município de Belo Horizonte
Fonte: IBGE 2011

A curva de evolução da população de Minas Gerais é bem parecida em inclinação com a curva brasileira até 2000. A partir daí, ela tem o crescimento menos acentuado. Já a curva de evolução da população de Belo Horizonte desde meados dos anos de 1980 apresenta um

crescimento bem menos acelerado, refletindo um comportamento das cidades de grande porte de estabilização da sua população.

3.6.1.2 Projeções de crescimento da população de Belo Horizonte

Foram comparadas três projeções para a população de Belo Horizonte. A realizada pela Fundação João Pinheiro (FJP, 2010), a do CEDEPLAR (PEREIRA, 2010) e a de Fioravante (FIORAVANTE, 2009). O Gráfico 3-14 mostra as séries dos valores históricos da população de Belo Horizonte para as três projeções. Consta também deste gráfico e do seguinte o Ano Base¹ usado neste estudo.

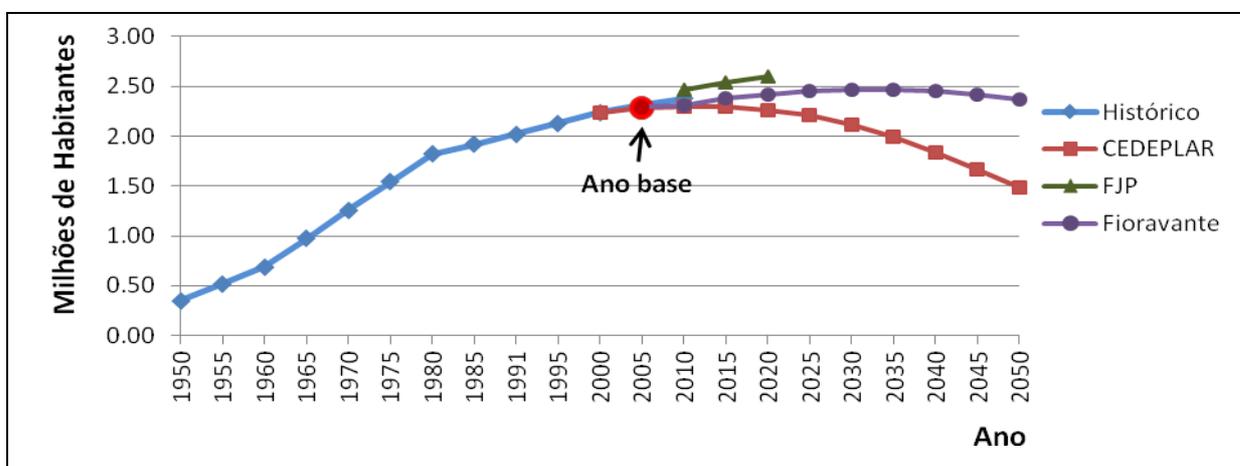


Gráfico 3-14 Valores históricos da população de Belo Horizonte e projeções do CEDEPLAR e da FJP
Fonte: IBGE 2011, FJP 2010 e Pereira 2010

As projeções são divergentes. A projeção da FJP prevê um aumento da população menos acentuado do que nos anos anteriores. A projeção do CEDEPLAR diz que a população de Belo Horizonte cresce até 2010 e começa a diminuir e a projeção de Fioravante considera que a população cresce até 2030, com uma taxa menor do que a da FJP, passa por uma estabilização e cai a partir de 2035. Os valores da população de Belo Horizonte apurados no censo 2010 estão situados entre os valores das projeções e indicam um crescimento muito menos acentuado do que o previsto pela projeção da FJP e menor do que a prevista por Fioravante. Portanto, dotou-se neste trabalho, a projeção do CEDEPLAR.

O Gráfico 3-15 mostra os valores desta projeção no período de tempo adotado no trabalho.

¹ O Ano Base é o ano a partir do qual são calculadas as projeções.

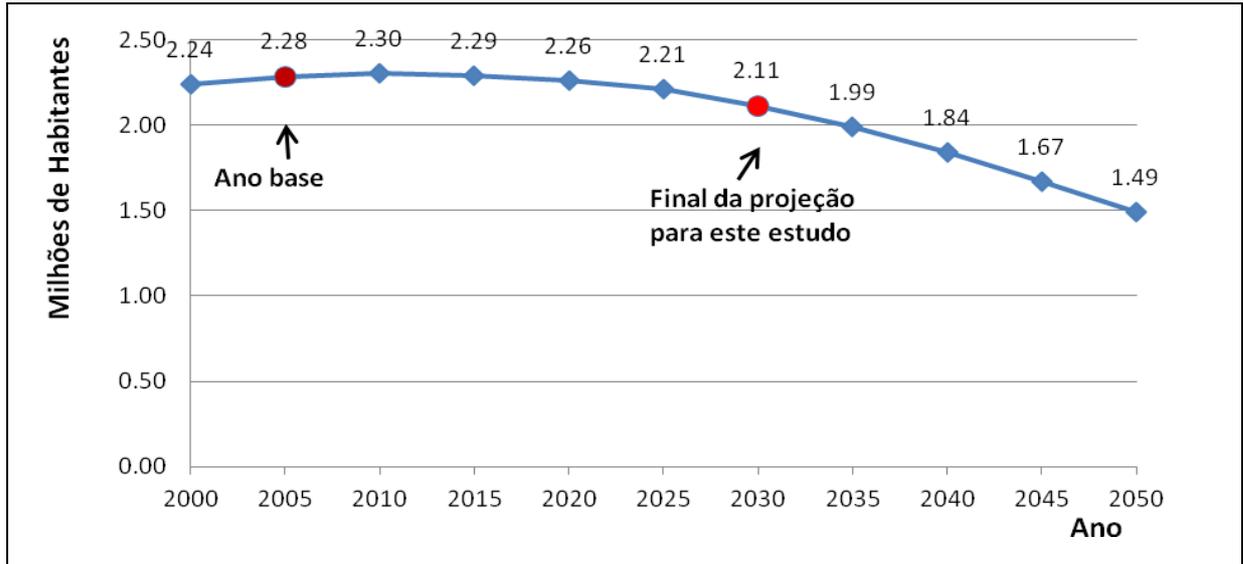


Gráfico 3-15 Projeção para a população de Belo Horizonte de acordo com o CEDEPLAR
 Fonte: PEREIRA 2010

3.6.2 Domicílios e pessoas por domicílio

Em estudos de consumo de energia no setor residencial, o número de domicílios na região estudada, assim como o número de pessoas por domicílio, é de extrema importância. O consumo de alguns equipamentos, como o chuveiro elétrico e o forno dependem do número de pessoas que habitam o domicílio. A Figura 3-9 mostra a evolução do número de domicílios no Brasil e na Região Sudeste nos anos de 1991, 1996, 2000 e 2010.

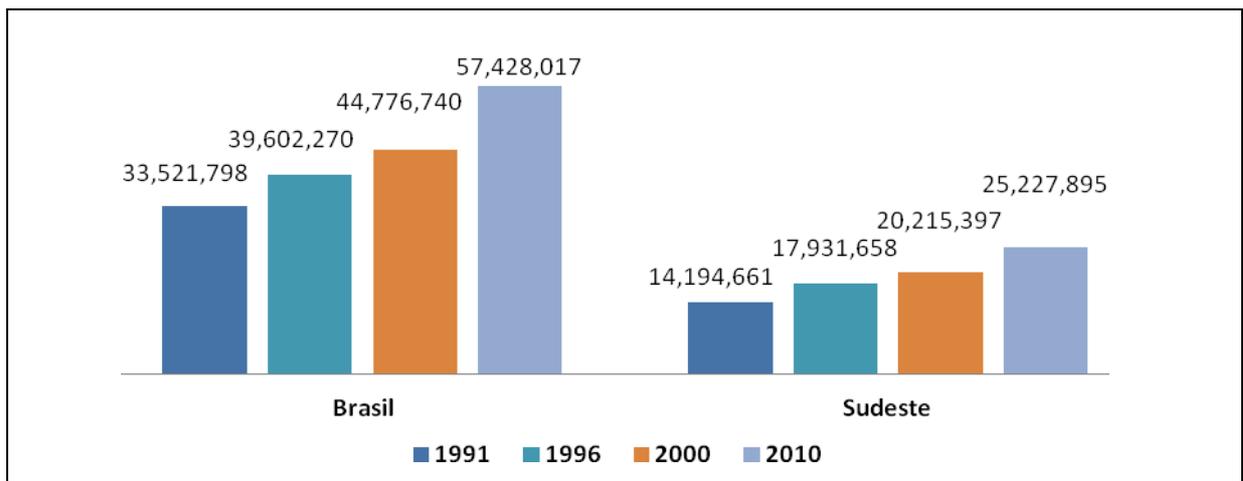


Figura 3-9 Evolução do número de domicílios no Brasil nos anos de 1991, 1996, 2000 e 2010
 Fonte: Elaboração própria a partir de dados IBGE 2011

O número de domicílios tem aumentado em todas as instâncias (federal, regional, estadual e municipal). O crescimento do número de domicílios entre 2000 e 2010 no Brasil, foi proporcionalmente maior do que este crescimento na Região Sudeste.

A Figura 3-10 mostra a evolução do número de domicílios em Minas Gerais e no município de Belo Horizonte nos anos de 1991, 1996, 2000 e 2010.

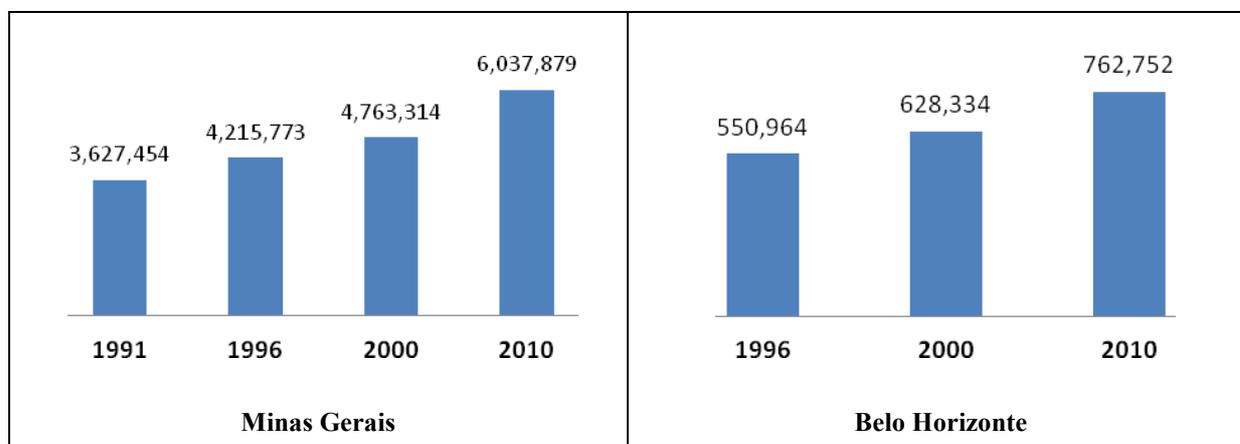


Figura 3-10 Evolução do número de domicílios em Belo Horizonte e Minas Gerais nos anos de 1991, 1996, 2000 e 2010.

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE 2011. Para Belo Horizonte os dados de 1991 não estavam disponíveis.

O número de domicílios aumentou tanto em Minas Gerais (43% em 2010 em relação a 1996) quanto em Belo Horizonte (38% em 2010 em relação a 1996).

O Quadro 3-2 mostra a população do Brasil, Região Sudeste, Minas Gerais e Belo Horizonte nos anos de 1991, 1996, 2000 e 2010.

Quadro 3-2 População do Brasil, Região Sudeste, Minas Gerais e Belo Horizonte nos anos de 1991, 1996, 2000 e 2010 (Habitantes).

	1991	1996	2000	2010
Brasil	146.825.475	156.032.944	168.450.492	190.755.799
Sudeste	62.740.401	66.526.453	71.870.878	80.364.410
Minas Gerais	15.743.152	16.567.989	17.775.471	19.597.330
Belo Horizonte	2.020.161	2.077.136	2.226.076	2.375.151

Fonte: IBGE 2011

O número médio de pessoas por domicílio no Brasil, Região Sudeste, Minas Gerais e Belo Horizonte nos anos de 1991, 1996, 2000 e 2010 é mostrado na Figura 3-11.

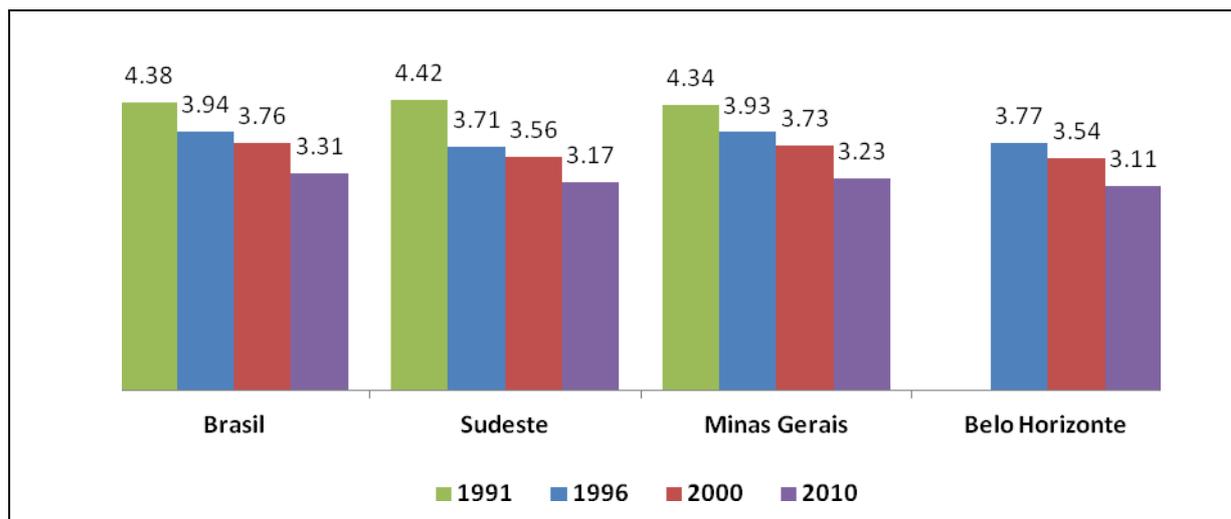


Figura 3-11 Evolução do número médio de pessoas por domicílio no Brasil, Sudeste, Minas Gerais e Belo Horizonte nos anos de 1991, 1996, 2000 e 2010

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE 2011

O número médio de pessoas por domicílio tem caído em todas as partições geográficas. Estudos mostram que existe uma tendência cada vez mais acentuada de queda no número de pessoas por domicílio (Fioravante, 2009) e um aumento do número de domicílios a uma taxa maior do que a do aumento no número de habitantes.

Como o Ano Base adotado no trabalho foi 2005, o número de habitantes da região, domicílios e pessoas por domicílio utilizados foram a interpolação entre os censos dos anos de 2000 e 2010.

O Quadro 3-3 mostra o consumo mensal de energia elétrica no setor residencial por domicílio e por habitante.

Quadro 3-3 Consumo de energia elétrica do setor residencial do Brasil, Região Sudeste, Minas Gerais e Belo Horizonte por domicílio e habitantes em 2005

	Consumo (kWh/domicílio/mês)	Consumo (kWh/habitante/mês)
Brasil	135,7	37,6
Sudeste	166,8	48,3
Minas Gerais	113,3	31,8
Belo Horizonte	160,6	48,4

Fonte: IBGE 2011 e BEN 2010

O maior consumo mensal de energia elétrica do setor residencial por domicílio e por habitante é o da Região Sudeste. Ele é seguido por Belo Horizonte e pelo Brasil. O menor consumo é o de Minas Gerais. Os valores para Belo Horizonte estão bem próximos dos valores para a

Região Sudeste, mostrando que o consumo em Belo Horizonte apresenta maiores semelhanças com o consumo no Sudeste do que com o consumo em Minas Gerais.

3.6.3 Produto Interno Bruto (PIB)

O Produto Interno Bruto (PIB) é associado ao crescimento econômico de um país ou região; representa a soma de todos os bens e serviços finais produzidos numa determinada região, durante um período determinado, geralmente um ano. Embora esteja ligado aos setores produtivos da economia, o que não é o caso do setor residencial, pode-se, por meio da sua análise avaliar a riqueza de uma região. Quanto mais rica é uma região, maior o seu consumo de energia, pois existe mais acesso a equipamentos consumidores de energia. A variável mais utilizada para comparações é o PIB per capita da região, pois fornece informações que permitem comparações entre regiões de diferentes dimensões.

O PIB e o PIB per capita utilizados no trabalho referem-se à série retropolada pelo IBGE, juntamente com os órgãos de pesquisa estaduais, no caso de Minas Gerais a Fundação João Pinheiro (FJP). Ao longo dos anos, o PIB vem sendo avaliado por diferentes metodologias (algumas vezes até com moedas diferentes). Em 2007, o Sistema de Contas Regionais do Brasil (SCR) lançou uma nova série acompanhando a revisão metodológica do Sistema de Contas Nacionais do Brasil. O ano de referência escolhido para esta nova série foi o ano de 2002. A série anterior, abrangendo o período de 1985 a 2004, não podia ser comparada com a nova série devido a diferenças metodológicas. Fez-se então a retropolação, que consiste em calcular os agregados de interesse para os anos anteriores ao ano de referência (2002). Estes cálculos são feitos de maneira a garantir a homogeneidade entre a nova série e a série anterior. O IBGE e a Fundação João Pinheiro publicaram os novos valores do PIB anteriores a 2002 retropolados até 1995. O limite da retropolação foi 1995 (a série anterior começou em 1985) devido à homogeneidade da moeda brasileira neste período (FJP,2011 e FJP,2009).

O Gráfico 3-16 mostra a evolução do PIB per capita do Brasil, da Região Sudeste, de Minas Gerais e de Belo Horizonte.

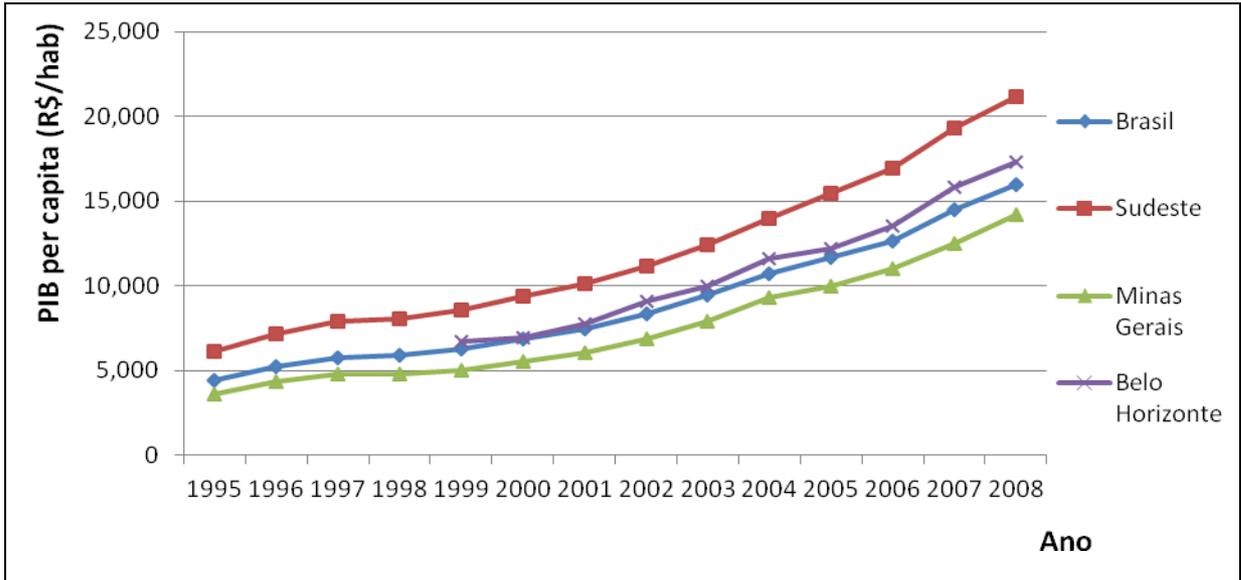


Gráfico 3-16 PIB per capita do Brasil, Sudeste, Minas Gerais e Belo Horizonte

Fonte: Elaboração própria a partir de Fundação João Pinheiro, 2011

O comportamento temporal das séries é semelhante. A grosso modo, até o ano de 1998 o PIB per capita do Brasil, do Sudeste e de Minas Gerais diminuem. A partir de 1999, todas as séries têm, então, um aumento até o ano de 2004, voltando a crescer até 2007, quando têm uma nova queda. O consumo de energia elétrica no setor residencial per capita é mostrado no Gráfico 3-17.

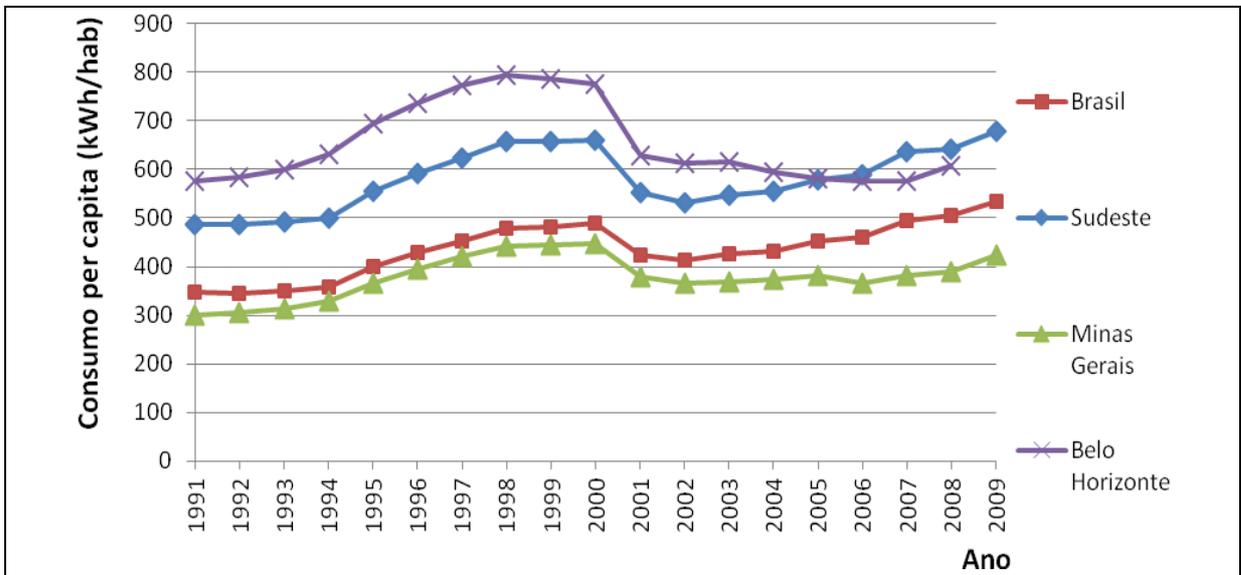


Gráfico 3-17 Consumo de energia elétrica no setor residencial per capita no Brasil, Sudeste, Minas Gerais e Belo Horizonte

Fonte: Elaboração própria a partir do BEN 2009 e IBGE

As séries do Brasil, da Região Sudeste e de Minas Gerais possuem um comportamento semelhante, crescem acentuadamente até 2000. E, em 2001, época do racionamento, sofrem

uma queda abrupta. Após esta queda, voltam a crescer, embora não à mesma taxa. O Brasil e a Região Sudeste logo retomam o crescimento do consumo de energia elétrica, com uma inclinação bem parecida. Minas Gerais possui um aumento no consumo mais lento, quase nulo até 2005, onde tem uma pequena queda, voltando a crescer mais aceleradamente. Em Belo Horizonte, o consumo de energia elétrica no setor residencial per capita começa a ter um declínio pouco acentuado de 1989 a 2001, onde ocorre uma queda abrupta, como nas outras séries. E mantém um consumo praticamente constante até 2003, quando este volta a cair, só retomando o crescimento do consumo em 2007.

4 Materiais e métodos

4.1 Dados

No trabalho foram utilizadas basicamente as três pesquisas nacionais listadas abaixo para que o ano base fosse estabelecido e o método fosse consolidado.

a) Censos

Os censos trabalham com o universo da população e são feitos, no Brasil, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a cada 10 anos, como já mencionado. A pesquisa fornece uma desagregação para alguns municípios, inclusive para o município de Belo Horizonte, tornando importante a sua utilização para a comparação e ajuste de dados. Infelizmente, como a pesquisa é realizada com o universo da população, a quantidade de itens pesquisados não é muito grande e são poucas as informações de interesse para o trabalho.

b) Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD)

A pesquisa nacional por amostra de domicílios é realizada anualmente pelo IBGE, exceto nos anos em que ocorre o censo. Para que ela seja realizada, o número de domicílios da região é estimado e uma amostra de 1 em cada 1.000 domicílios é pesquisada. É uma pesquisa que possui muitos dados de interesse, tais como a posse de alguns equipamentos e a existência de eletricidade na residência. Ela também diferencia a situação do domicílio entre rural e urbana. Desafortunadamente, no banco de dados só existe a desagregação para a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) (IBGE,2005).

c) Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso do PROCEL

A Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso do PROCEL utilizada foi a realizada tendo como ano base o ano 2005 e publicada em 2007, realizada pela ELETROBRÁS em consórcio com a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e a Ecoluz (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007a). Existem duas pesquisas anteriores: uma realizada em 1988 e outra em 1997. Embora seja uma pesquisa bem completa e com dados e resultados muito importantes, é uma pesquisa feita por amostragem, com um número bem reduzido de dados. A pesquisa publicada em 2007 foi realizada em 9.847 domicílios no Brasil. É possível uma desagregação apenas por região geográfica, sendo que para a Região Sudeste do Brasil,

2.100 domicílios foram pesquisados. Não obstante estas limitações, esta é uma pesquisa de grande relevância e a análise dos seus dados pode fornecer interessantes indicações da posse e uso de equipamentos nos domicílios brasileiros.

d) Outras

Foram utilizadas outras fontes de dados, como os Balanços Energéticos Nacional (MME, 2010) e Estadual (CEMIG, 2009) e comunicação pessoal com empresas, como empresas especializadas em aquecimento solar.

4.2 Abordagem do setor residencial utilizada no trabalho

4.2.1 Estrutura do consumo de energia elétrica no setor residencial

Tendo como referência a bibliografia adotada e a pesquisa do PROCEL 2005, foi considerado que o consumo de energia elétrica no setor residencial possui os seguintes usos finais e equipamentos:

- 1 - Aquecimento de Água: chuveiros elétricos, a GLP e a energia solar.
- 2 – Condicionamento Ambiental: ar condicionado, aquecedores e ventiladores.
- 3 - Conservação de Alimentos: geladeira e freezer.
- 4 - Iluminação: lâmpadas incandescentes, fluorescentes e outras (LED, halógenas, etc).
- 5 - Lazer: TV, aparelhos de som, microcomputador e outros (aparelhos de DVD, videogame, impressoras, aparelho de TV por assinatura, etc.).
- 6 - Serviços Gerais: ferro elétrico, máquina de lavar roupa, microondas e outros (liquidificador, batedeira, apirador de pó, etc.).

Para o aquecimento de água, foi considerado, nas análises e projeções, além do chuveiro elétrico outras formas de aquecimento de água para banho que utilizam a energia elétrica como *back-up*, como, aquecimento a gás e energia solar, já que a Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030 (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007) mostra a utilização destes combustíveis para o aquecimento de água no ano de 2004.

4.2.2 A estratificação por classes de renda

Os dados utilizados possuem a estratificação por classes de renda como mostrado no Quadro 4-1. O quadro também mostra a estratificação adotada no trabalho, optou-se por esta última divisão por ser a que melhor acomodou todas as pesquisas.

A análise dos dados, os resultados e a análise dos resultados são apresentados por classe de

renda. Espera-se assim observar semelhanças e diferenças no uso da energia elétrica para cada classe de renda.

No trabalho, todos os estudos foram feitos com as amostras onde era possível distinguir as classes de renda. As amostras onde não havia declaração de renda ou onde o entrevistado não sabia ou não respondeu a pergunta relacionada à renda mensal familiar não foram contabilizadas.

O IBGE conta como sem rendimento as famílias que recebem apenas benefícios governamentais. Quando existem amostras com esta distinção, elas não foram consideradas.

Quadro 4-1 – Estratificação dos dados das pesquisas e estratificação adotada no presente trabalho por classes de renda (salário mínimo)

Censo 2000	PROCEL 2007	PNAD 2001-2009	Adotada	Nº
Até ¼	Menos de 1	Até 1	Menos de 1	1
Mais de ¼ a ½				
Mais de ½ a 3/4				
Mais de ¾ a 1				
Mais de 1 e ¼ a 1 e 1/2	De 1 a 2	Mais de 1 a 2	De 1 a 2	2
Mais de 1 e ½ a 2				
Mais de 2 a 3	De 2 a 3	Mais de 2 a 3	De 2 a 3	3
Mais de 3 a 5	De 3 a 4	Mais de 3 a 5	De 3 a 5	4
	De 4 a 5			
Mais de 5 a 10	De 5 a 7	Mais de 5 a 10	De 5 a 10	5
	De 7 a 10			
Mais de 10 a 15	De 10 a 15	Mais de 10 a 20	De 10 a 20	6
Mais de 15 a 20	De 15 a 20			
Mais de 20 a 30	De 20 a 30	Mais de 20	Mais de 20	7
Mais de 30	De 30 a 40			
	Mais de 40			
Sem rendimento	–	Sem rendimento	Sem rendimento	-
–	Não sabe (ns)/ Não Respondeu (nr)	Sem declaração	Não sabe (ns)/ Não Respondeu (nr)	-

Fonte: Elaboração própria a partir do ELETROBRÁS/PROCEL 2007b e IBGE 2005

4.3 Cálculo do consumo de energia no setor residencial

O modelo para análise e projeção do consumo de energia elétrica no setor residencial utilizado é um modelo “*bottom-up*”, isto é, um modelo desagregado que faz a modelagem partindo da demanda até o recurso energético. Ele considera que a estrutura e o nível da demanda no setor residencial dependem de:

- fatores socioeconômicos – densidade demográfica, poder aquisitivo, tipo e quantidade dos equipamentos de uma residência, etc;
- políticoeconômicos – prioridade no desenvolvimento de um determinado tipo de indústria ou setor econômico;
- econômicos – preços dos equipamentos e mudanças de preços;
- tecnológicos – evolução das eficiências energéticas dos equipamentos e inserção de novas tecnologias.

O método utilizado foi similar ao utilizado em AROUCA 1982, ACHÃO 2003 e PEREIRA 2010. A fórmula 4.1 foi utilizada levando-se em consideração que foi realizada a análise de uma única região, isto é, o município de Belo Horizonte, ela é um derivado da fórmula 2.1. Foi acrescentado um índice para especificar o ano do consumo. O número de equipamentos pode variar de acordo como o tempo, já que tanto o número de domicílios quanto a posse dos equipamentos pode variar de acordo com o tempo (alguns equipamentos ficam mais acessíveis às classes mais baixas de acordo com o tempo). O consumo de cada aparelho também pode variar com o tempo, pois, as tecnologias possuem uma evolução temporal, isto é, podem ter sua eficiência e consumo modificados ao longo dos anos.

$$E_{kl} = \sum_{i \in C}^{\beta} N_{ikl} \cdot c_{ikl} \quad (\text{Fórmula - 4.1})$$

onde: i - tipo de equipamento;

k - classe de renda;

l - ano;

E_{kl} - consumo de energia na classe de renda k no ano l ;

N_{ikl} - número de equipamentos do tipo i na classe de renda k no ano l ;

c_{ikl} - consumo específico de cada equipamento i na classe k no ano l ;

C - conjunto de equipametos para uma finalidade (uso final) β determinada.

O número de equipamentos, i , em cada classe de renda, k , pode ser determinado por:

$$N_{ikl} = n_{kl} \cdot P_{ikl} \quad (\text{Fórmula - 4.2})$$

onde:

n_{kl} - número de domicílios na classe de renda k no ano l;

P_{ikl} - posse do equipamento i na classe de renda k no ano l.

O número de equipamentos no município de Belo Horizonte, para cada classe de renda foi calculado tendo como base os dados obtidos na pesquisa do Censo 2000 e do PNAD. O tipo de equipamento e o seu tempo de uso foram obtidos da Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso do PROCEL e de outras fontes (como o INMETRO e a ANEEL), quando necessário. Assim, calculou-se o consumo em cada classe de renda e o total.

O consumo específico de cada equipamento é dado por:

$$c_{ikl} = p_{ikl} \cdot t_{ikl} \quad (\text{Fórmula - 4.3})$$

onde:

p_{ikl} - potência do equipamento i na classe de renda k no ano l;

t_{ikl} - tempo de uso anual do equipamento i na classe de renda k no ano l.

A potência e o tempo de uso de cada aparelho foram pesquisados em diversas fontes especificadas ao longo do trabalho.

Alguns usos finais necessitam de outras variáveis além das acima citadas. Por exemplo, o aquecimento de água para banho tem que levar em consideração o número de pessoas que moram no domicílio. As variáveis específicas para cada uso final serão discutidas quando os mesmos forem analisados separadamente no Capítulo 5. Alguns equipamentos como aquecedores a gás e a energia solar, são resolvidos diferentemente e, quando forem utilizados, serão explicados detalhadamente.

Os usos finais foram aqueles determinados na Seção 4.2.1 e as classes de renda determinadas na Seção 4.2.2.

A somatória do consumo de energia de todas as classes de renda deve alcançar um valor próximo ao valor do consumo no município de Belo Horizonte. Tendo-se estabelecido a estrutura de consumo no ano base, podem ser feitas as projeções para a estrutura do consumo no futuro.

4.4 Plataforma Adotada

Para o cálculo da demanda de energia elétrica no setor residencial de Belo Horizonte foi

utilizado o *software* Long-range Energy Alternatives Planning System (LEAP) desenvolvido pelo Stockholm Environment Institute (SEI, 2006). Este programa já vem sendo utilizado no Brasil (PEREIRA, 2010) e foi escolhido devido a sua flexibilidade e facilidade de utilização. O seu objetivo é fornecer análises integradas de energia e meio ambiente. Algumas de suas características são:

- Estrutura de dados com uma organização por meio de árvore, onde as ramificações são definidas pelo usuário. A estrutura dos ramos não possui um modelo pré-definido. O usuário cria pastas (ramos) de acordo com as suas necessidades. Esta estrutura pode ser editada a qualquer momento, podendo-se acrescentar, apagar, copiar e colar pastas. Os ramos mais altos são chamados de categorias e são usados para estabelecer a estrutura hierárquica da árvore. O último ramo deve ser do tipo tecnologia. Na demanda, os ramos de tecnologia são associados a combustíveis e possuem uma intensidade energética associada a eles. A possibilidade de criar os ramos de acordo com a necessidade dá ao programa uma capacidade de dar suporte a uma grande quantidade de arranjos diferentes.
- Apenas os dados necessários para a construção dos cenários precisam ser inseridos.
- A análise é feita ano a ano e pode-se inserir os dados nos anos desejados e escolher os anos que serão mostrados para comparação com outros trabalhos ou resultados posteriores.
- Os usos finais não são pré-definidos, pode-se, então, inserir os usos finais desejados, assim como escolher livremente os equipamentos que farão parte deles e a maneira de apresentação.
- A apresentação dos resultados pode ser em tabelas e gráficos (diversos tipos). Há flexibilidade para a escolha dos anos que serão apresentados, o tipo de combustível e as unidades.
- Os dados, assim como os resultados, podem ser apresentados em planilhas do Excel, o que facilita a entrada de dados e a formatação final dos resultados para apresentação.
- Existe uma rede de ajuda e suporte que pode ser utilizada pela Internet.
- A maneira transparente e intuitiva de organização dos dados torna possível a verificação de erros e modificação das entradas de modo simples.
- Várias unidades de energia podem ser convertidas automaticamente, em Joule, megawatt/hora, Btu, etc. Outras unidades podem ser definidas no processo, como por exemplo, 10^3 m^3 de gás canalizado no Rio de Janeiro igual a 15,91 GJ (BEN, 2009).

A Figura 4-1 mostra um exemplo da tela do LEAP. À esquerda está a estrutura de árvore e à direita os resultados exibidos no formato de gráfico e de tabela.

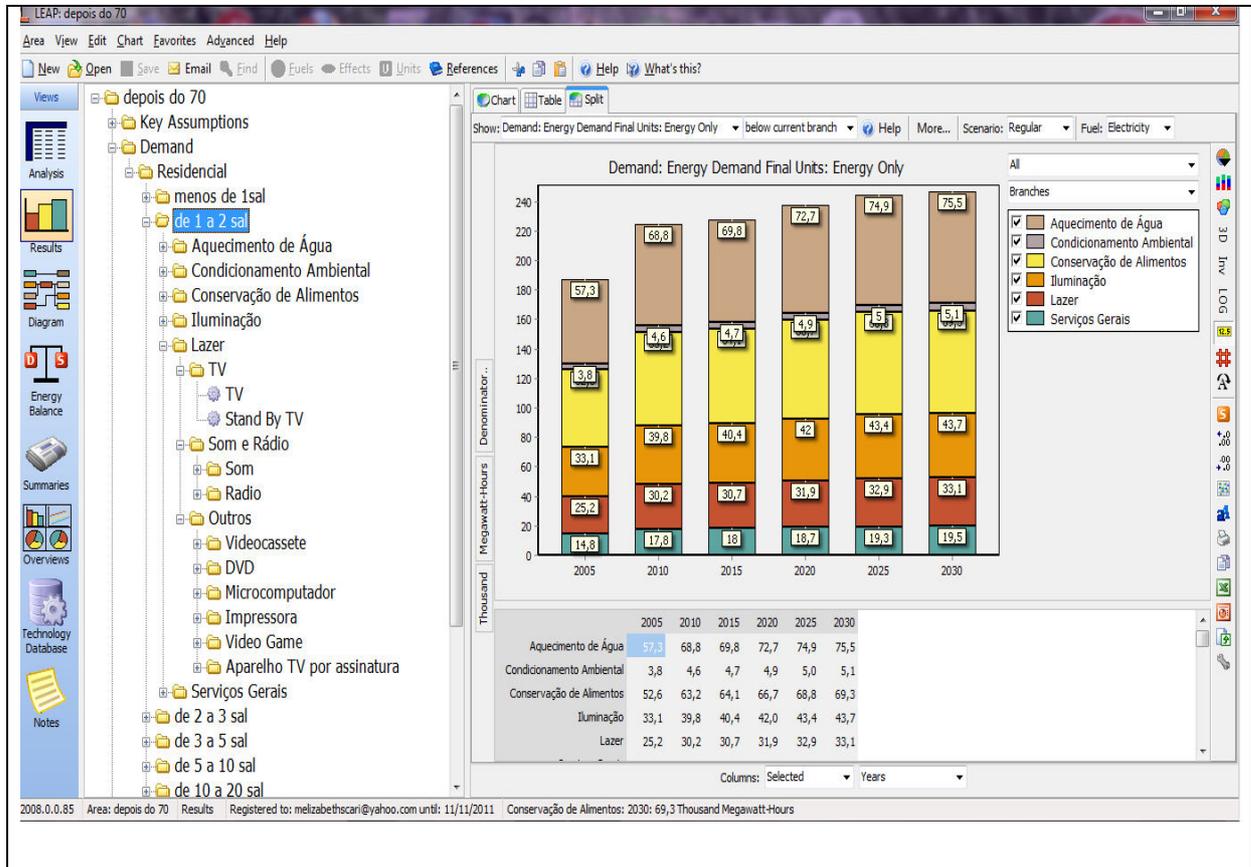


Figura 4-1 Tela do software LEAP
Fonte: Elaboração própria

O LEAP possui várias funções que podem ser utilizadas para a criação de cenários e projeções. As mais utilizadas no trabalho foram:

- **ExpForecast** (ano1;valor1;ano2;valor2;...anoN; valorN)

Utilizada para estimar valores futuros em uma série histórica de dados usando uma função exponencial. Nesta função a curva não é obrigada a passar pelo valor inicial. A função **ExpForecastBY**, que possui sintaxe similar, obriga a curva a passar pelo valor inicial. Os anos e os valores correspondentes das variáveis podem ser planilhas do MS Excel.

- **ExpInterp** (ano1;valor1;ano2;valor2;... anoN; valorN;[taxa de crescimento])

Calcula um valor em qualquer ano dado entre uma série de dados por meio de interpolação exponencial. A taxa de crescimento depois do último valor da série é

opcional. Se não for especificada ela é assumida como sendo zero, e nenhum valor é extrapolado a partir do último ano.

Os anos e os valores correspondentes das variáveis podem ser planilhas do MS Excel.

- **Interp** (ano1;valor1;ano2;valor2;... anoN; valorN;[taxa de crescimento])

Calcula um valor em qualquer ano dado entre uma série de dados através de interpolação por uma função linear. A taxa de crescimento depois do último valor da série é opcional. Se não for especificada ela é assumida como sendo zero, e nenhum valor é extrapolado a partir do último ano.

Os anos e os valores correspondentes das variáveis podem ser planilhas do MS Excel.

- **Growth** (5%) ou **Growth** (0,05)

Calcula o valor da variável em qualquer ano a partir do ano base com uma taxa de crescimento anual igual à especificada. A função utilizada para o crescimento é linear.

Pode-se especificar também até cinco períodos com crescimento diferentes. Neste caso a sintaxe da função fica: **Growth** (5%;2015;3%;2020;2%). Neste caso a partir do ano base a variável cresce à uma taxa de 5% a.a., a partir de 2015 à uma taxa de 3% a.a. e a partir de 2020 à uma taxa de 2% a.a.

- **Remainder** (100)

Utilizada apenas em ramos cujos galhos são do tipo porcentagem. Esta função faz com que a soma de destes ramos seja sempre igual a 100.

O programa possui muitas outras funções e pode-se criar ou importar expressões e fórmulas de acordo com a necessidade.

5 Caracterização do Ano Base

O Ano Base é o ano a partir do qual serão feitas as projeções para o futuro.

A escolha e a análise do Ano Base são importantes, pois a sua estrutura e composição vão dar suporte a todo o desenvolvimento posterior e à realização das projeções

O Ano Base escolhido foi o de 2005. A razão de ele ter sido escolhido é que se pode fazer uma análise dos dados obtidos na Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso realizada pelo PROCEL e os outros dados. É um ano relativamente afastado do ano de 2001, quando houve uma queda significativa no consumo de energia elétrica no Brasil, devido ao racionamento e que, portanto, pode ser considerado como um ano atípico. No Gráfico 3-11 pode-se ver que a curva do consumo de energia elétrica no setor residencial de Belo Horizonte passa a ter um comportamento semelhante ao que havia antes do ano 2001, embora com um consumo menor.

5.1 Classes de renda

De acordo com os dados da pesquisa do PROCEL, em 2005, na Região Sudeste, os domicílios entrevistados podiam ser divididos nas classes de renda como mostrado no Quadro 5-1. Na pesquisa do PROCEL não existe distinção entre dados rurais ou urbanos.

De acordo com a PNAD, em 2005, a distribuição dos domicílios urbanos por classes de renda na RMBH era como mostrada no Quadro 5-1. Também, de acordo com o PNAD, a população da RMBH era 98,6% urbana. De acordo com os dados da CEMIG, em 2004, não havia nenhuma ligação residencial rural no município de Belo Horizonte. Por estas razões, sempre que forem utilizados dados nos quais possa haver uma distinção entre domicílios rurais e urbanos, foram utilizados apenas os urbanos.

Pode-se observar uma diferença entre a porcentagem das amostras nas duas pesquisas, principalmente nas classes de menos de 1 salário, de 1 a 2 salários, de 2 a 3 salários e de 3 a 5 salários mínimos. A maior diferença foi nos dados não identificados, pois 18% das amostras do PROCEL não possuíam o valor da renda.

Quadro 5-1 Domicílios totais entrevistados por classe de renda por pesquisa em 2005 (%)

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos	Ns/Nr*	Total
PROCEL	3,3	12,0	12,7	25,4	20,5	6,5	1,6	18,0	100
PNAD 2005 Sudeste Urbana	7,4	16,4	15,1	22,4	21,2	9,3	4,5	3,7	100
PNAD 2005 Sudeste Total	8,2	17,4	15,4	22,1	20,1	8,8	4,3	3,7	100
PNAD 2005 RMBH Urbana	7,8	18,5	15,1	22,0	19,2	8,7	4,8	3,9	100
PNAD 2005 RMBH Total	7,9	18,8	15,1	21,9	19,1	8,6	4,7	3,9	100

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE/Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2005 e ELETROBRÁS/PROCEL 2007

*Ns/Nr – não sabem/ não responderam

O Quadro 5-2 mostra a porcentagem das amostras da Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso (ELETROBRÁS/PROCEL 2007b) de acordo com as faixas de consumo mensal de energia elétrica e as classes de renda em 2005, para a Região Sudeste.

Quadro 5-2 Porcentagem das amostras da Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de uso de acordo com as faixas de consumo mensal de energia elétrica e com as classes de renda na Região Sudeste em 2005 (%)

Consumo (kWh/mês)	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos	Ns/Nr*	Total (%)
0 a 200	4,4	15,4	15,1	28,9	18,2	2,9	0,6	14,5	100
200 a 300	0,6	6,2	9,3	20,7	28,2	10,4	2,8	21,8	100
Mais de 300	1,0	2,4	5,1	13,2	23,0	19,2	5,4	30,7	100
Total	3,3	12,0	12,7	25,4	20,5	6,5	1,6	18,0	100

Fonte: ELETROBRÁS/PROCEL 2007b

*NS/NR - não sabem/não responderam

As classes de renda de até 5 salários mínimos tiveram a maior parte das amostras com consumo de até 200 kWh/mês; já as classes de rendimento maior do que 5 salários mínimos, apresentaram consumo maior do que 200 kWh/mês.

Outra relação importante é a das classes de renda com a área das residências em metros quadrados e o Quadro 5-3 mostra esta relação.

Quadro 5-3 Área dos domicílios da Região Sudeste de acordo com as classes de renda em porcentagem em 2005 (%)

Tamanho (m ²)	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
0 a 50	51,0	50,8	44,8	35,4	14,4	5,8	0,0
51 a 75	37,3	34,1	41,7	47,9	47,9	28,3	9,7
76 a 100	5,9	10,6	7,8	11,5	22,0	34,2	22,6
101 a 150	3,8	4,5	4,7	3,8	9,7	19,2	38,7
151 a 200	2,0	0,0	1,0	0,9	3,1	5,8	9,7
Mai s de 200	0,0	0,0	0,0	0,5	2,9	6,7	19,3
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados ELETROBRÁS/PROCEL 2007a

Como esperado, o tamanho das residências cresce de acordo com a classe de renda. O tamanho da residência é importante no consumo de energia elétrica, pois de um modo geral, o consumo de energia é maior em um domicílio maior.

5.2 Usos finais de energia elétrica no setor residencial

Como usos finais de energia elétrica no setor residencial foram considerados o aquecimento de água para banho, condicionamento ambiental, conservação de alimentos, iluminação, lazer e serviços gerais.

5.2.1 Aquecimento de água para banho

Os dados brutos da Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007a) da Região Sudeste foram analisados para que se pudesse ter uma melhor visão do comportamento do consumidor residencial de energia elétrica. Nesta pesquisa não é possível fazer um corte menor do que o de região geográfica brasileira. O Censo 2000 e o PNAD, que trazem informações sobre o município de Belo Horizonte, não possuem dados sobre a posse e o uso de chuveiros. Foram utilizados então os dados para a Região Sudeste.

O Quadro 5-4 apresenta as categorias de aquecimento de água para banho pesquisadas pelo PROCEL em 2005.

Quadro 5-4 Tipos de aquecimento para água de banho conforme descrito na Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso

Aquecimento Elétrico	Aquecimento a Gás	Aquecimento Solar/ Outros Tipos
1. Chuveiro elétrico 2. Aquecedor de passagem (KDT) 3. Boiler 4. Aquecimento Central	5. Gás de rua 6. GLP (gás de botijão) 7. Boiler 8. Aquecimento central	9. Aquecedor solar 10. Outras formas Qual: _____ 11. Não possui aquecimento 12. Não sabe/Não respondeu

Fonte: ELETROBRÁ/PROCEL 2007

Optou-se por uma separação dos dados brutos em :

- 1- Chuveiro elétrico
- 2- Aquecedor solar
- 3- GLP
- 4- Lenha
- 5- Outros
- 6- Não aquece
- 7- Não sabe/Não respondeu

Os itens 2, 3, 4, 7 e 8 do Quadro 5-4 apresentaram uma ocorrência muito pequena, sendo colocados na categoria “outros”, juntamente com o gás de rua, pois em Belo Horizonte não existe abastecimento deste tipo. Por outro lado, no item 10 do Quadro 5-4, observou-se a existência de um número significativo de pessoas que declararam aquecer a água com lenha e serpentina, portanto, optou-se por incluir este item na análise dos dados, tendo-se em vista que é uma utilização importante no aquecimento de água para as classes de menor poder aquisitivo. Embora no município de Belo Horizonte o aquecimento de água para banho por meio de lenha e serpentina seja praticamente nulo (ACHÃO, 2003).

Os domicílios que apresentaram duas maneiras de aquecer a água para banho, como aquecimento a chuveiro elétrico e aGLP, ou aquecimento a chuveiro elétrico e solar foram contabilizados no segundo tipo, pois considerou-se o aquecimento a chuveiro elétrico como segunda opção de utilização.

O Quadro 5-5 apresenta os resultados da análise dos dados brutos do PROCEL para as formas de aquecimento de água para banho na Região Sudeste.

Quadro 5-5 Tipos de equipamento utilizado para aquecimento de água para banho na Região Sudeste do Brasil de acordo com as classes de renda em porcentagem em 2005 (%)

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
Chuveiro Elétrico	76,5	86,8	91,3	94,1	91,8	83,1	67,6
Solar	0,0	0,8	0,0	0,0	0,5	2,2	8,8
GLP	1,5	2,0	2,6	0,4	0,0	1,5	0,0
Lenha	13,2	2,4	0,8	0,6	0,2	0,0	0,0
Outros	0,0	0,8	1,1	2,3	5,6	12,5	23,6
Não aquece	8,8	7,2	4,2	2,6	1,9	0,7	0,0
Total	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007

Pode-se observar que a maneira de aquecer água para banho varia de acordo com a classe de renda mensal, porém, o chuveiro elétrico é maioria em todas as classes. A utilização do chuveiro elétrico na amostra analisada, é crescente até a faixa de 3 a 5 salários mínimos (94,1%), tendo aí o seu pico e caindo nas faixas de renda mais altas. Isto pode ser explicado pelo acesso a outros tipos de aquecimento de água, como energia solar e gás de rua, este inexistente em Belo Horizonte.

A utilização de energia solar para o aquecimento de água para banho só é perceptível a partir da classe de renda de 10 a 20 salários mínimos (2,2%) e torna-se importante apenas na classe de mais de 20 salários mínimos (8,8%). Isto mostra o pouco acesso que as classes de renda mais baixa possuem a esta tecnologia. Segundo a Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030 (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007), em 2004, 2,25% dos domicílios de Minas Gerais utilizavam aquecimento solar de água. Segundo PEREIRA (2010), em 2007, 6,6 % das residências em Belo Horizonte faziam uso deste aquecimento.

A utilização de GLP foi detectada em diversas classes de renda, variando de 1,5% a 2,6%, porém, sua ocorrência é muito pequena, indicando que esta tecnologia não é muito difundida. Segundo a Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030 (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007), em 2004, 1% das residências mineiras aqueciam água com GLP, o que totalizava 1,3% do consumo deste combustível no setor residencial.

A utilização de lenha só é importante na classe de renda de menos de 1 salário mínimo (13,2%). Nas outras classes ela é praticamente inexistente e, como foi dito anteriormente, este combustível não é utilizado no município de Belo Horizonte.

É de interesse o aumento que teve a categoria “outros” a partir da classe de renda de 5 a 10 salários mínimos (5,6%) e chegando a 23,6% na classe de mais de 20 salários. Na faixa de 5 a 10 salários mínimos 87,5 % de “outros” era referente a gás de rua, 82,4% na faixa de 10 a 20 salários e 87,5% na faixa de mais de 20 salários. Estes dados são importantes para mostrar o acesso das classes de renda mais altas a outras formas de aquecimento de água para banho. Porém, deve-se lembrar que no município de Belo Horizonte não existe abastecimento por gás de rua, portanto, estes dados mostram o peso do gás de rua em cidades como Rio de Janeiro e São Paulo, onde existe este tipo de serviço

O não aquecimento de água para banho aparece em todas as classes de renda, exceto na renda maior do que 20 salários mínimos, porém só é importante nas classes de menos de 1 salário mínimo (8,8%) e de 1 a 2 salários mínimos (7,2%). Pode-se especular que nas outras classes o não aquecimento é uma opção, principalmente em locais quentes, como o Rio de Janeiro.

Outro fator que deve ser analisado para determinar o consumo de energia elétrica para aquecimento de água para banho é o tempo de banho. Na pesquisa realizada pelo PROCEL foi perguntado apenas o tempo de banho utilizado para o chuveiro elétrico. Os resultados das análises feitas para os dados da pesquisa estão no Quadro 5-6.

Quadro 5-6 Distribuição do tempo de banho com chuveiro elétrico na Região Sudeste do Brasil de acordo com as classes de renda em porcentagem e média ponderada do tempo de banho em 2005

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
Até 10 min. (%)	92,4	83,7	79,3	73,0	54,8	42,9	30,4
De 10 a 20 min. (%)	5,7	15,8	19,5	24,7	42,1	50,9	60,9
Mais de 20 min. (%)	1,9	0,5	1,2	2,3	3,1	6,2	8,7
Média ponderada (min)	11	11	11	11	12	13	14

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007

Pode-se observar a grande influência que a classe de renda possui no tempo utilizado para banho com o chuveiro elétrico. Embora a porcentagem dos que tomam banhos mais demorados (mais de 20 minutos) seja pequena em relação aos outros tempos de banho, em

todas as classes ela tende a crescer com a classe de renda. A maior diferença está na passagem dos banhos com menos de 10 minutos para aqueles com duração entre 10 e 20 minutos. Pode-se ver claramente que à medida que a classe de renda aumenta, o tempo de duração do banho aumenta. Enquanto na classe de menos de 1 salário mínimo 92,4% das pessoas tomam banhos com menos de 10 minutos, na classe de mais de 20 salários mínimos apenas 30,4% das pessoas o fazem. Ao mesmo tempo, 5,7% das pessoas na classe de menos de 1 salário mínimo tomam banhos de duração entre 10 e 20 minutos e 60,9% das pessoas na classe com mais de 20 salários mínimos gastam este tempo em seus banhos. Estes valores mostram a importância da diferenciação do consumo de energia elétrica por classes de renda.

A última linha apresenta uma média ponderada do tempo de banho tendo como peso a porcentagem do tempo de banho em cada classe social. Para a primeira faixa (menos de 10 min.) foram considerados banhos de 10 min. Para a segunda faixa (de 10 a 20 min.) foram considerados banhos de 15 minutos. Já na terceira faixa (mais de 20 min.) foram considerados banhos de 20 minutos. Em todos os trabalhos estudados foram considerados banhos de 10 minutos de duração. Neste trabalho, optou-se por fazer a diferenciação do tempo de banho de acordo com a classe de renda para uma observação melhor deste comportamento.

Outro fator importante na utilização do chuveiro é o consumo específico de cada chuveiro, o que leva à potência dos chuveiros elétricos utilizados. O Quadro 5-7 mostra a variação da potência dos chuveiros elétricos utilizados na Região Sudeste de acordo com a classe de renda.

Quadro 5-7 Distribuição da potência dos chuveiros elétricos na Região Sudeste do Brasil de acordo com as classes de renda em porcentagem (%)

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
3.000 W a 4.000 W	69,1	60,4	60,8	64,4	60,1	55,6	44,4
4.000 W a 5.000 W	25,5	37,8	34,2	29,4	31,8	31,2	35,2
5.000 W a 6.000 W	3,6	1,8	3,9	5,5	6,3	8,8	3,7
6.000 W a 7.000 W	0,0	0,0	0,4	0,6	1,8	2,9	9,3
Mais de 7.000W	1,8	0,0	0,7	0,1	0,0	1,5	7,4
Total	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007

Pode-se observar que, à medida que a classe de renda aumenta, a potência do chuveiro também aumenta, embora mesmo nas classes mais altas, chuveiros com potência maior do que 5.000 W sejam minoria. Nas classes com renda até 10 salários mínimos, mais de 90% dos chuveiros possuem potência de até 5.000 W. Na classe de 10 a 20 salários mínimos, apenas 13% dos chuveiros possuem potência maior do que 5.000 W. E cerca de 20% dos chuveiros da classe com rendimento de mais de 20 salários mínimos possui chuveiros com mais de 5.000 W de potência.

O Quadro 5-8 apresenta os consumos mensais médios mínimos e máximos dos chuveiros de acordo com as potências. Ela é retirada de tabelas do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO,2010). As medições do INMETRO são feitas levando-se em consideração 30 banhos mensais com duração de 10 minutos. O consumo mínimo refere-se ao chuveiro na posição verão e o consumo máximo refere-se ao chuveiro na posição inverno.

Quadro 5-8 Consumos mensais mínimos e máximo dos chuveiros elétricos correspondendo a 30 banhos de 10 minutos

Faixa de potência nominal (W)	Consumo mensal mínimo (kWh/mês)	Consumo mensal máximo (kWh/mês)
Maior ou igual a 3.000 W e menor que 4.000 W	9,7	14,9
Maior ou igual a 4.000 W e menor que 5.000 W	10,7	16,9
Maior ou igual a 5.000 W e menor que 6.000 W	10,2	19,9
Maior ou igual a 6.000 W e menor que 7.000 W	9,2	24,2
Maior ou igual a 7.000 W	9,4	27,9

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INMETRO, 2010.

O Quadro 5-9 foi elaborado fazendo-se a média ponderada dos consumos do Quadro 5-6 conforme a distribuição das potências de acordo com as classes de renda do Quadro 5-7. Pode-se observar que, de acordo com a média ponderada, o consumo mínimo praticamente não teve variação de acordo com as classes de renda. O consumo máximo também teve uma variação quase nula até as classes com mais de 10 salários mínimos. A partir daí houve um aumento muito pequeno.

Quadro 5-9 Consumo mensal máximo e mínimo dos chuveiros elétricos correspondendo a 30 banhos de 1 minuto de acordo com as classes de renda

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
Consumo mensal mínimo (kWh/mês)	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
Consumo mensal máximo (kWh/mês)	1,58	1,57	1,59	1,58	1,60	1,64	1,76

Fonte: Elaboração própria.

O consumo específico de 30 banhos de acordo com as classes de renda está explicitado de acordo com o Quadro 5-10. O tempo de banho é a média ponderada como determinado no Quadro 5-6.

Quadro 5-10 Consumo mensal máximo e mínimo dos chuveiros elétricos correspondendo a 30 banhos de 1 minuto de acordo com as classes de renda

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
Consumo mensal mínimo (kWh/mês)	11,0	11,1	11,1	11,0	12,0	13,0	14,0
Consumo mensal máximo (kWh/mês)	17,4	17,3	17,5	17,4	19,2	15,8	24,7

Fonte: Elaboração própria.

PEREIRA (2010) desenvolve uma tabela de conforto térmico mensal para Belo Horizonte, mostrando em que meses o chuveiro é utilizado na posição inverno e em que meses é utilizado na posição verão. Como a curva de carga do consumo de energia elétrica tanto do Brasil como da Região Sudeste demonstra que os chuveiros elétricos são utilizados em sua maioria à noite, a tabela de conforto ambiental desenvolvida por Pereira considera o horário de banho entre 19 h e 21 h. A Tabela 5-1 mostra as faixas de conforto ambiental para Belo

Horizonte de acordo com os meses do ano, conforme apresentado por PEREIRA, 2010.

Tabela 5-1 Faixa de conforto térmico mensal para Belo Horizonte

		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Normais de Temperatura Mínima (°C)		18,8	19	18,8	17,3	15	13,4	13,1	14,4	16,2	17,5	18,2	18,4
Normais de Umidade Relativa (%)		79	75,1	74,7	73,9	72,5	71,4	68,7	64,5	65,1	69,8	74,1	78
Limites de conforto	Min	21	21	21	21	21	21	23	23	23	23	21	21
	Máx	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Estresse térmico noturno*		C	C	C	C	F	F	F	F	F	C	C	C

*C: sensação de conforto térmico; F: sensação de desconforto por frio

Fonte: PEREIRA (2010)

A Tabela 5-1 mostra que, nos meses de maio a setembro, os chuveiros são utilizados na posição inverno e, nos meses de outubro a abril, são utilizados na posição verão.

O consumo final anual utilizado por banho de acordo com as classes de renda é mostrado na Tabela 5-2.

Tabela 5-2 Consumo anual utilizado para o aquecimento de água para banho por classes de renda

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
Consumo anual médio (kWh/ano)	163,7	164,2	164,9	164,2	180,4	198,1	221,2

Fonte: Elaboração própria.

Outro fator que influencia o consumo de energia elétrica em aquecimento de água para banho é o número de pessoas que residem no domicílio (quanto maior o número de pessoas, maior o número de banhos). O número médio de pessoas que residem em cada domicílio de acordo com a pesquisa do PROCEL é apresentado no Quadro 5-11.

Quadro 5-11 Distribuição da média de pessoas por domicílio na Região Sudeste do Brasil de acordo com as classes de renda

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
Pessoas por domicílio	3,30	3,21	3,04	3,08	3,61	4,16	4,35

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007

De maneira geral o número de pessoas por domicílio diminui da classe de menos de 1 salário mínimo até a classe de 2 a 3 salários mínimos. A partir daí ele é crescente de acordo com a classe de renda. A média dos valores acima é 3,54, o que está dentro dos parâmetros para Belo Horizonte, pois segundo o IBGE em 2000 a média de pessoas por domicílio era de 3,54 e em 2010, a média de pessoas por domicílio em Belo Horizonte era de 3,11. Na Figura 3-11 pode-se observar que o número de pessoas por domicílio no município de Belo Horizonte é ligeiramente menor do que na Região Sudeste. A proporção entre as médias do número de habitantes por domicílio de Belo Horizonte e da Região Sudeste entre os anos de 2000 e 2010 é 0,988. Para um melhor ajuste dos dados, para obtenção do número de pessoas por domicílio de Belo Horizonte, multiplicou-se os valores do Quadro 5-11 por 0,988. Este ajuste é importante, já que o número de pessoas por domicílio é uma variável de grande influência no consumo de energia elétrica, principalmente no aquecimento de água para banho, e a soma do número de pessoas em todas as classes de renda, para um determinado ano, calculada pela multiplicação do número de pessoas por domicílio pelo número de domicílios em cada classe de renda deve ser o mais próximo possível do número de habitantes em Belo Horizonte naquele ano.

Outro dado importante é a quantidade de chuveiros por domicílio, ou seja, a sua posse. A posse de chuveiros na Região Sudeste por classes de renda é mostrada no Quadro 5-12.

Quadro 5-12 Média de chuveiros por domicílio na Região Sudeste de acordo com as classes de renda

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
Chuveiros por domicílio	0,80	0,91	0,97	1,03	1,13	1,07	1,59

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007

De maneira geral, a posse de chuveiros elétricos aumenta de acordo com o aumento da classe

de renda.

Com os dados acima, pode-se estimar o consumo de energia elétrica para o aquecimento de água para banho de acordo com a classe de renda no ano de 2005.

A Tabela 5-3 apresenta os resultados da demanda de energia elétrica para aquecimento de água com chuveiro elétrico no município de Belo Horizonte no ano de 2005, obtida a partir dos dados do Quadro 5-11, do Quadro 5-12 e da Tabela 5-2.

Tabela 5-3 Demanda de energia elétrica para aquecimento de água no setor residencial no município de Belo Horizonte no ano de 2005

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos	Total
Demanda em 2005 (GWh/ano)	21,7	57,3	48,9	75,3	92,5	49,9	48,1	393,7

Fonte: Elaboração própria

O total da demanda de energia elétrica para aquecimento de água calculada, para todas as classes, 393,7 GWh, representa 29,4% do consumo de energia no setor residencial de Belo Horizonte no ano de 2005. De acordo com o PROCEL (PROCEL/ELETROBRÁS, 2007a) o consumo de energia elétrica para aquecimento de água por chuveiros elétricos é 26,0% da energia elétrica consumida pelo setor residencial na Região Sudeste. Já de acordo com a Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030 (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007), em 2004, este valor para o Estado de Minas Gerais era de 48,4%.

5.2.1.1 Outras fontes

Este trabalho pretende realizar um estudo do consumo de energia elétrica em Belo Horizonte, mas, no caso do aquecimento de água para banho, é necessário estudar outras fontes concorrentes com a energia elétrica, pois elas são importantes no planejamento visando a uma diminuição do consumo de energia elétrica para tal fim. Estas fontes são: energia solar, gás natural (gás canalizado) e gás liquefeito de petróleo (GLP). Estas três fontes foram consideradas excludentes no trabalho, isto é, cada residência possui apenas uma delas. No entanto, elas podem coexistir com o aquecimento por energia elétrica, sendo esta última utilizada como “back-up”.

5.2.1.1.1 Energia solar

Segundo a Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030 (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007), 2,25% das residências em Minas Gerais utilizavam o aquecimento de água por energia solar no ano de 2004. Os coletores solares são os mais utilizados, sendo que as células fotovoltaicas para geração de energia elétrica possuem uma penetração muito pequena no mercado. Ainda, segundo a Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030, um coletor solar para abastecer uma família média de 3,52 pessoas, com duas placas coletoras de 1,60 m² cada, pode gerar 1,06 MWh por ano, com uma fração solar de 64%.² Foi então considerado que este coletor responde por 64% da energia necessária em uma residência que a utiliza, ficando o restante a cargo da energia elétrica.

Além da pesquisa, que indica que 2,25% das residências mineiras utilizam energia solar para aquecimento de água, pode-se observar no Quadro 5-5 que este uso está concentrado nas classes de renda de mais de 10 salários mínimos. Ainda, segundo PEREIRA (2010), a porcentagem dos domicílios de Belo Horizonte que utilizavam energia solar era de 6,6,% no ano de 2007. Adotando-se a hipótese de que Belo Horizonte possui uma maior concentração de coletores solares do que o Estado de Minas Gerais e do que a Região Sudeste, considerou-se que, como utilizado por Pereira para 2007, na classe de renda de 10 a 20 salários mínimos 10% das residências possuem aquecimento solar e que, na classe de renda de mais de 20 salários mínimos este valor é de 15%, no ano de 2005. Estas hipóteses resultaram em uma economia de energia elétrica para aquecimento de 6,0 GWh/ano na classe de renda de 10 a 20 salários mínimos e de 5,0 GWh/ano na classe de renda de mais de 20 salários mínimos, o que corresponde a 0,8% do consumo total de Belo Horizonte em 2005.

5.2.1.1.2 Gás liquefeito de petróleo (GLP)

A Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030 (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007) afirma que no Estado de Minas Gerais, em 2004, 1% das residências possuíam aquecimento de água a GLP. Observando o Quadro 5-5 nota-se que o aquecimento a GLP é uma tecnologia que tem mais penetração nas classes de menor poder aquisitivo. A instalação em residências pequenas e médias pode ser feita com um botijão de gás de 13 kg localizado fora da residência e um encanamento de tubo de cobre recozido ligado diretamente ao aquecedor³. Também existem

² A fração solar depende das condições climáticas locais, da temperatura de armazenamento desejada, do projeto e da demanda específica de energia. É a relação entre a oferta de energia proporcionada pelo sistema de aquecimento solar e a demanda total para atender o nível de conforto desejado.

³ Informações disponíveis em:

http://www.arq.ufsc.br/arq5661/Hidraulica2/Instalacoes_de_gas/instalacoes_de_gas.html

aparelhos de aquecimento a GLP com vazão de 7,5 l/min a partir de R\$ 260,00 reais e este preço pode ser dividido em várias parcelas⁴. Isto torna a tecnologia acessível a classes de renda mais baixas. No entanto, por questões de segurança, atualmente, a utilização de GLP como fonte de aquecimento de água para banho não é legal. Portanto, ela será utilizada apenas no cálculo do Ano Base, já que existe. Nas projeções, será considerado que a utilização de GLP continuará constante durante todo o período estudado.

Tendo como hipótese que o aquecimento a GLP é tão utilizado em Belo Horizonte quanto, em Minas Gerais admitiu-se que, 1% dos domicílios de todas as classes de renda possuem aquecimento a GLP.

Costuma-se utilizar um *back-up* para ocasiões em que não é possível utilizar o GLP. Este *back-up* usualmente é de 25% (ANDRADE, 2008). Para *back-up* utilizou-se energia elétrica. Seguindo o método utilizado na elaboração da Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030 (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007), admitiu-se que cada domicílio consome a média de 1,64 MWh/ano para o aquecimento de água para banho. Utilizando-se a conversão de unidades que consta no BEN (MME, 2010), tem-se que 1 m³ de GLP equivale a 7,10 MWh e a 25,56 GJ, significando que, para um consumo anual de 1,64 MWh, são utilizados 0,23 m³ de GLP.

Estas hipóteses levaram a uma economia em torno 7,7 GWh/ano no consumo total anual estimado na Tabela 5-3, isto é, 0,6% do total do consumo de energia elétrica em Belo Horizonte em 2005.

5.2.1.1.3 Gás natural canalizado

Em Belo Horizonte, até meados do ano de 2011, não existia o consumo de gás natural canalizado. A Companhia de Gás de Minas Gerais, GASMIG, em comunicação pessoal disse que há um projeto de início da construção da rede de gasodutos até o fim do ano de 2011.

Considerando que o consumo médio de uma residência para aquecimento de água como discutido anteriormente é de 1,64 MWh/ano, pode-se calcular o gasto anual por residência para aquecimento de água com gás canalizado. No BEN (MME,2010), o gás canalizado possui duas equivalências diferentes, uma para o gás canalizado do Rio de Janeiro e outra para o gás canalizado de São Paulo. Utilizou-se a média entre as duas. Cada mil m³ de gás natural canalizado equivale a 4,83 MWh e a 17,38 GJ. O consumo anual de uma residência para aquecimento de água para banho com gás canalizado, seria então, 339,58 m³.

⁴ Preço pesquisado em diversas lojas virtuais.

5.2.2 Condicionamento Ambiental

O condicionamento ambiental corresponde a um consumo de 11,0% da energia elétrica de uso residencial na Região Sudeste. Embora as outras regiões sejam maiores consumidoras neste uso final, Norte (40,0%), Nordeste (27,0%), Centro-Oeste (18,0%) e Sul (32,0%) (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007a), ele é um consumo importante na Região Sudeste. Com o aumento do poder aquisitivo da população e com as mudanças climáticas que apontam para uma elevação da temperatura, principalmente em metrópoles onde ocorre o fenômeno de ilhas de calor, este consumo tende a aumentar. Para o uso condicionamento ambiental foram utilizados os equipamentos: condicionadores de ar, aquecedores, ventiladores de teto e circuladores de ar.

5.2.2.1 Condicionadores de Ar

De acordo com a análise dos dados brutos da pesquisa do PROCEL, foi elaborado o Quadro 5-13. Ele mostra a porcentagem de domicílios que possuem ar condicionado na Região Sudeste, a porcentagem do número de aparelhos de ar condicionado em cada domicílio e a posse destes aparelhos, de acordo com a classe de renda. Nos dados analisados, o número máximo de aparelhos de ar condicionado encontrado foi 3 equipamentos/domicílio.

Quadro 5-13 Porcentagem dos domicílios que possuem ar condicionado, porcentagem do número de aparelhos e posse na Região Sudeste de acordo com as classes de renda

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
% dos domicílios que possuem ar condicionado	0	0	2,6	4,9	12,1	24,3	38,2
% que possui 1 aparelho	0	0	100	65,4	72,6	42,0	14,3
% que possui 2 aparelhos	0	0	0	23,1	12,9	28,0	21,4
% que possui 3 aparelhos	0	0	0	11,5	14,5	30,0	64,3
Posse (equipamentos/domicílio)	0	0	0,03	0,05	0,16	0,37	0,82

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007

A ocorrência de aparelhos de ar condicionado, assim como o seu número em cada domicílio,

crece de acordo com a classe de renda. A pesquisa do PROCEL não perguntou sobre o ciclo reverso dos aparelhos de ar condicionado; então, eles serão considerados apenas para refrigeração de ambientes. O Gráfico 5-1 apresenta os resultados da análise dos dados do Procel quanto à potência dos aparelhos de ar condicionado da Região Sudeste de acordo com as classes de renda.

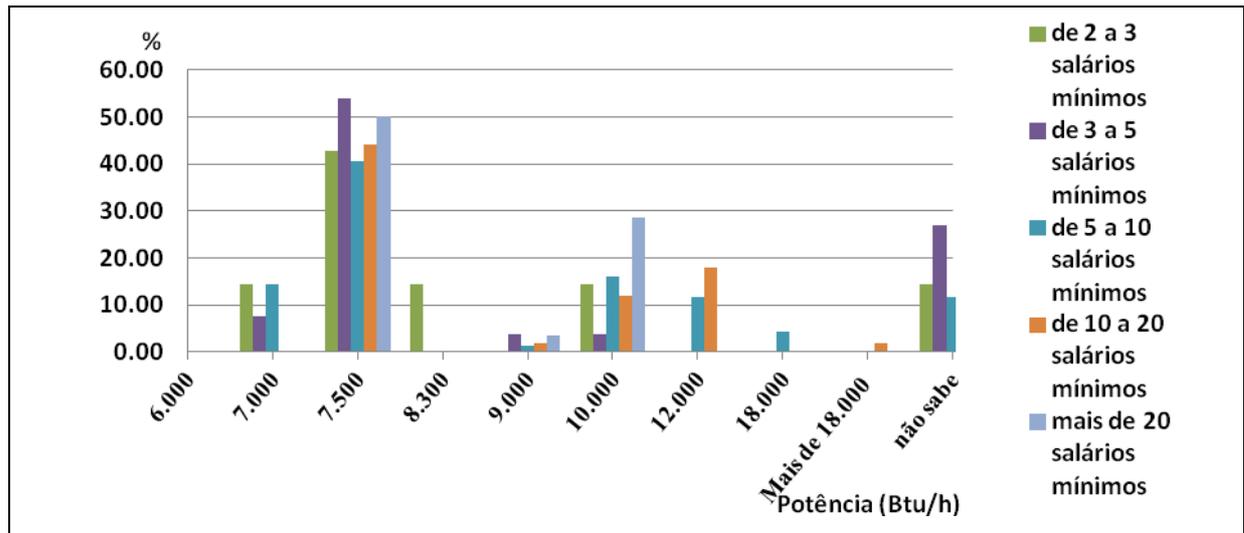


Gráfico 5-1 Distribuição dos aparelhos de ar condicionado na Região Sudeste de acordo com a potência por classes de renda

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007

Existe uma grande concentração de aparelhos com potência igual a 7.500 Btu/h. De acordo com o PROCEL (ELETROBRÁS/PROCEL, 2011), em 2004, 70% dos condicionadores de ar comercializados tinham potência igual a 7.500 Btu/h. Outras potências importantes são a de 10.000 Btu/h e a de 12.000 Btu/h. No trabalho optou-se por fazer a divisão de potências de acordo com o Quadro 5-14. Para a primeira faixa (até 7.500 Btu/h inclusive), foi utilizado o consumo de aparelhos de potência igual a 7.500 Btu/h. Para a segunda faixa (mais de 7.500 até 10.000 Btu/h) foi utilizado o consumo de aparelhos de 10.000 Btu/h. Para a faixa de mais de 10.000 Btu/h, foi utilizado o consumo de aparelhos de 12.000 Btu/h. Como a porcentagem de aparelhos não identificados é significativa, optou-se, conservadoramente, por utilizá-la considerando o consumo equivalente a 7.500 Btu/h. A soma da porcentagem dos aparelhos de 7.500 Btu/h com a dos não identificados, é aproximadamente 70%, o que é coerente com os dados do PROCEL (ELETROBRÁS/PROCEL, 2011). Isto só não é verdadeiro para a classe de renda de 3 a 5 salários mínimos, onde esta soma é de 92,3 %.

O Quadro 5-14 apresenta a distribuição da potência dos aparelhos de ar condicionado da Região Sudeste por classes de renda, conforme adotado no trabalho, tendo em vista as

concentrações apresentadas no Gráfico 5-1.

Quadro 5-14 Distribuição da potência dos aparelhos de ar condicionado da Região Sudeste de acordo com as classes de renda em porcentagem (%)

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
Até 7.500 Btu/h	0	0	57,1	65,4	55,1	44,0	50,0
Mais de 7.500 até 10.000 Btu/h	0	0	28,6	7,7	17,4	14,0	32,1
Mais de 10.000 Btu/h	0	0	0	0	15,9	20,0	0
Não identificado	0	0	14,3	26,9	11,6	22,0	17,9
Total	0	0	100	100	100	100	100

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007

De acordo com os Catálogos do Selo PROCEL (ELETROBRÁS/PROCEL, 2011), em 2005, o consumo médio dos aparelhos de ar condicionado com potência de 7.500 Btu/h certificados com o selo, era de 0,53 kW/h. Ainda, de acordo com os Catálogos do Selo PROCEL, em 2001, o consumo médio destes aparelhos era de 0,79 kW/h. Isto mostra um aumento de 35% de eficiência de 2001 para 2005. Segundo o Catálogo de 2001, o consumo médio dos aparelhos com potência de 10.000 Btu/h era de 1,00 kW/h e os de potência de 12.000 Btu/h era de 1,20 kWh. Segundo o Catálogo de 2005, o consumo dos aparelhos de ar condicionado caiu para 0,67 kW/h e 0,81 kW/h, respectivamente. Isto significa, em ambos os casos, um aumento de 33% na eficiência destes aparelhos. Considerou-se então, nestas faixas de potência, que os aparelhos com idade entre 6 e 10 anos têm um consumo 33% maior do que dos com 5 anos ou menos.

De acordo com o Catálogo do Selo PROCEL de 2001 (ELETROBRÁS/PROCEL, 2011), a eficiência dos aparelhos com potência entre 9.500 Btu/h e 10.500 Btu/h, em 2001, era 14% maior do que a dos aparelhos fabricados em 1995. Considerar-se-á, então, os aparelhos com idade entre 11 e 15 anos possuindo um consumo 14% maior que aqueles com menos de 11 anos, para todos os aparelhos. Os aparelhos com idade não identificada serão considerados com consumo igual à média de todas as idades verificadas. O Quadro 5-15 apresenta a distribuição dos aparelhos de ar condicionado na Região Sudeste, segundo os dados do

PROCEL, de acordo com as classes de renda.

Quadro 5-15 - Idade dos aparelhos de ar condicionado na Região Sudeste em porcentagem de acordo com as classes de renda (%)

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
0 a 5 anos	0	0	57,1	34,6	30,4	48,0	50,0
6 a 10 anos	0	0	0	26,9	39,2	36,0	39,3
11 a 15 anos	0	0	28,6	23,1	8,7	4,0	3,6
mais de 15 anos	0	0	0	0	0	0	0
não sabe	0	0	14,3	15,4	21,7	12,0	7,1
Total	0	0	100	100	100	100	100

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007

Segundo o Relatório do PROCEL Sudeste (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007a), nesta Região, o aparelho de ar condicionado não é utilizado no clima frio, no clima ameno é utilizado uma vez por semana e no clima quente é utilizado quatro dias por semana. E esta utilização está concentrada no período noturno, quando ocorre a sensação térmica de calor e as pessoas estão em casa.

PEREIRA (2010) estabelece o período do ano no qual, em Belo Horizonte, o clima é considerado frio, ameno ou quente. Estabelece também, de acordo com critérios de conforto ambiental, que, em Belo Horizonte, o período diário de utilização do ar condicionado é de 6 horas. A Tabela 5-4 apresenta o tempo de uso do ar condicionado em Belo Horizonte de acordo com o período do ano conforme estabelecido por Pereira.

Tabela 5-4 Cálculo do tempo de consumo anual do ar condicionado em Belo Horizonte

Sensação Térmica	Período (meses)	Período (semanas)	Uso (dia/sem)	Uso (h/dia)	Uso (dias/ano)	Uso (horas/ano)
Frio	maio a ago	18	0	6	0	0
Ameno	abr, set,out	13	1	6	13	78
Quente	nov a mar	21	4	6	84	504

Fonte: PEREIRA (2010)

Conforme a Tabela 5-4, em Belo Horizonte, o ar condicionado é utilizado durante 97 dias no ano e 6 horas a cada dia, o que equivale a 582 horas ao ano. O consumo dos aparelhos de ar condicionado de acordo com a idade é mostrado no Quadro 5-16.

Quadro 5-16 Consumo dos aparelhos de ar condicionado de acordo com a idade

Idade	Potência de 7.500 Btu/h		Potência de 10.000 Btu/h		Potência 12.000 Btu/h	
	Consumo (kW/h)	Consumo Anual (kWh/ano)	Consumo (kW/h)	Consumo Anual (kWh/ano)	Consumo (kW/h)	Consumo Anual (kWh/ano)
0 a 5 anos	0,53	308,46	0,67	389,94	0,80	465,60
6 a 10 anos	0,79	459,78	1,00	582,00	1,20	698,40
mais de 10 anos	0,90	523,80	1,14	663,48	1,37	797,34
Não identificado	0,74	430,68	0,94	547,08	1,12	651,84

Fonte: Elaboração própria

5.2.2.2 Ventiladores de teto e ventiladores ou circuladores de ar

A única pesquisa sobre posse e uso de ventiladores e circuladores de ar é a do PROCEL/ELETROBRÁS. Ela faz uma distinção entre os ventiladores de teto e os outros ventiladores e circuladores de ar. O Quadro 5-17 apresenta o resultado da análise dos dados do PROCEL/ELETROBRÁS para os ventiladores de teto. Ele mostra a porcentagem de domicílios que possuem este tipo de ventilador, assim como a porcentagem do número de aparelhos por domicílio e posse dos mesmos de acordo com as classes de renda.

Quadro 5-17 Porcentagem de domicílios que possuem ventiladores de teto, porcentagem do número de aparelhos por domicílio e posse de acordo com as classes de renda na Região Sudeste

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
% dos domicílios que possuem ventiladores de teto	7,3	12,7	12,7	22,6	28,8	39,0	35,3
% que possui 1 aparelho	40,0	68,8	58,8	45,8	41,9	34,0	33,3
% que possui 2 aparelhos	60,0	12,5	35,3	36,7	22,6	22,6	41,7
% que possui 3 aparelhos	0,0	18,7	5,9	14,2	25,0	30,2	16,7
% que possui mais de 3 aparelhos	0,0	0,0	0,0	3,3	10,5	13,2	8,3
Posse (equipamento/domicílio)	0,12	0,19	0,19	0,40	0,60	0,88	0,71

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007

A porcentagem dos domicílios que possuem ventiladores de teto aumenta de acordo com a classe de renda, com exceção da faixa de 10 a 20 salários mínimos que tem posse e porcentagem de domicílios maior do que a faixa de mais de 20 salários mínimos. A porcentagem dos domicílios que possuem mais de três ventiladores de teto é muito pequena em todas as classes. Todas as classes de renda apresentaram este tipo de equipamento, embora a posse seja muito pequena nas classes de menos de 3 salários mínimos.

O PROCEL, a partir de 2008, passou emitir o Selo PROCEL para ventiladores de teto e a publicar em seus catálogos o consumo dos mesmos. Antes desta data o consumo é medido tendo como referência a potência nominal dos aparelhos. O consumo médio dos ventiladores de teto, segundo o Catálogo do Selo PROCEL (ELETROBRÁS/PROCEL, 2011) de 2008, era de 1,4 kWh. Este consumo será o utilizado no trabalho. Em uma pesquisa com os ventiladores de teto comercializados atualmente (2011) a potência dos ventiladores de teto residenciais varia entre 130 W a 150 W.

O Quadro 5-18 mostra os resultados obtidos na análise dos dados do PROCEL/ELETROBRÁS para os ventiladores que não são de teto e circuladores de ar. A pesquisa coloca estes aparelhos na mesma categoria.

Quadro 5-18 Porcentagem de domicílios que possuem ventiladores ou circuladores de ar, porcentagem do número de aparelhos por domicílio e posse de acordo com as classes de renda na Região Sudeste

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
% dos domicílios que possuem ventiladores ou circuladores de ar	14,5	32,0	31,8	39,6	41,3	45,6	64,7
% que possui 1 aparelho	100,0	90,1	71,8	60,5	66,3	56,5	59,1
% que possui 2 aparelhos	0,0	8,7	24,7	34,3	24,2	30,6	27,3
% que possui 3 aparelhos	0,0	1,2	3,5	4,8	6,7	11,3	4,5
% que possui mais de 3 aparelhos	0,0	0,0	0,0	0,4	2,8	1,6	9,1
Posse (equipamentos/domicílio)	0,15	0,36	0,42	0,57	0,61	0,72	1,15

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007

A posse e a porcentagem de domicílios que possuem estes aparelhos crescem de acordo com a classe de renda. A posse de circuladores e ventiladores é maior do que a posse dos ventiladores de teto em todas as classes de renda. Provavelmente, por estes não necessitarem de instalação e poderem ser facilmente transportados de um cômodo para outro.

A sua potência é um pouco menor do que a potência dos ventiladores de teto. O PROCEL não emite selo para este tipo de aparelho. Então, o seu consumo é avaliado em uma pesquisa feita entre os aparelhos comercializados. Foram pesquisados 30 aparelhos de diferentes marcas. A potência nominal dos mesmos variou entre 40 W e 80 W, sendo que um pequeno número apresentou potência de 120 W. Para estes equipamentos será utilizada uma potência média de 80 W, ou um consumo de 0,08 kWh.

Apesar das muitas similaridades, optou-se por diferenciar estes dois tipos de equipamento (ventiladores de teto e ventiladores/circuladores), não só por estarem diferenciados pela pesquisa do PROCEL, mas também porque futuramente pode haver um aumento do consumo de um ou outro tipo de aparelho, assim como um aumento de potências e/ou eficiências dos mesmos de modo diferenciado.

O período de utilização dos ventiladores e circuladores de ar é o mesmo do utilizado para os

condicionadores de ar, como mostrado na tabela 5.4, correspondendo a 582 horas por ano. A Tabela 5-1 contém o consumo anual dos ventiladores e circuladores para o município de Belo Horizonte, como utilizado no trabalho.

Tabela 5-5 Consumo de ventiladores de teto e ventiladores e circuladores em Belo Horizonte

	Consumo (kW/h)	Consumo Anual (kW/ano)
Ventiladores de teto	0,14	81,48
Ventiladores/circuladores	0,08	46,56

Fonte: Elaboração própria

5.2.2.3 Aquecedores de ar elétricos

A pesquisa do PROCEL/ELETROBRÁS incluiu perguntas a respeito da posse e utilização de aquecedores de ar elétricos. A análise destes dados, para a Região Sudeste, está resumida no Quadro 5-19.

Quadro 5-19 Porcentagem de domicílios que possuem aquecedores de ar elétricos, porcentagem do número de aparelhos por domicílio e posse de acordo com as classes de renda na Região Sudeste

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
% dos domicílios que possuem aquecedores	0,0	0,0	0,0	0,6	2,1	4,4	5,9
% que possui 1 aparelho	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0	50,0
% que possui 2 aparelhos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0
Posse (equipamentos/domicílio)	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,09

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007

A posse de aquecedores de ar elétricos na Região Sudeste é muito pequena. Só em classes de renda de mais de 3 salários mínimos ela ocorre. O PROCEL não emite selo para este tipo de equipamento. Uma pesquisa feita com vários modelos e marcas residenciais comerciais (20 tipos) revelou potências entre 1.200 W a 1.500 W, portanto foi adotado um consumo médio de 1,30 kWh. De acordo com o PROCEL (PROCEL/ELETROBRÁS, 2007a) a maioria utiliza o aquecedor de 1 a 3 vezes por semana. Entende-se que esta utilização ocorra apenas no tempo frio (a pesquisa do PROCEL não perguntou, como no caso dos aparelhos de ar

condicionado, o tipo de clima no qual o aquecedor é utilizado). Será utilizada a média de 2 vezes por semana, 6 horas por dia, durante o período de desconforto térmico por frio, como determinado na Tabela 5-1. Este tempo está especificado na Tabela 5-6. O consumo anual dos aquecedores no município de Belo Horizonte como utilizado no trabalho é dado na Tabela 5-7.

Tabela 5-6 Período de utilização do aquecedor de ar em Belo Horizonte

Sensação Térmica	Período (meses)	Período (semanas)	Uso (dia/sem)	Uso (h/dia)	Uso (dias/ano)	Uso (horas/ano)
Frio	maio a ago	18	2	6	36	216

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5-7 Consumo de aquecedores de ar em Belo Horizonte

	Consumo (kW/h)	Consumo Anual (kW/ano)
Aquecedores	1,30	280,80

Fonte: Elaboração própria

5.2.2.4 Resultados de Conforto Ambiental

A Tabela 5-8 mostra os resultados obtidos para a demanda calculada de eletricidade para condicionamento ambiental residencial de acordo com o tipo de equipamento e as classes de renda.

Tabela 5-8 Demanda de energia elétrica para condicionamento ambiental no setor residencial no município de Belo Horizonte no ano de 2005

Demanda em 2005 (GWh/ano)	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos	Total
Ar condicionado	0,0	0,0	1,3	3,1	9,4	9,2	10,7	33,7
Ventiladores de teto	0,5	1,8	1,6	4,7	6,1	4,1	1,8	20,6
Ventiladores ou circuladores	0,4	2,0	2,0	3,8	3,6	1,9	1,7	15,4
Aquecedores de ar	0,0	0,0	0,0	0,4	0,7	0,6	0,8	2,5
Total	0,9	3,8	4,9	12,0	19,8	15,8	15,0	72,2

Fonte: Elaboração própria

O total da demanda para condicionamento ambiental da Tabela 5-8 é 72,2 GWh. Este valor corresponde a 5,4 % do consumo para o município de Belo Horizonte no ano de 2005 (1,3 TWh). Para a Região Sudeste (PROCEL/ELETROBRÁS, 2007a) o condicionamento ambiental corresponde a 11,0% da energia gasta para o setor residencial. Já para Minas Gerais (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007) esta porcentagem é 0,9%. Esta diferença pode ser explicada pela diferença climática entre Belo Horizonte e os outros estados da Região Sudeste e pela diferença climática entre o município de Belo Horizonte e outras partes do Estado.

5.2.3 Conservação de Alimentos

A conservação de alimentos é o uso final de maior consumo residencial de energia elétrica no Brasil, como mostrado na Figura 3-5 e na Região Sudeste (Figura 3-6), utilizando 27,0% da energia consumida no setor. O segundo lugar fica com o aquecimento de água para banho, que, no Brasil utiliza 24,0% e na Região Sudeste 26,0% do consumo de energia elétrica no setor residencial (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007a). Em Minas Gerais estas posições se invertem, sendo que o 30,8% da energia elétrica consumida no setor residencial é utilizada para a conservação de alimentos e 48,4% para o aquecimento de água (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007).

Esta grande porcentagem de energia elétrica para conservação de alimentos no setor residencial justifica o esforço que a ELETROBRÁS tem feito no sentido de certificar os equipamentos de refrigeração com o Selo PROCEL de Eficiência Energética desde 1995 (ELETROBRÁS/PROCEL, 2011), fazendo com que as empresas lancem no mercado produtos cada vez mais eficientes.

Os equipamentos utilizados na refrigeração de alimentos são as geladeiras e os *freezers*. Eles são comercializados em uma grande variedade de tamanhos e modelos.

5.2.3.1 Geladeiras

As geladeiras, ou refrigeradores, são responsáveis pelo consumo de 22% da energia elétrica utilizada pelo setor residencial tanto do Brasil quanto da Região Sudeste.

O Quadro 5-20 mostra a porcentagem de domicílios que possuem refrigeradores na Região Sudeste, a porcentagem do número de aparelhos por domicílio e a posse dos mesmos de acordo com as classes de renda.

Quadro 5-20 Porcentagem de domicílios que possuem refrigeradores, porcentagem do número de aparelhos por domicílio e posse de acordo com as classes de renda na Região Sudeste

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
% que possui 1 aparelho	96,3	96,1	94,7	95,3	87,1	76,0	53,5
% que possui mais de 1 aparelho	3,7	3,9	5,3	4,7	12,9	24,0	46,5
Posse (equipamentos/domicílio)	0,78	0,92	1,00	1,00	1,06	1,13	1,26

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007b

Ao serem estudados, os dados da ELETROBRÁS/PROCEL mostraram dois tipos de refrigeradores com consumo bem distintos: geladeiras de uma porta e geladeiras combinadas (*freezer* e geladeira em um único aparelho e com duas portas distintas). A porcentagem de cada uma destas geladeiras está descrita no Quadro 5-21, juntamente com a porcentagem de refrigeradores cujo tipo não pôde ser identificado.

Quadro 5-21 Porcentagem de geladeiras de uma porta, de geladeiras combinadas e geladeiras de tipo não identificado de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (%)

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
Geladeiras de 1 porta	42,5	39,5	40,8	34,3	30,6	27,7	20,9
Geladeiras combinadas	9,2	5,1	9,8	16,8	26,2	38,7	48,8
Não identificadas	48,3	55,4	49,4	48,9	43,2	33,6	30,3

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007b

Como a lista de marcas e tipos de geladeiras pesquisadas pela ELETROBRÁS/PROCEL 2007 é limitada, houve um grande número de aparelhos que não tiveram os seus tipos identificados. Como este número em muitas classes de renda chega a quase 50%, considerou-se adequado utilizar estes dados no trabalho, como descrito a seguir.

O Quadro 5-22 apresenta a posse de geladeiras de uma porta e de geladeiras combinadas de acordo com as classes de renda, conforme apurado nos dados, sendo que a posse das geladeiras de tipo não identificado foi distribuída, sendo 70% para as geladeiras de 1 porta e

30% para as geladeiras combinadas. Isto porque segundo o Catálogo do Selo PROCEL (ELETROBRÁS/PROCEL, 2011) de 2004, 70% dos refrigeradores vendidos no país são de uma porta.

Quadro 5-22 Posse de geladeiras de uma porta e de geladeiras combinadas de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (equipamentos/domicílio)

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
Geladeiras de 1 porta	0,62	0,76	0,78	0,69	0,60	0,51	0,43
Geladeiras combinadas	0,16	0,16	0,22	0,31	0,46	0,62	0,84

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007b

O Quadro 5-23 mostra o consumo mensal dos refrigeradores como utilizado no trabalho. De acordo com os Catálogos do Selo PROCEL (ELETROBRÁS/PROCEL, 2011), a eficiência dos refrigeradores tem mudado muito com o tempo. O Catálogo do Selo PROCEL de Eficiência Energética de 2001 (ELETROBRÁS/PROCEL, 2011) afirma que, os aparelhos comercializados naquele ano eram 30% mais eficientes que os de 1994. Houve um aumento de eficiência de 8% para as geladeiras de uma porta e de 14% para as geladeiras combinadas entre os anos de 2001 e 2002 (ELETROBRÁS/PROCEL, 2011). Segundo o PROCEL (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007b), 96,2% dos refrigeradores da Região Sudeste são usados permanentemente, portanto, são utilizados durante 24 horas por dia, todos os dias do ano.

Quadro 5-23 Consumo mensal e anual de geladeiras de 1 porta e combinadas de acordo com a idade em kWh

Idade	Geladeira de 1 porta		Geladeira Combinada	
	Consumo (kWh/mês)	Consumo Anual (kWh/ano)	Consumo (kWh/mês)	Consumo Anual (kWh/ano)
0 a 5 anos	25,60	307,20	51,00	612,00
6 a 10 anos	27,80	333,60	59,40	712,80
11 a 15 anos	36,14	433,68	81,38	976,56
mais de 15 anos	39,75	477,00	89,52	1.074,24
Não identificado	32,32	387,84	70,32	843,84

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2011

A idade dos refrigeradores tem uma grande influência no consumo, pois os refrigeradores mais antigos possuem uma eficiência muito menor do que os mais novos. As geladeiras combinadas consomem quase o dobro das geladeiras de 1 porta.

O Quadro 5-24 apresenta a porcentagem das amostras de refrigeradores da pesquisa do PROCEL de acordo com a idade e com as classes de renda.

Quadro 5-24 Idade dos refrigeradores em porcentagem de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (%)

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
0 a 5 anos	42,6	37,8	39,3	33,7	35,8	39,4	39,5
6 a 10 anos	25,9	26,6	27,7	36,8	34,3	36,1	32,6
11 a 15 anos	13,0	17,2	16,9	18,1	17,7	11,5	4,7
Mais de 15 anos	18,5	18,0	13,5	10,1	12,2	12,3	20,9
Não identificada	0,0	0,4	2,6	1,3	0,0	0,7	2,3

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007b

5.2.3.2 *Freezers*

Os *freezers*, tanto na Região Sudeste quanto no Brasil são responsáveis por 5% da energia elétrica consumida no setor residencial.

O Quadro 5-25 apresenta a porcentagem de domicílios que possuem *freezers* na Região Sudeste, assim como a porcentagem dos domicílios que possuem um *freezer*, mais de um *freezer* e a posse de *freezers* de acordo com as classes de renda.

Quadro 5-25 - Porcentagem de domicílios que possuem *freezers*, porcentagem do número de aparelhos por domicílio e posse de acordo com as classes de renda na Região Sudeste

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
% dos domicílios que possuem <i>freezers</i>	7,3	6,3	10,1	14,1	30,2	46,3	52,9
% que possui 1 <i>freezer</i>	100,0	100,0	77,1	100,0	90,3	100,0	81,8
% que possui mais de 1 <i>freezer</i>	0,0	0,0	22,9	0,0	9,7	0,0	18,2
Posse (equipamentos/domicílio)	0,07	0,06	0,13	0,14	0,33	0,46	0,65

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007b

Como esperado, a posse de *freezers* cresce de acordo com as classes de renda. A porcentagem de domicílios que possuem mais de um *freezer* é pequena em todas as classes de renda, sendo que, a maioria dos domicílios possui apenas um *freezer*.

Durante o estudo dos dados da pesquisa do PROCEL observou-se a existência de dois principais tipos de *freezer*: o vertical e o horizontal. Também observou-se a existência de *freezers frost free*, isto é, de degelo automático. Embora a porcentagem deste tipo de *freezer* seja pequena, chegando no máximo a 11,1 na classe de renda de 10 a 20 salários mínimos, ela pode mostrar-se importante no futuro, já que seu consumo é cerca de 30% maior do que o dos outros tipos de *freezers*. O PROCEL em seus Catálogos de Eficiência Energética, preocupado com o crescente consumo deste tipo de *freezer*, distingue-o dos outros dois (ELETROBRÁS/PROCEL, 2011). O Quadro 5-26 mostra como é a distribuição destes tipos de *freezer*, nos domicílios da Região Sudeste.

Quadro 5-26 Porcentagem de freezers verticais, freezers horizontais, freezers verticais frost free e de tipo não identificado de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (%)

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
<i>Freezers</i> verticais	40,0	31,3	34,3	54,6	47,9	50,8	59,1
<i>Freezers</i> verticais <i>frost</i> <i>free</i>	0,0	0,0	2,9	4,0	4,2	11,1	0,0
<i>Freezers</i> horizontais	20,0	25,0	25,7	10,7	14,6	19,0	22,7
Não identificados	40,0	43,7	37,1	30,7	33,3	19,1	18,2

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007b

O freezer vertical é maioria nos domicílios da Região Sudeste, provavelmente porque é o que possui maior aproveitamento de espaço.

O Quadro 5-27 apresenta a posse dos tipos de freezer apresentados no Quadro 5-26. A posse de freezers não identificados foi distribuída entre os outros três tipos, de acordo com a porcentagem da ocorrência de cada tipo de freezer, conforme Quadro 5-26.

Quadro 5-27 Posse de freezers verticais, freezers horizontais e freezers frost free de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (equipamentos/domicílio)

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
<i>Freezers</i> verticais	0,04	0,03	0,06	0,10	0,21	0,28	0,45
<i>Freezers</i> horizontais	0,03	0,03	0,06	0,03	0,09	0,12	0,20
<i>Freezers</i> verticais <i>frost</i> <i>free</i>	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,06	0,00

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007b

Ao estudar-se o consumo dos freezers verticais e horizontais, verificou-se que estes são praticamente idênticos. Segundo o Catálogo do Selo PROCEL de Eficiência Energética de 2005 (ELETROBRÁS/PROCEL, 2011), o consumo médio dos freezers horizontais era de

39,53 kWh/mês e o consumo médio dos *freezers* verticais era de 39,97 kWh/mês. Os *freezers* verticais e consequentemente os *frost free*, só aparecem nos catálogos do PROCEL a partir de 2003. Portanto, optou-se por agrupar os *freezers* verticais e horizontais em um só grupo.

O Quadro 5-28 mostra o consumo mensal e anual dos *freezers* utilizado no trabalho.

Quadro 5-28 Consumo mensal e anual de *freezers* de acordo com a idade

Idade	<i>Freezer Horizontal e Vertical</i>		<i>Freezer Frost Free</i>	
	Consumo (kWh/mês)	Consumo Anual (kWh/ano)	Consumo (kWh/mês)	Consumo Anual (kWh/ano)
0 a 5 anos	39,75	477,00	54,45	653,4
6 a 10 anos	54,52	654,24	75,14	901,68
11 a 15 anos	70,88	850,56	97,68	1.172,16
mais de 15 anos	77,96	935,52	107,45	1.289,40
Não identificado	60,78	729,36	83,68	1.004,16

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007b

O Quadro 5-29 mostra da idade dos *freezers* da Região Sudeste de acordo com as classes de renda. A maioria dos *freezers* tem menos de 10 anos de idade.

Quadro 5-29 Idade dos *freezers* em porcentagem de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (%)

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
0 a 5 anos	40,0	37,5	60,0	36,0	31,2	28,6	36,4
6 a 10 anos	40,0	56,3	28,6	50,7	54,1	50,7	54,6
11 a 15 anos	0,0	6,2	2,9	6,6	7,7	11,1	9,0
Mais de 15 anos	0,0	0,0	5,7	2,7	3,5	6,4	0,0
Não identificada	20,0	0,0	2,8	4,0	3,5	3,2	0,0

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007b

5.2.3.3 Total da Conservação de Alimentos

A demanda de energia elétrica para a conservação de alimentos no setor residencial de Belo Horizonte calculada é apresentada na Tabela 5-9.

Tabela 5-9 Demanda de energia elétrica para conservação de alimentos no setor residencial no município de Belo Horizonte no ano de 2005

Demanda em 2005 (GWh/ano)	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos	Total
Geladeira 1 porta	11,3	33,3	28,3	35,7	27,1	10,2	4,9	150,8
Geladeira combinada	6,2	15,0	17,0	34,3	44,4	26,3	20,2	163,4
Freezer simples	2,0	4,3	6,5	11,5	23,6	14,2	11,8	73,9
Freezer Frost Free	0,0	0,0	0,8	1,2	2,2	3,0	0,0	7,2
Total	19,5	52,6	52,6	82,7	97,3	53,7	36,9	395,3

Fonte: Elaboração Própria

O total acima, 395,3 GWh corresponde a 29,5% do consumo de energia elétrica no setor residencial de Belo Horizonte no ano de 2005.

5.2.4 Iluminação

A iluminação é um uso final de extrema importância em um domicílio. No Brasil, em 2005, as lâmpadas eram responsáveis pelo consumo de 14,0% da energia elétrica do setor residencial. Já na Região Sudeste, este consumo equivalia a 19,0% (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007a). Em Minas Gerais, em 2005, esta porcentagem era 16,1% (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007).

As lâmpadas são o único equipamento responsável por este consumo. Os principais tipos de lâmpadas utilizadas em residências são as incandescentes e as fluorescentes. Até 2001 (quando ocorreu o racionamento de energia elétrica), era quase exclusivo o uso de lâmpadas incandescentes, que possuem uma eficiência menor do que o das lâmpadas fluorescentes. Com o racionamento, muitas pessoas começaram a substituir as lâmpadas incandescentes pelas lâmpadas fluorescentes. No Brasil, a Região Sudeste é a que possui menor posse de lâmpadas fluorescentes, 3,35. A Região Sul é a que possui maior número desta posse, 4,98, porém, a Região Norte é a que possui a maior diferença entre a posse de lâmpadas fluorescentes e incandescentes, 4,98 para 1,91 (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007b).

A Tabela 5-10, a Tabela 5-11 e a Tabela 5-12 mostram a posse de lâmpadas de acordo com o

tipo e a potência na Região Sudeste em 2005.

Tabela 5-10 Posse de lâmpadas incandescentes de acordo com a potência na Região Sudeste em 2005 (equipamentos/domicílio)

	25 W	40 W	60 W	100 W	150 W
Incandescentes	0,07	0,36	4,05	0,84	0,03

Fonte: ELETROBRÁS/PROCEL, 2007b

Tabela 5-11 Posse de lâmpadas fluorescentes de acordo com a potência na Região Sudeste em 2005 (equipamentos/domicílio)

	Tubular		Compacta		Circular
	20 W	40 W	Até 15 W	Acima de 15 W	150 W
Fluorescentes	0,48	0,56	1,02	1,13	0,16

Fonte: ELETROBRÁS/PROCEL, 2007b

Tabela 5-12 Posse de outros tipos de lâmpadas de acordo com a potência na Região Sudeste em 2005 (equipamentos/domicílio)

	Dicróica	Outras
Outras	0,07	0,03

Fonte: ELETROBRÁS/PROCEL, 2007b

Das lâmpadas incandescentes utilizadas, as de 60 W são a maioria, com 75,7% das lâmpadas encontradas nas amostras. As lâmpadas fluorescentes possuem a maioria das amostras concentradas nas compactas, com 30,5% até 15 W e 33,7% acima de 15 W. Outros tipos de lâmpadas têm a posse muito baixa.

No cálculo do consumo, por hipótese, foram consideradas as seguintes potências:

- para as lâmpadas fluorescentes compactas de até 15W foi utilizada a potência de 15W,
- para lâmpadas fluorescentes compactas de mais de 15W foi utilizada a potência de 23W,
- para lâmpadas dicróicas, potência de 40 W,
- e para outros tipos, potência de 40 W.

Para as lâmpadas fluorescentes compactas, foi feita uma pesquisa informal em lojas e observou-se que as maiores vendas estão concentradas nas potências de 15W e 23W. Com as lâmpadas dicróicas o mesmo foi feito. Como os outros tipos compreendem um grande número de tipos não especificados na pesquisa, e tendo em vista que a sua posse é muito baixa, optou-se por utilizar a potência de 40W para uniformizar a categoria “Outras”.

Ao fazer a estratificação dos dados, optou-se por utilizar três tipos de lâmpadas:

incandescentes, fluorescentes e outras. Apesar da posse de outras ser pequena, no futuro ela pode tornar-se importante, com a penetração de outras tecnologias no mercado, como por exemplo, as lâmpadas LED.

O Quadro 5-30 apresenta a porcentagem do tipo de lâmpada de acordo com as classes de renda.

Quadro 5-30 Porcentagem dos tipos de lâmpadas de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (%)

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
Incandescentes	82,7	78,1	77,0	65,3	59,3	45,9	51,0
Fluorescentes	17,3	21,2	22,9	34,4	39,7	52,9	45,0
Outras	0,0	0,7	0,1	0,3	1,0	1,2	4,0

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007b

As lâmpadas fluorescentes, apesar de mais eficientes possuem um preço maior, fazendo com que, nas classes de renda mais baixas elas apareçam em menor quantidade. De um modo geral, a porcentagem de lâmpadas fluorescentes aumenta de acordo com a classe de renda. A porcentagem de outros tipos de lâmpadas também aumenta de acordo com a classe de renda.

O Quadro 5-31 apresenta a posse das lâmpadas por tipo e classes de renda como utilizado no trabalho.

Quadro 5-31 Posse dos tipos de lâmpadas de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (equipamentos/domicílio)

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
Incandescentes	4,38	4,49	4,80	5,09	5,80	6,30	10,00
Fluorescentes	0,91	1,22	1,43	2,68	3,88	7,26	8,82
Outras	0,00	0,04	0,00	0,02	0,11	0,17	0,79

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007b

Todas as posses aumentam de acordo com as classes de renda. Este resultado é esperado, já que, com o aumento dos rendimentos, as pessoas tendem a ter residências com áreas maiores, maior número de cômodos e acesso a projetos elétricos e arquitetônicos que contemplam maior número de lâmpadas.

De acordo com a literatura (ACHÃO, 2003) as lâmpadas são geralmente utilizadas durante 5

horas por dia e deve ser aplicado um fator de simultaneidade, de 0,65, pois elas não são todas acesas ao mesmo tempo.

A Tabela 5-13 apresenta a demanda de energia elétrica para iluminação no setor residencial em Belo Horizonte no ano 2005. A categoria “Outras” não apresentou demanda significativa.

Tabela 5-13 Demanda de energia elétrica para iluminação no setor residencial no município de Belo Horizonte no ano de 2005

Demanda em 2005 (GWh/ano)	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos	Total
Lâmpadas Incandescentes	14,1	32,3	28,7	37,1	33,3	12,6	12,3	170,4
Lâmpadas Fluorescentes	0,2	0,9	0,9	3,8	5,5	6,1	3,5	20,9
Total	14,3	33,2	29,6	40,9	38,8	18,7	15,8	191,3

Fonte: Elaboração Própria

O total acima, 191,3 GWh corresponde a 14,3% do consumo de energia o setor residencial no município de Belo Horizonte no ano de 2005.

5.2.5 Lazer

Para a categoria Lazer são utilizados diversos equipamentos. Na pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso do PROCEL foram pesquisados os seguintes equipamentos que se enquadram nesta categoria: TV, aparelho de som, rádio elétrico, aparelho de vídeo cassete, aparelho de DVD, microcomputador, impressora, vídeo game e aparelho de TV por assinatura (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007b).

O Quadro 5-32 apresenta a posse dos equipamentos utilizados para lazer de acordo com as classes de renda na Região Sudeste, como apurado na estratificação dos dados.

Quadro 5-32 Posse dos equipamentos utilizados para lazer de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (equipamentos/domicílio)

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
TV	0,96	1,05	1,19	1,28	1,65	2,32	2,00
Som	0,48	0,55	0,56	0,66	0,88	1,04	1,50
Rádio Elétrico	0,43	0,41	0,45	0,41	0,39	0,63	0,41
Video	0,10	0,19	0,27	0,35	0,53	0,68	1,06
DVD	0,04	0,04	0,05	0,13	0,26	0,54	0,79
Microcomputador	0,06	0,04	0,04	0,09	0,40	0,68	1,03
Impressora	0,03	0,03	0,03	0,06	0,20	0,51	0,65
Video Game	0,03	0,02	0,06	0,07	0,14	0,21	0,24
Aparelho de TV por assinatura	0,01	0,01	0,01	0,04	0,13	0,48	0,74

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007b

A TV é o equipamento de maior posse dentre todos os equipamentos pesquisados. A sua posse é menor do que 1 apenas na classe de renda de menos de 1 salário mínimo. Com exceção do rádio elétrico, todas as posses crescem de acordo com as classes de renda. O rádio possui uma posse bem variada.

A TV foi o único dos equipamentos acima onde foi perguntada a marca e a idade. Para todos os outros as perguntas foram relativas à quantidade, se usa o *standby* e a utilização (tempo) (ELETROBRÁS/PROCEL 2007b). Para a televisão, foi perguntada apenas a marca, e não o tamanho ou o tipo (cinescópio, plasma, LCD, LED, etc.). O tamanho da TV e o tipo são o que mais influenciam no consumo. Como hipótese será considerado que, em 2005 os televisores eram de cinescópio, pois em pesquisa informal observou-se que antes de 2005 os televisores de plasma e LCD eram raros, e estavam acessíveis apenas a consumidores de alto poder aquisitivo. O consumo adotado será a média do consumo dos tamanhos existentes. A maioria dos televisores eram novos, sendo que: 42,6% tinham de 0 a 5 anos e 39,1% tinham de 6 a 10 anos. A Tabela 5-14 apresenta o consumo específico dos eletrodomésticos utilizados para lazer como adotado no trabalho.

Tabela 5-14 Consumo específico dos eletrodomésticos utilizados para lazer adotados no trabalho

	Potência média (W)	Dias de uso no mês	Média de horas por dia	Consumo mensal (kWh/mês)	Consumo anual (kWh/ano)
TV	82,5	30	5	12,4	148,5
Som	80	20	3	4,8	57,6
Rádio Elétrico	10	30	10	3,0	36,0
Videocassete	40	8	2,5	0,8	9,6
DVD*	40	8	2,5	0,8	9,6
Microcomputador	120	30	3	10,8	129,6
Impressora	210	1	1	0,21	2,52
Videogame	15	15	4	0,9	10,8
Aparelho de TV por assinatura	30	30	5	4,5	54,0

Fonte: ELETROBRÁS/PROCEL 2007b, ELETROBRÁS/PROCEL 2011b, ANEEL 2011

*Por hipótese, considerou-se a potência e o uso do DVD igual ao do videocassete.

O consumo e a porcentagem de utilização dos aparelhos que utilizam *standby* estão descritos na Tabela 5-15. Foram considerados apenas os aparelhos que possuem consumo significativo no módulo de *standby* (mais de 10% de utilização)⁵.

Tabela 5-15 Porcentagem da utilização de *standby* e consumo no *standby*

<i>StandBy</i>	Porcentagem que usam (%)	Potência média (W)	Dias de uso no mês	Média de horas por dia	Consumo mensal (kWh/mês)	Consumo anual (kWh/ano)
TV	55,9	1,1	30	19	0,6	7,2
Som	29,0	1,0	30	21	0,6	7,2
Videocassete	14,5	0,1	30	22,5	0,08	1,0
DVD*	10,1	0,1	30	22,5	0,08	1,0

Fonte: ELETROBRÁS/PROCEL 2007b, ELETROBRÁS/PROCEL 2011b, ANEEL 2011

*Por hipótese, considerou-se a potência e o uso do *standby* do DVD igual ao do videocassete

Embora o *standby* dos equipamentos possua um consumo baixo, em grande escala este consumo pode se tornar importante. O PROCEL concede o Selo de Eficiência Energética

⁵ A porcentagem de *standby*, conforme ELETROBRÁS/PROCEL 2007b, é calculada tendo como referência as amostras no Brasil, e não regionais.

somente para o modo de *standby* dos televisores.

A Tabela 5-16 mostra a demanda de energia elétrica, adotada, para lazer no município de Belo Horizonte no ano de 2005. Optou-se entre fazer diferenciação apenas entre TV, aparelhos de som e rádio e outros, classe que engloba todos os demais equipamentos. Em ELETROBRÁS/PROCEL 2007a, a TV e o aparelho de som são destacados dos demais equipamentos, como se pode ver na Figura 3-5.

Tabela 5-16 Demanda de energia elétrica para lazer no setor residencial no município de Belo Horizonte no ano de 2005

Demanda em 2005 (GWh/ano)	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos	Total
TV	7,2	18,6	17,8	27,5	30,8	19,5	9,3	130,7
Som e Rádio	2,2	5,5	4,9	7,6	8,1	4,7	3,2	36,2
Outros	0,5	1,0	1,0	2,8	8,6	7,3	6,1	27,3
Total	9,9	25,1	23,7	37,9	47,5	31,5	18,6	194,2

Fonte: Elaboração Própria

O valor total acima corresponde a 14,5% do consumo total de energia do setor residencial do município de Belo Horizonte no ano de 2005. O consumo da categoria outros cresce consideravelmente a partir da classe de mais de 5 salários mínimos.

5.2.6 Serviços gerais

Serviços Gerais é uma categoria que abrange um grande número de equipamentos. Possui também equipamentos muito diferenciados. A pesquisa do PROCEL questionou sobre vários equipamentos que podem ser encaixados nesta categoria: ferro elétrico, lavadora de roupas, lavadora de louças, secadora de roupas, forno de microondas, forno elétrico, liquidificador, batedeira, cafeteira elétrica, panela elétrica, exaustor, enceradeira, aspirador de pó, bomba d'água elétrica, torneira elétrica, hidromassagem, vaporetto, vaporizador (pressurizador de água) e máquina de costura elétrica. Destes, os únicos que apresentaram posse significativa foram o ferro elétrico, a lavadora de roupas, o microondas, o liquidificador, a batedeira e o aspirador de pó. O PROCEL destaca o ferro elétrico e a lavadora de roupas como de maior interesse no consumo residencial (ELETROBRÁS/PROCEL 2007b).

O Quadro 5-33 apresenta a posse apurada dos equipamentos utilizados para lazer na Região

Sudeste de acordo com as classes de renda.

Quadro 5-33 Posse dos equipamentos utilizados para serviços gerais de acordo com as classes de renda na Região Sudeste (equipamentos/domicílio)

	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
Ferro Elétrico	0,74	0,85	0,93	0,96	0,98	0,99	1,03
Lavadora de Roupas	0,45	0,45	0,58	0,74	0,89	0,96	1,00
Forno de microondas	0,03	0,09	0,13	0,31	0,52	0,76	0,74
Liquidificador	0,55	0,68	0,79	0,78	0,87	0,96	1,06
Batedeira	0,16	0,26	0,34	0,46	0,57	0,85	0,76
Aspirador de Pó	0,01	0,02	0,02	0,06	0,13	0,43	0,62

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ELETROBRÁS/PROCEL 2007b

Todas as posses crescem de acordo com as classes de renda. O ferro elétrico, equipamento de grande consumo de energia elétrica possui uma posse alta em todas as classes de renda.

A Tabela 5-17 apresenta o consumo específico dos eletrodomésticos utilizados para serviços gerais adotados no trabalho.

Tabela 5-17 Consumo específico dos eletrodomésticos utilizados para serviços gerais adotados no trabalho

	Potência média (W)	Dias de uso no mês	Média de horas por dia	Consumo mensal (kWh/mês)	Consumo anual (kWh/ano)
Ferro Elétrico	1.000	8	1	8,0	96,0
Lavadora de Roupas	500	8	1	4,0	48,0
Forno de Microondas	1.200	30	0,25	9,0	108,0
Liquidificador	300	15	0,25	1,1	13,2
Batedeira	120	8	0,5	0,5	6,0
Aspirador de Pó	100	30	0,33	1,0	12,0

Fonte: ELETROBRÁS/PROCEL 2007b, ELETROBRÁS/PROCEL 2011b, ANEEL 2011

A Tabela 5-18 mostra a demanda de energia elétrica para serviços gerais no setor residencial de Belo Horizonte no ano de 2005. Destacou-se apenas o ferro elétrico e a lavadora de roupas, pois além destes equipamentos estarem destacados pelo PROCEL, como se pode ver na Figura 3-5, estes são os equipamentos para serviços gerais de maior consumo.

Tabela 5-18 Demanda de energia elétrica para serviços gerais no setor residencial no município de Belo Horizonte no ano de 2005

Demanda em 2005 (GWh/ano)	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos	Total
Ferro Elétrico	3,6	9,7	9,0	13,3	11,8	5,4	3,1	55,9
Lavadora de Roupas	1,1	2,6	2,8	5,1	5,4	2,6	1,5	21,1
Outros	0,6	2,5	2,8	6,8	9,1	5,9	3,3	31,0
Total	5,3	14,8	14,6	25,2	26,3	13,9	7,9	108,0

Fonte: Elaboração Própria

O total de 108,0 GWh corresponde a 8,1% do consumo de energia elétrica no setor residencial de Belo Horizonte no ano de 2005. Nas classes de consumo mais altas, o consumo na categoria outros é maior proporcionalmente do que nas classes de consumo mais baixas.

5.2.7 Resultados do Ano Base

O total estimado do consumo de energia elétrica para o setor residencial para o município de Belo Horizonte, no ano de 2005, foi de 1.336,0 GWh. O valor real deste consumo segundo a CEMIG foi de 1.346,82 GWh, o que é bem próximo do valor estimado.

O Gráfico 5-2 mostra a estrutura do consumo de energia elétrica no município de Belo Horizonte no ano de 2005, de acordo com os usos finais e com as classes de renda.

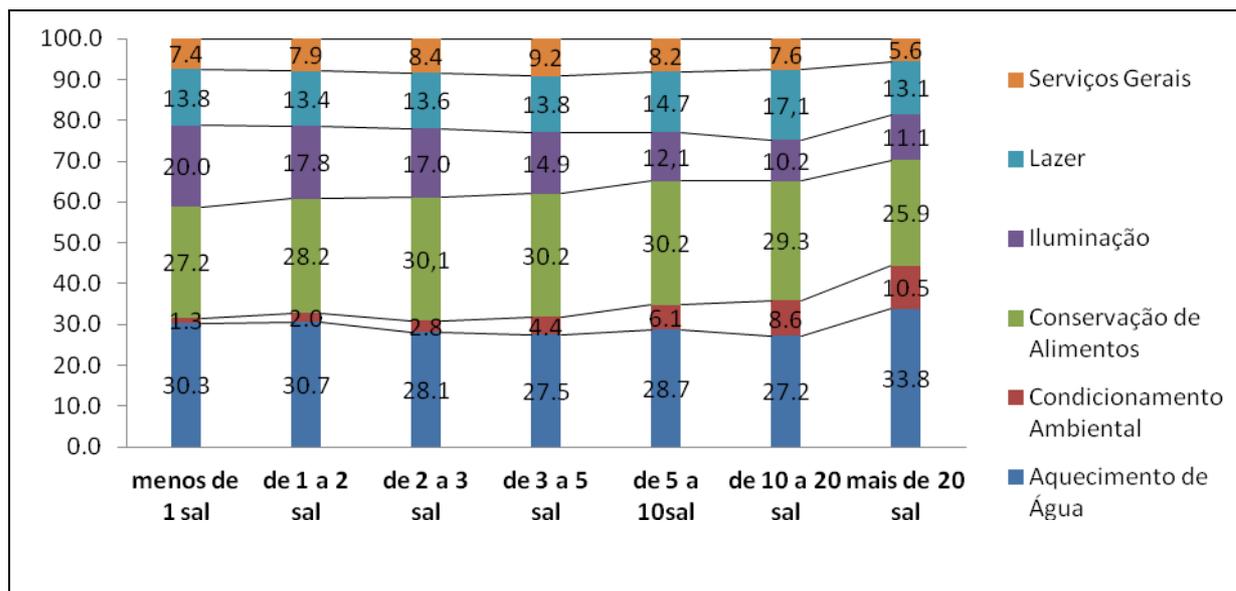


Gráfico 5-2 Estrutura do consumo de energia elétrica nos setores residencial de Belo Horizonte no ano de 2005 de acordo com os usos finais e as classes de renda

Fonte: Elaboração própria

O condicionamento ambiental é o uso final que possuiu a maior variação de acordo com a classe de renda. A sua proporção aumenta à medida que a classe de renda aumenta. Ele vai de 1,3% na classe de renda de menor poder aquisitivo até 10,5% na classe de maior renda.

A iluminação tem sua proporção diminuída de acordo com a classe de renda, com exceção da classe de mais de 20 salários mínimos. Ela é 20,0% na classe de renda de menos de 1 salário mínimo, diminuindo até 10,2% na classe de 10 a 20 salários mínimos e 11,1% na classe de mais de 20 salários mínimos. Isto acontece apesar de a posse de lâmpadas ter aumentado com a classe de renda, provavelmente devido ao fato de as classes com rendimento mais alto terem acesso a lâmpadas mais caras, porém mais eficientes, como as fluorescentes. Isto é um indicativo de que, medidas simples como a substituição de lâmpadas incandescentes por outras mais eficientes, podem fazer uma grande diferença no consumo final de energia elétrica.

Em todas as classes de renda, os maiores consumos estão relacionados ao aquecimento de água para banho e a conservação de alimentos. O aquecimento de água para banho variou entre 27,2% e 30,7% entre as classes de renda sem um padrão definido de aumento ou diminuição. Apenas na classe de mais de 20 salários mínimos ele atingiu o patamar diferenciado de 33,8%. Já a conservação de alimentos variou entre 27,2% e 30,2%, também sem um padrão definido de aumento ou diminuição. Ela se distingue na classe de mais de 20 salários mínimos com 25,9%. Estes dois usos finais dominam o consumo no setor residencial em todas as classes de renda totalizando quase 60% do mesmo.

O lazer e os serviços também não tiveram grandes variações de acordo com as classes de renda. O lazer variou entre 13,8% e 14,7% entre a classe de menos de 1 salário mínimo e a classe de renda de 5 a 10 salários mínimos, sem um padrão bem definido. Atingiu 17,1% na classe de 10 a 20 salários mínimos e 13,1% na classe de mais de 20 salários mínimos. Já o uso final serviços gerais variou entre 7,4% e 9,2%, sem padrão definido, até a classe de 10 a 20 salários mínimos e atingiu 5,6% na classe de mais de 20 salários mínimos.

O Gráfico 5-3 apresenta a participação das classes de renda no consumo de energia elétrica no setor residencial de Belo Horizonte no ano de 2005.

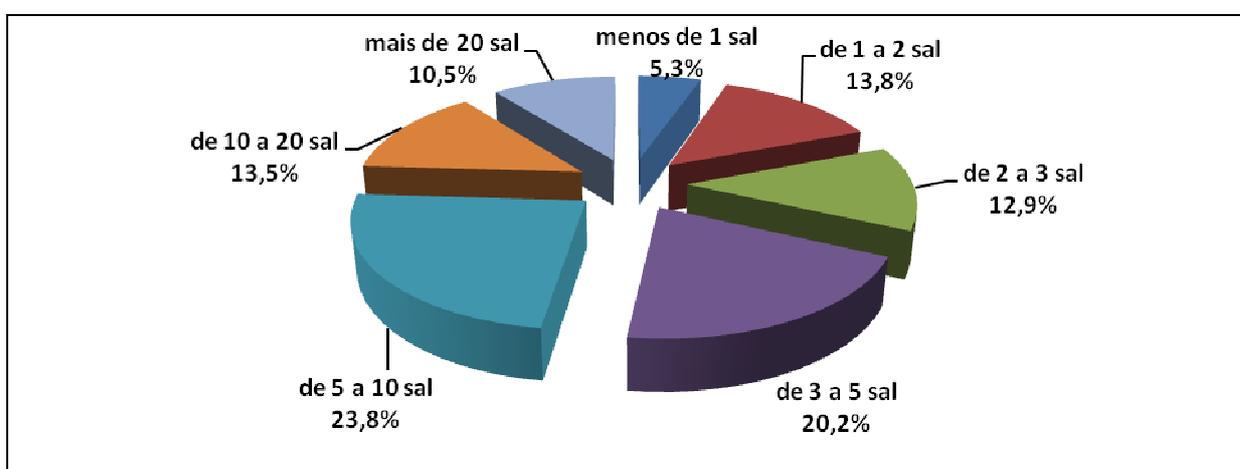


Gráfico 5-3 Participação das classes de renda no consumo de energia elétrica no setor residencial de Belo Horizonte no ano de 2005

Fonte: Elaboração própria

As classes de renda com maior participação no consumo de energia elétrica em Belo Horizonte no ano de 2005 foram as classes de 5 a 10 salários mínimos (com 23,8%) e de 3 a 5 salários mínimos (com 20,2%). Se compararmos com Quadro 5-1, que mostra a porcentagem de domicílios em cada classe de renda, observa-se que, as classes de renda de 10 a 20 salários mínimos e mais de 20 salários mínimos, que possuem juntas menos de 14% dos domicílios, de acordo com o PNAD, são responsáveis por 24,0% do consumo de energia elétrica. Por outro lado, as classes de menos de 1 salário mínimo e de 1 a 2 salários mínimos, que correspondem a quase 27% dos domicílios, de acordo com o PNAD, respondem por 19,1% do consumo de energia elétrica. Isto mostra que, proporcionalmente, as classes de renda mais alta consomem mais energia elétrica, como era de se esperar.

O Gráfico 5-4 apresenta a participação dos usos finais no consumo de energia elétrica no setor residencial no município de Belo Horizonte no ano de 2005.

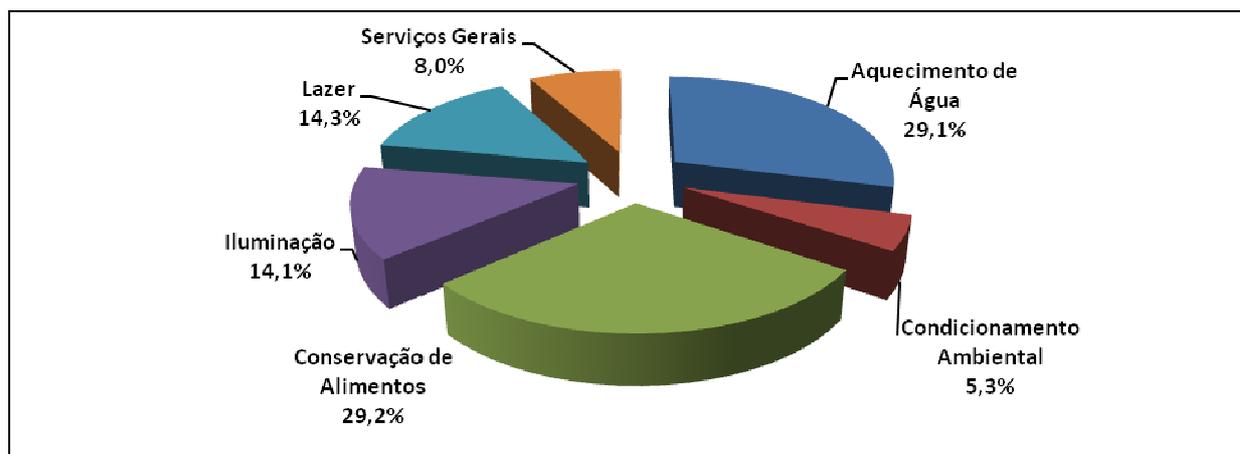


Gráfico 5-4 Participação dos usos finais no consumo de energia elétrica no setor residencial em Belo Horizonte no ano de 2005

Fonte: Elaboração própria

O quadro 5-34 mostra a participação dos usos finais no consumo de energia elétrica no setor residencial de acordo com estudos anteriores e o presente trabalho, em porcentagem.

Quadro 5-34 Participação dos usos finais no consumo de energia elétrica no setor residencial de acordo com trabalhos anteriores e o presente estudo em porcentagem (%)

Referencial	1975	1991	1996	2000	2005	2007
Trabalho	AROUCA, 1982	PEREIRA, 2010	ACHÃO, 2003	PEREIRA 2010	SCARI 2005	PEREIRA, 2010
Região	MG/ES	Belo Horizonte	RMBH	Belo Horizonte	Belo Horizonte	Belo Horizonte
Aquecimento de Água	34,7	27	22,6	24	29,1	29
Condicionamento Ambiental	1,0	1	7,2	3	5,3	4
Conservação de Alimentos	25,2	27	34,9	25	29,2	28
Iluminação	24,5	21	16,3	19	14,1	16
Lazer	7,3	13	8,2	14	14,3	15
Serviços Gerais	7,3	11	10,8	15	8,0	8

Fonte: Elaboração própria

As comparações entre os valores obtidos nos diversos trabalhos não são imediatas, pois devido ao ano de publicação dos mesmos e à base de dados adotada temos anos diferentes nos resultados. Existe uma variação razoável entre a participação nos usos finais encontradas nos diversos trabalhos. Isto pode ocorrer devido à variação temporal existente. Alguns pontos

mais importantes, no entanto, podem ser apontados:

- O Aquecimento de Água para banho teve um decréscimo até o ano de 1996, voltando a crescer.
- O Condicionamento Ambiental foi o que mais apresentou variações. Excetuando-se o trabalho de Ação, ele teve um leve aumento com o tempo. No presente trabalho ele apresentou uma porcentagem maior do que aquela calculada por Pereira.
- A Conservação de Alimentos teve seu ápice em 1996.
- A Iluminação teve uma queda ao longo do tempo.
- O Lazer teve um aumento ao longo do tempo.
- Os Serviços Gerais tiveram um aumento até o ano 2000 e depois uma queda.

Os resultados obtidos neste trabalho estão mais próximos dos obtidos por Pereira, o que era de se esperar devido à proximidade temporal dos mesmos.

A demanda estimada de energia elétrica no setor residencial de Belo Horizonte no ano de 2005 de acordo com as classes de renda é apresentada no Quadro 5-35.

Quadro 5-35 Demanda estimada de energia elétrica no setor residencial de Belo Horizonte por domicílio e habitante em 2005 de acordo com as classes de renda

Demanda em 2005 (GWh)	Menos de 1 salário mínimo	De 1 a 2 salários mínimos	De 2 a 3 salários mínimos	De 3 a 5 salários mínimos	De 5 a 10 salários mínimos	De 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos
Consumo (GWh/ano)	71,5	186,8	173,9	274,1	322,2	183,5	142,4
Consumo (kWh/domicílio/mês)	107,1	117,8	130,2	142,8	193,0	244,3	341,2
Consumo (kWh/habitante/mês)	32,4	36,7	42,8	46,4	53,5	58,7	78,4

Fonte: Elaboração Própria

A demanda total de energia elétrica calculada no Ano Base foi de 1.336 GWh/ano e o consumo neste ano foi de 1.342,82 GWh/ano, o que resulta em uma diferença de menos de 1%.

O consumo total por domicílio por mês foi de 160,2 kWh/domicílio/mês. Este valor é bem próximo do valor calculado no Quadro 3-3, que é 160,6 kWh/domicílio/mês.

O consumo total mensal por habitante calculado foi 48,9 kWh/habitante/mês. O valor calculado no Quadro 3-3 foi de 48,4 kWh/habitante /mês, o que dá uma diferença mínima.

Tanto o consumo por habitante quanto o consumo por domicílio crescem com a classe de renda.

6 Cenários e projeções

6.1 Cenários adotados

Serão, neste trabalho, considerados três cenários: de Referência, de Maior Posse e Eficiência e de Menor Posse e Eficiência.

No Cenário de Referência, o PIB nacional crescerá à taxa de 4,1% a.a., seguindo a tendência do Cenário B1- Surfando a Marola do PNE 2030, considerado de referência. Neste cenário também serão adotadas, quando necessário, algumas hipóteses do Cenário Referência da Matriz Energética de Minas Gerais. No Cenário de Maior Posse e Eficiência, o PIB crescerá à taxa de 5,1% a.a. e no Cenário de Menor Posse e Eficiência, à taxa de 3,2% a.a. A influência do PIB no setor residencial é indireta. Como discutido anteriormente, um maior crescimento do PIB indica maiores quantidades de dinheiro em circulação, mais financiamentos, aumentos da posse de equipamentos e da possibilidade de aquisição de equipamentos mais novos e mais eficientes. Um crescimento menor do PIB indica o caminho contrário. As hipóteses adotadas em cada cenário serão discutidas posteriormente.

O relatório sobre potenciais de conservação de energia para a classe residencial (ELETROBRÁS/PROCEL. 2007c) sugere que políticas de conservação de energia elétrica sejam dirigidas para os usos finais de Aquecimento de Água, Condicionamento Ambiental, Conservação de Alimentos e Iluminação. Provavelmente porque, além de serem os usos finais que apresentam maior participação do consumo no setor residencial, o número de equipamentos que os compõem não é tão diversificado e variante com o tempo como os usos finais Lazer e Serviços Gerais. Afirma ainda que esforços deveriam ser feitos no intuito de aumentar a eficiência dos equipamentos. Sobre as vantagens da conservação de energia o relatório afirma que as vantagens destes investimentos são:

- Aumentar a eficiência de energia significa diminuir os custos de fornecê-la, pois os custos de manutenção e expansão são crescentes.
- A conservação de energia reduz a probabilidade de falta da mesma sem prejuízo do desenvolvimento e da qualidade de vida.
- Investimentos públicos para o aumento da eficiência nos usos finais são mais vantajosos do que na construção de usinas e linhas de transmissão.
- A conservação de energia produz impactos ambientais e sociais mais favoráveis do

que a produção da mesma.

O Ministério das Minas e Energia tem estabelecido níveis máximos de consumo específico ou mínimos de eficiência para máquinas e aparelhos produzidos e comercializados no país. Exemplo são as Portarias Interministeriais N° 1.008 de 31 de dezembro de 2010 (MME, 2011a), que expõem a legislação para as lâmpadas incandescentes produzidas no país, e as Portarias Interministeriais N° 324 (MME, 2011b), 225 (MME, 2001c) e 326 (MME, 2011d), todas de 26 de maio de 2011, que regulamentam as eficiências e consumos para os aquecedores a gás, fogões a gás, refrigeradores e congeladores, respectivamente. O MME pretende a cada quatro anos estabelecer novos níveis máximos de consumo, e estabelecer que estes novos níveis utilizem como referência pelo menos os valores máximos da penúltima classificação do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE. Como já dito, o PROCEL (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007a) afirma ter como meta aumentar a eficiência dos equipamentos elétricos em até 10% até o ano de 2030.

6.2 Número de domicílios e pessoas por domicílio

O número de domicílios e de pessoas por domicílio são variáveis importantes e de grande influência no setor residencial. Em todos os cenários adotados as projeções para a população, o número de pessoas por domicílio e o número de domicílios serão as mesmas.

A projeção para a população do município de Belo Horizonte adotada, como já dito, é a projeção realizada pelo CEDEPLAR (PEREIRA, 2010), apresentada no Gráfico 3-15. Segundo projeções feitas no PNE 2030 (MME, 2007) em 2030, a Região Sudeste deve ter uma média de 2,7 pessoas por domicílio. Como o município de Belo Horizonte tem um número de habitantes por domicílio ligeiramente menor do que a Região Sudeste, como observado na Figura 3-11, considerou-se que, esta tendência continuará e aplicou-se o fator de multiplicação de 0,998, já utilizado anteriormente para o ajuste do número de habitantes por domicílio para o município de Belo Horizonte. Obteve-se o resultado de que, em 2030, Belo Horizonte teria uma média de 2,67 moradores por domicílio. Como discutido, todas as projeções apontam para um menor número de pessoas por domicílio (MME, 2007 e Fioravante, 2009). Considerou-se que todas as classes de renda, têm seu número de habitantes diminuído na mesma proporção.

O Quadro 6-1 mostra os dados históricos e as projeções para o número de pessoas por domicílio para Belo Horizonte adotados no trabalho.

Quadro 6-1 Dados históricos e projeções para o número de pessoas por domicílio no município de Belo Horizonte no período 2000-2030

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Pessoas por domicílio	3,54	3,33	3,11	2,93	2,87	2,80	2,67

Fonte: IBGE 2011 e elaboração própria

O Gráfico 6-1 mostra a junção dos dados históricos (para a Região Sudeste) e as projeções do número médio de pessoas por domicílio no município de Belo Horizonte.

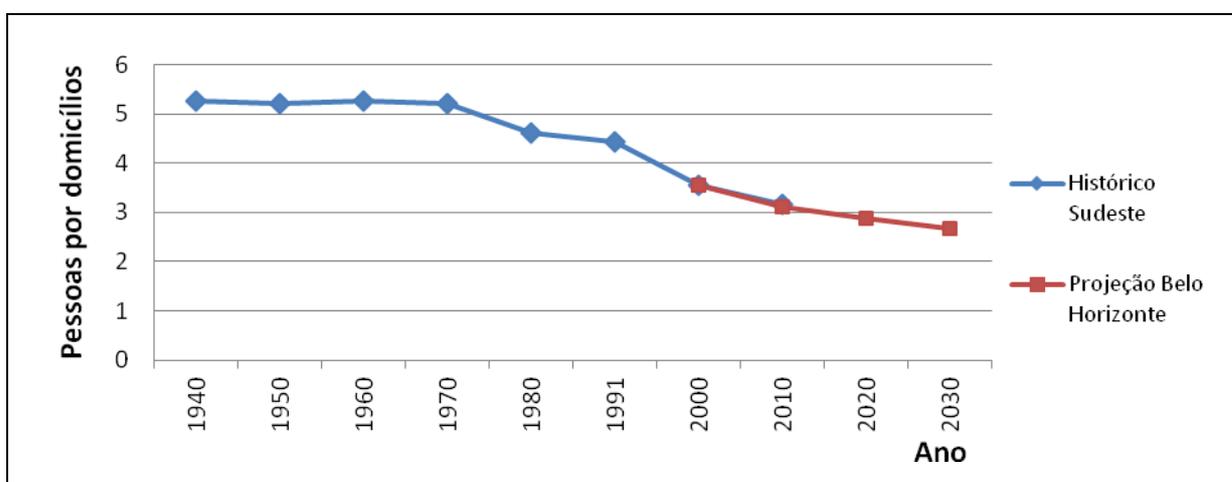


Gráfico 6-1 Dados históricos e projeções do número médio de pessoas por domicílio no período 2000-2030
Fonte: MME 2007 e elaboração própria

Com as projeções para a população de Belo Horizonte e para o número médio de pessoas por domicílio, calculou-se o número de domicílios ocupados no município de Belo Horizonte. O resultado deste cálculo está no Quadro 6-2.

Quadro 6-2 Dados históricos e projeções do número de domicílios para o município de Belo Horizonte no período 2000-2030

2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
628.334	695.544	762.753	781.847	787.555	789.997	790.987

Fonte: IBGE 2011 e elaboração própria

O Gráfico 6-2 mostra o número de domicílios históricos e o número de domicílios projetados para Belo Horizonte utilizados no trabalho.

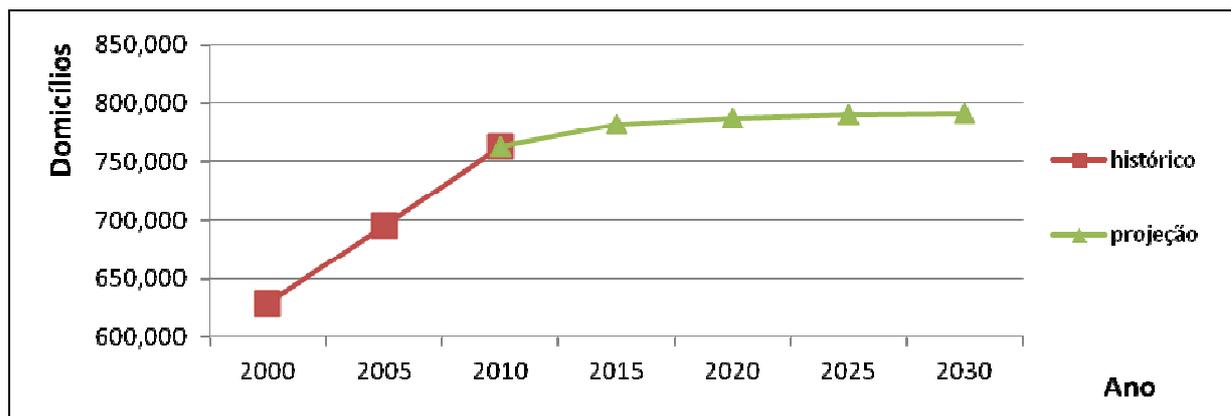


Gráfico 6-2 Número de domicílios históricos e de domicílios projetados para Belo Horizonte no período 2000-2030

Fonte: IBGE 2011 e elaboração própria

O número de pessoas por domicílio e o número de domicílios projetados foram mantidos os mesmos para todos os cenários.

6.3 Cenário de Referência

O Cenário de Referência tem como guia os cenários B1 - Surfando a Marola do PNE 2030 (MME, 2007) e o Cenário Referência da Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030 (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007).

6.3.1 Classes de Renda

No Cenário de Referência considerou-se a variação da proporção entre as classes de renda a mesma do Cenário Referência da Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030 (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007). Neste cenário há uma diminuição da desigualdade e um aumento da porcentagem de domicílios nas classes de renda entre 3 e 5 salários mínimo.

O Quadro 6-3 apresenta as projeções da porcentagem de domicílios nas classes de renda no Cenário de Referência.

Quadro 6-3 Projeções da porcentagem de domicílios nas classes de renda no Cenário de Referência

	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Menos de 1 sal	9,04	8,90	8,77	8,63	8,50	8,35
De 1 a 2 sal	19,36	19,36	19,36	19,35	19,33	19,34
De 2 a 3 sal	15,57	15,76	15,96	16,16	16,35	16,57
De 3 a 5 sal	22,60	22,88	23,17	23,46	23,75	24,04
De 5 a 10 sal	19,65	19,51	19,37	19,23	19,09	18,93
De 10 a 20 sal	8,90	8,76	8,63	8,51	8,38	8,23
Mais de 20 sal	4,88	4,83	4,74	4,66	4,60	4,54

Fonte: Elaboração própria

6.3.2 Aquecimento de Água

O aquecimento de água para banho é um dos usos finais de maior potencial de redução do consumo de energia elétrica. Não apenas porque ele possui um dos maiores percentuais de consumo, cerca de 26%, na Região Sudeste em 2005 (ELETROBRÁS/PROCEL 2007b), mas também porque existem várias tecnologias disponíveis e bem consolidadas.

No Cenário de Referência considerou-se a substituição do aquecimento de água por eletricidade por outras fontes de maneira moderada.

Gás Natural canalizado – Como dito anteriormente, a GASMIG tem um projeto de começar a construir gasodutos a partir do final do ano de 2011 no município de Belo Horizonte. Como este projeto está atrasado considerou-se que, o gás canalizado passaria a fazer parte da matriz energética de Belo Horizonte apenas a partir do ano de 2020. Segundo projeções da EPE (Tolmasquim, 2006) espera-se um crescimento da demanda de gás natural nos setores residencial e comercial da Região Sudeste, entre os anos de 2006 e 2015, a uma taxa de 5,4% a.a. O Cenário B1 do PNE 2030 (MME, 2007) considera que, a partir de 2015, o crescimento da malha de gás natural se daria na mesma proporção do número de novos domicílios e que, 90% dos domicílios ligados à rede de gás natural utilizariam este combustível. Para a utilização desta tecnologia é necessário que, além dos gasodutos de distribuição, construídos pela concessionária de gás, os domicílios sejam construídos com uma tubulação de gás que proporcione a utilização do mesmo; por este motivo, considerou-se apenas novos domicílios. Neste trabalho considerou-se, no Cenário de Referência que, a partir de 2020 o fornecimento de gás natural em Belo Horizonte crescerá à taxa de 5,4% a.a. nos novos domicílios e que 80% dos domicílios ligados à rede utilizariam este combustível, como no Cenário B2 - Pedalinho. Porém, como a instalação de tubulações de gás não costuma ocorrer em construções populares, considerou-se que o fornecimento de gás natural ocorreria apenas nos domicílios das classes de renda de mais de 10 salários mínimos, como proposto na Matriz Energética de Minas Gerais (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007).

Chuveiro elétrico – Considerou-se que, com o aumento da renda, a sua posse nas classes de renda de menos de 3 salários mínimos aumentaria até um chuveiro elétrico no final de 2015, pois apenas estas classes tinham posse menor do que 1,00 em 2005.

O consumo específico dos chuveiros elétricos deveria crescer devido ao aumento de potência, como proposto por PEREIRA (2010). Até o ano de 2030 o seu valor será incrementado em

20%.

O chuveiro elétrico também seria utilizado como *back-up* para os domicílios que possuem outro tipo de aquecimento de água para banho. Para os domicílios com aquecimento a GLP e gás canalizado, seria utilizado chuveiro elétrico como *back-up* de 25% (ANDRADE, 2008). Como já foi discutido, a fração solar do coletor utilizado é de 64%. Então, para o aquecimento solar utilizou-se *back-up* de 36%. Neste caso, não foram considerados *back-ups* que não fossem chuveiro elétrico.

Solar – O número de coletores solares cresce a uma taxa observada para o Brasil de 15% a.a. e grande parte deste crescimento se deve a Minas Gerais (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007). Porém, esta taxa não deve ser sustentada por muito tempo, já que no fim do período acarretaria em um total 42 vezes maior do que o inicial. A maioria dos novos coletores solares são instalados em novas construções, já que nem sempre é viável a instalação em construções antigas. Portanto, para o Cenário de Referência adotou-se as seguintes hipóteses: até 2030 40% dos novos domicílios com rendimento acima de 20 salários mínimos teriam aquecimento solar, assim como, 30% dos novos domicílios com rendimento entre 10 e 20 salários mínimos.

6.3.3 Condicionamento Ambiental

Não existem pesquisas oficiais sobre o crescimento da posse de aparelhos de ar condicionado, ventiladores, circuladores de ar e aquecedores.

A Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030 (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007) afirma que, em Minas Gerais, em média, 4% dos domicílios possuíam, em 2004, condicionadores de ar e considera no Cenário Referência que este valor chegaria a 13% em 2030, valor este que será utilizado também no Cenário de Referência utilizado neste trabalho. Considerou-se também que, à mesma taxa em que cresceria a posse dos condicionadores de ar (4,6% a.a.), cresceriam as posses dos ventiladores, circuladores de ar e aquecedores elétricos.

Com o aumento da temperatura média do planeta espera-se que o período de calor do ano aumente. Segundo a Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030 (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007), isto faria, com que, no Cenário Referência da mesma, o tempo de consumo de todos os equipamentos utilizados para condicionamento ambiental, exceto o aquecedor elétrico, aumentaria em 20% até o final do período. O aquecedor elétrico teria o seu tempo de consumo diminuído em 20%.

Considerou-se que o PROCEL conseguiria atingir a meta de aumento da eficiência de

equipamentos elétricos e em 2030, estes equipamentos seriam 10% mais eficientes.

6.3.4 Conservação de Alimentos

6.3.4.1 Geladeiras

O Gráfico 6-3 mostra a evolução da porcentagem de domicílios que possuem geladeira na RMBH de acordo com as classes de renda

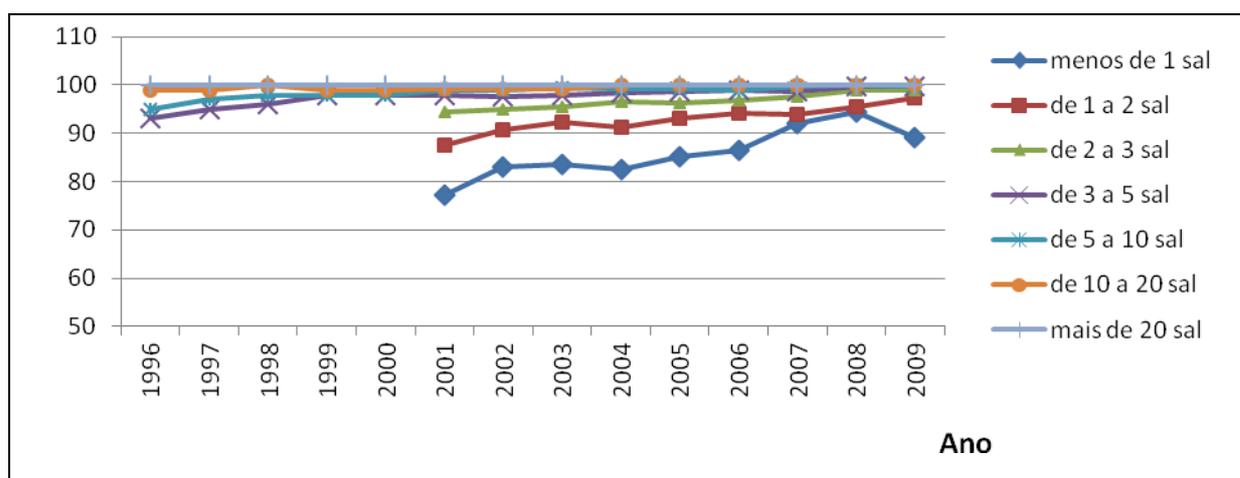


Gráfico 6-3 Evolução da porcentagem de domicílios que possuem geladeira na RMBH de acordo com as classes de renda

Fonte: IBGE 2009

Nas classes de renda de mais de 3 salários mínimos a porcentagem dos domicílios que possuem geladeira é próxima de 100 desde 1999. As outras classes têm um crescimento que rapidamente se aproxima de 100, com exceção da classe de menos de 1 salário mínimo, que apresentou uma queda no ano de 2009.

O Quadro 6-4 mostra as taxas de crescimento da porcentagem de domicílios que possuem geladeira na RMBH tendo como ano inicial do cálculo os anos de 1996 e 2001, de acordo com as classes de renda. Não foram encontrados dados discriminando as classes de renda de menos de 5 salários mínimos entre os anos de 1996 e 1999, portanto, neste intervalo de tempo adotou-se o mesmo valor de taxa de crescimento para todas as classes de renda com menos de 5 salários mínimos. Todas as taxas são calculadas pelo ajuste exponencial de curva de tendência do Excel e foram ajustadas até o ano de 2009.

Quadro 6-4 Taxas de crescimento da posse de geladeira de acordo com as classes de renda e com os anos iniciais da contagem

	Geladeira (% a.a.)	
	1996-2009	2001-2009
Menos de 1 sal	0,40	0,27
De 1 a 2 sal	0,40	0,27
De 2 a 3 sal	0,40	0,27
De 3 a 5 sal	0,40	0,27
De 5 a 10 sal	0,28	0,10
De 10 a 20 sal	0,08	0,12
Mais de 20 sal	0,00	0,00

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE 2011

Considerou-se, no Cenário de Referência, que o crescimento da posse de geladeiras seria guiado pelas taxas de crescimento do Quadro 6-4, tendo como ano inicial 1996, já que o Cenário Referência da Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030 (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007), considera a distribuição de classes entre os anos de 1991 e 2005.

O PROCEL conseguiria atingir a sua meta (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007a) e haveria um aumento na eficiência dos equipamentos de 10% até o final do período. Não haveria mudanças no tempo de uso.

6.3.4.2 Freezer

O Gráfico 6-4 mostra a evolução da porcentagem dos domicílios que possuem *freezer* na RMBH de acordo com as classes de renda.

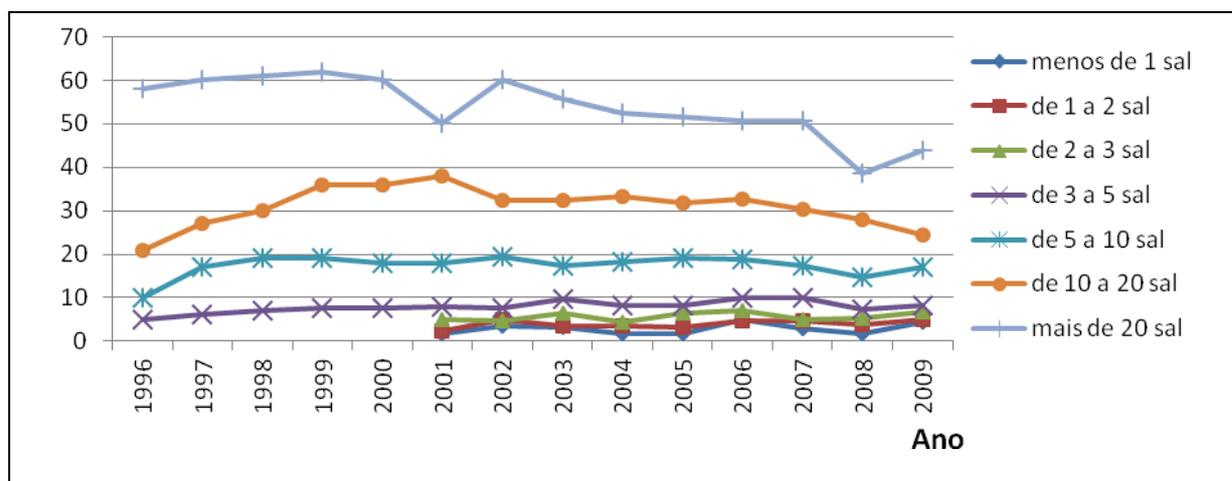


Gráfico 6-4 Evolução da porcentagem de domicílios que possuem *freezer* na RMBH de acordo com as classes de renda

Fonte: IBGE 2009

A porcentagem dos domicílios que possuem *freezer* na RMBH apresentou uma queda, logo após a crise de 2001, na maioria das classes de renda atingindo uma estabilização em várias classes. A população adquiriu novos hábitos após o racionamento e muitos deixaram de usar os *freezers*. Também, com a estabilização econômica não foi mais necessário armazenar alimentos como era na época de alta inflação. A pesquisa não distingue o tipo de *freezer*; então, consideramos a proporção de *freezer* do tipo *frost free* a mesma do Quadro 5-26.

Considerou-se, no Cenário de Referência, que o crescimento do número de *freezers* seria de acordo com as taxas verificadas a partir de 1996 de acordo com as classes de renda, como mostrado no Quadro 6-5.

Quadro 6-5 Taxas de crescimento da posse de freezer de acordo com as classes de renda e com os anos iniciais da contagem

	Freezer (% a.a.)	
	1996-2009	2001-2009
Menos de 1 sal	-3,16	-3,35
De 1 a 2 sal	-3,16	-5,19
De 2 a 3 sal	-3,16	-2,44
De 3 a 5 sal	-3,16	-0,44
De 5 a 10 sal	-1,01	-1,60
De 10 a 20 sal	-0,15	-3,90
Mais de 20 sal	-2,70	-3,50

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE 2011

Haveria um aumento de eficiência de 10% até o ano de 2030, conforme esperado para as geladeiras, devido a maiores exigências no Selo PROCEL de Eficiência Energética. O tempo de uso também não mudaria.

6.3.5 Iluminação

As lâmpadas são o único equipamento elétrico responsável pela iluminação. Existe uma tendência mundial de elaboração de planos e projetos de substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes (Bastos, 2011). Alguns países como a Austrália estudam proibição de comercialização de lâmpadas incandescentes. A União Européia proibiu em 2009 o comércio e fabricação de lâmpadas incandescentes com potência igual a 100W, em 2010 estendeu esta proibição para as de potência igual a 75W e em 2011 para as de 60W. A partir de 2012 proibirá as de potência de 10W ou mais, ficando liberadas apenas as lâmpadas com menos de 10W, e utilizadas para fins especiais (DW, 2011). O Brasil possui projetos de troca gratuita de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas entre as classes de

renda mais baixas e também de proibição da comercialização das mesmas. Na verdade, a lei tanto no Brasil quanto em outros países, não proíbe diretamente o uso das lâmpadas incandescentes, mas estabelece padrões de eficiência que a tecnologia atual deste tipo de lâmpada não consegue atingir. A Portaria Interministerial Nº 1.007 de 31/12/10 do Ministério de Minas e Energia, Ciência e Tecnologia e Indústria e Comércio, publicada no Diário Oficial da União de 06/01/11 (nº 4, Seção 1, pág. 44) (JUSBRASIL, 2011), regulamentou a retirada progressiva desse tipo de produto. A maior utilização de lâmpadas fluorescentes não tem como dificuldade apenas o preço mais elevado. Alguns dos problemas acarretados por esta troca são:

- Aumento dos harmônicos da rede elétrica, causando uma redução do fator de potência; Impactos sócio-ambientais devido à emissão de mercúrio constante no bulbo das lâmpadas e obrigando a um programa de descarte específico das lâmpadas queimadas;
- Impacto na indústria nacional – em 2010 não eram fabricadas lâmpadas fluorescentes no Brasil e a China era responsável por 95% das lâmpadas deste tipo consumidas no nosso país;
- Possíveis impactos na saúde de algumas pessoas devido à sensibilidade à luz mais azulada. Na Europa 0,05% das pessoas apresentam este tipo de sensibilidade (ainda não quantificada no Brasil).

Uma tecnologia que poderia substituir tanto as lâmpadas incandescentes quanto as lâmpadas fluorescentes seria a de lâmpadas LED. No entanto, esta tecnologia ainda é incipiente e cara. Enquanto a eficiência energética de uma lâmpada incandescente varia entre 1,5% e 2,2% e a eficiência energética de uma lâmpada fluorescente compacta varia de 7,3% a 12,4%, as lâmpadas LED possuem uma eficiência energética entre 19,0% e 29,2% (Cardoso, 2008).

O PNE 2030 (MME, 2007) em seu cenário considerado como referência, B1- Surfando a Marola, considera que, em 2030, 25% das lâmpadas serão fluorescentes. No entanto este cenário parece um pouco conservador, mesmo para um Cenário de Referência. No Cenário de Referência para o presente trabalho, adotou-se que em 2030, 50% das lâmpadas seriam fluorescentes, hipótese adotada no Cenário Na Crista da Onda do PNE 2030 (MME, 2007). De acordo com A Portaria Interministerial Nº 1.007, a partir de 2016, não seriam fabricadas ou comercializadas lâmpadas incandescentes com mais de 40W de potencia. Porém, considerou-se como grande entrave no cumprimento desta portaria a dificuldade que seria a adaptação da indústria nacional, tendo sido suposto um adiamento ao cumprimento da mesma. A posse das lâmpadas deveria crescer, mas a uma taxa pequena, 0,55% a.a, já que na Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030 (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007) foi considerado

que a posse seria estabilizada entre 8 e 9 lâmpadas por domicílio em 2030. A posse das lâmpadas não deve sofrer muitas modificações, pois ela depende, na maioria das vezes, do tamanho do domicílio e este não possui uma grande variação no tempo.

Na construção da estrutura do trabalho dividiu-se as lâmpadas em incandescentes, fluorescentes e “Outras”, conforme os dados do PROCEL, sendo que esta última categoria era subdividida em dicróica e “outras”. Como hipótese, considerou-se que a categoria “Outras” passaria para 10% das lâmpadas existentes. A posse das lâmpadas dicróicas permaneceria constante e as novas lâmpadas da categoria “Outras” teriam todas consumo equivalente ao consumo de lâmpadas LED.

6.3.6 Lazer

6.3.6.1 Televisão

O Gráfico 6-5 mostra a porcentagem dos domicílios que possuem TV na RMBH.

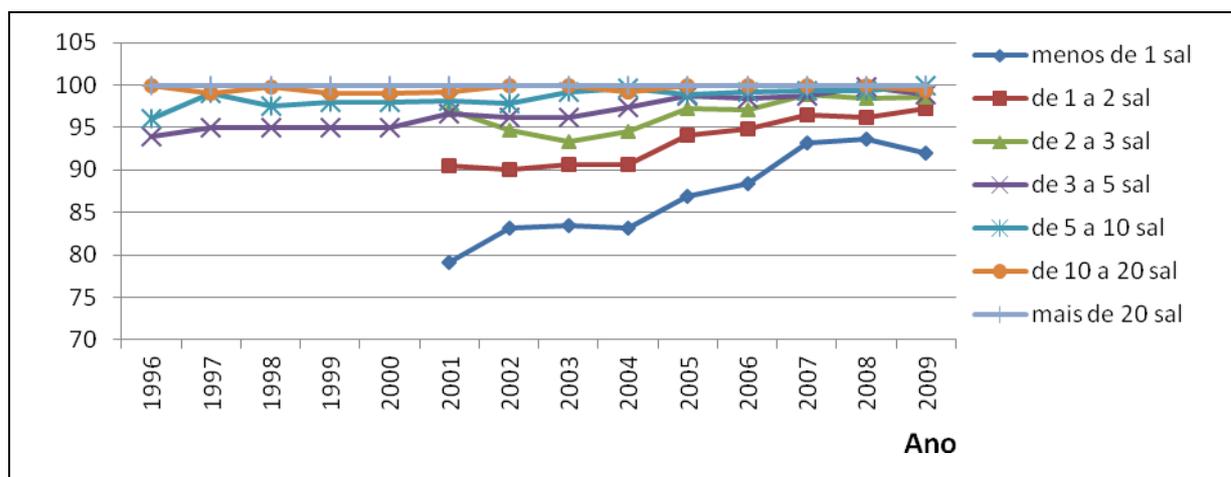


Gráfico 6-5 Evolução da porcentagem de domicílios que possuem TV na RMBH de acordo com as classes de renda

Fonte: IBGE 2009

A TV apresentou posse maior do que 1,00 para grande número de domicílios, como visto no Ano Base e como mostra o Quadro 5-32. De acordo com o Gráfico 6-5, a partir de 2007 todos os domicílios com classes de renda acima de 2 salários mínimos, possuíam pelo menos 1 aparelho, sendo que a classe de renda de 1 a 2 salários mínimos rapidamente se aproxima do patamar de 100%. Neste trabalho não foi feita uma distinção entre TV a cores e TV preto e branco, já que de acordo com os dados do PNAD (IBGE, 2009), desde 2001 a segunda opção está praticamente extinta.

O Quadro 6-6 mostra as taxas de crescimento da porcentagem de aparelhos de TV de acordo

com os anos iniciais de contagem e com as classes de renda.

Quadro 6-6 Taxas de crescimento da porcentagem de domicílios com TV de acordo com os anos iniciais de contagem e as classes de renda.

	TV (% a.a.)	
	1996-2009	2001-2009
Menos de 1 sal	0,44	2,06
De 1 a 2 sal	0,44	1,10
De 2 a 3 sal	0,44	0,53
De 3 a 5 sal	0,44	0,45
De 5 a 10 sal	0,20	0,20
De 10 a 20 sal	0,03	0,02
Mais de 20 sal	0,02	0,02

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE 2011

Considerou-se, no Cenário de Referência, que a taxa de crescimento da televisão seria a taxa verificada a partir de 1996, no Quadro 6-6.

O consumo dos televisores deveria permanecer aproximadamente o mesmo, pois, embora exista uma grande inserção de novas tecnologias, como LCD e LED, que são mais eficientes, existe uma tendência no crescimento da tela, o que aumenta o consumo das mesmas.

6.3.6.2 Rádio e Aparelho de Som

O Gráfico 6-6 mostra a evolução da porcentagem de domicílios que possuem rádio na RMBH.

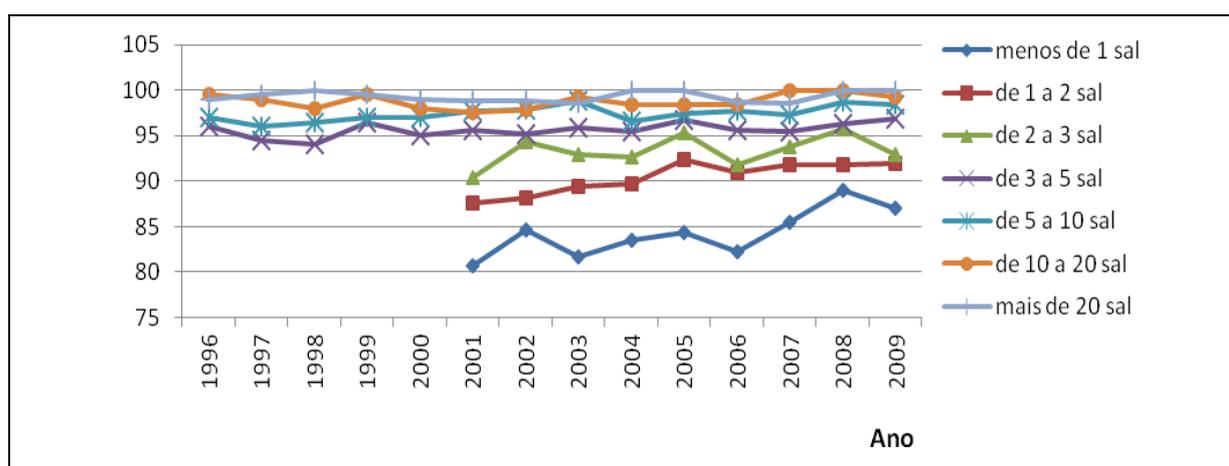


Gráfico 6-6 Evolução da porcentagem de domicílios que possuem rádio na RMBH de acordo com as classes de renda

Fonte: IBGE 2009

Pode-se observar que a televisão é um aparelho que tem prioridade sobre o rádio. Nas classes acima de 3 salários mínimos mais de 95% das residências possuem rádio. No PNAD não foi

feita distinção entre o rádio e o aparelho que também possui tocador de CD, MP3, etc, que popularmente é conhecido como aparelho de som e engloba uma grande quantidade de tipos, modelos e tamanhos. Neste trabalho considerou-se as mesmas taxas de crescimento para todos.

O Quadro 6-7 mostra as taxas de crescimento da porcentagem de aparelhos de rádio de acordo com os anos iniciais de contagem e com as classes de renda.

Quadro 6-7 Taxas de crescimento da porcentagem de domicílios com rádio de acordo com os anos iniciais de contagem e as classes de renda.

	Rádio (% a.a.)	
	1996-2009	2001-2009
Menos de 1 sal	0,11	0,27
De 1 a 2 sal	0,11	0,87
De 2 a 3 sal	0,11	0,64
De 3 a 5 sal	0,11	0,14
De 5 a 10 sal	0,13	0,05
De 10 a 20 sal	0,06	0,25
Mais de 20 sal	0,02	0,12

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE 2011

Considerou-se que, no Cenário de Referência, a posse do rádio e/ou aparelho de som deve aumentar com a taxa calculada a partir de 1996 no Quadro 6-7, de acordo com as classes de renda. O seu consumo no entanto, deveria aumentar em 5% até o ano de 2030, pois existe uma tendência da aquisição de equipamentos de maior potência e da substituição de rádios elétricos por equipamentos de múltiplas funções (tocador de CD, MP3, etc.).

6.3.6.3 Outros Equipamentos

O computador mereceu destaque entre os equipamentos utilizados para o uso final “Lazer” devido ao aumento da sua posse a partir do ano de 2003, fazendo com que ele se tornasse importante o suficiente para entrar na pesquisa do PNAD. Também, como comentado por PEREIRA (2010), é um equipamento que tende a substituir outros equipamentos, como televisores e aparelhos de som. Segundo dados do PNAD (IBGE,2009), existe uma grande tendência ao aumento da posse do computador, principalmente nas classes de renda de até 10 salários mínimos, classes estas que possuíam uma grande demanda reprimida para este tipo de equipamento. Com tecnologias possuindo preços mais acessíveis e com uma melhor distribuição de renda, este equipamento é um dos sonhos de consumo realizados pelas classes

de menor poder aquisitivo. Considerou-se que, no Cenário de Referência, as taxas de crescimento da posse de computadores seriam as apuradas entre os anos de 2003 e 2009 de acordo com os dados disponíveis.⁶ Estas taxas estão apresentadas no Quadro 6-8. Como a taxa de crescimento da posse do computador para as classes de renda com menos de 10 salários mínimos é grande, ocorreu de a posse de computador nestas classes atingir níveis muito elevados e incompatíveis com a realidade. Adotou-se então o critério de que, a partir de 2015, a taxa de crescimento da posse de computador nas classes de renda de menos de 10 salários mínimos diminuiria para um valor igual ao da taxa de crescimento da classe de renda de 10 a 20 salários mínimos. Este procedimento foi utilizado em todos os cenários para que não houvesse distorção no número de computadores por domicílio. Este procedimento tem fundamento, pois, após ser atingida uma demanda reprimida, a taxa de crescimento da posse do equipamento deve diminuir, como acontece nas classes de renda mais altas. Observou-se nos últimos anos uma tendência à substituição de computadores de mesa por computadores do tipo *notebook* e à substituição de monitores antigos por monitores com telas planas, mais eficientes, como também o uso de processadores mais eficientes. Por este motivo, apesar do PROCEL não ter um Selo de Eficiência para computadores, considerou-se que em 2030, os computadores seriam 10% mais eficientes.

Quadro 6-8 Taxas de crescimento da porcentagem de domicílios com computador de acordo com os anos iniciais de contagem e as classes de renda.

	Computador (% a.a.)
	2003-2009
Menos de 1 sal	19,8
De 1 a 2 sal	
De 2 a 3 sal	
De 3 a 5 sal	
De 5 a 10 sal	
De 10 a 20 sal	3,72
Mais de 20 sal	1,08

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE 2011

Considerou-se que não existiriam mais aparelhos de videocassete, a partir de 2010 e que todos seriam substituídos por aparelhos de DVD.

Como não existem pesquisas oficiais sobre os outros equipamentos, considerou-se que

⁶ Na pesquisa sobre o número de domicílios que possuem microcomputador, diferentemente dos outros eletrodomésticos, só foram publicados os valores para faixas de: até 10 salários mínimos, de 10 a 20 salários mínimos e acima de 20 salários mínimos.

permaneceriam com posse, consumo e tempo de uso iguais aos do Ano Base.

6.3.7 Serviços Gerais

6.3.8 Lavadora de Roupas

A lavadora de roupas está entre os equipamentos com maior intenção de compra (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007a). Ela é um dos equipamentos que entra na demanda reprimida das classes de renda com menor poder aquisitivo e que, com a melhoria das condições da população, vem sendo atendida.

O Gráfico 6-7 mostra a evolução da porcentagem de domicílios com lavadora de roupas na RMBH de acordo com as classes de renda.

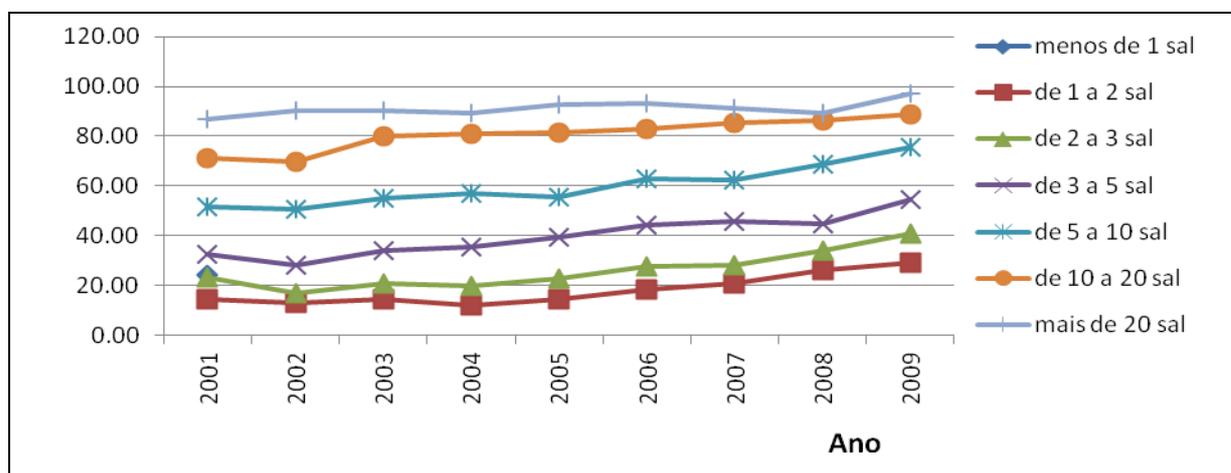


Gráfico 6-7 Evolução da porcentagem de domicílios que possuem lavadora de roupas na RMBH de acordo com as classes de renda

Fonte: IBGE 2009

A lavadora de roupa tem uma curva de crescimento bem parecida em todas as classes de renda, sendo que as classes de renda de menos de 2 salários mínimos apresentaram uma curva indicando um crescimento maior do consumo deste equipamento a partir de 2005. Em todas as classes de renda o consumo deste equipamento tem subido. A lavadora de roupas é um equipamento que não deve ultrapassar a posse de 1,00, pois praticamente não haverá domicílios onde exista mais de uma.

O Quadro 6-9 mostra as taxas de crescimento da porcentagem de domicílios que possui lavadora de roupas de acordo com o ano do início da contagem e as classes de renda.

Quadro 6-9 Taxas de crescimento da porcentagem de domicílios que possui lavadora de roupas de acordo com o ano de início da contagem e das classes de renda

	Lavadora de Roupas (% a.a.)	
	1996-2009	2001-2009
Menos de 1 sal	6,19	9,2
De 1 a 2 sal	6,19	9,86
De 2 a 3 sal	6,19	8,75
De 3 a 5 sal	6,19	7,06
De 5 a 10 sal	5,53	4,64
De 10 a 20 sal	3,28	2,82
Mais de 20 sal	1,08	0,77

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE 2011

No Cenário de Referência, adotou-se a taxa de crescimento da posse apurada a partir do ano de 1996 de acordo com as classes de renda. Tendo-se imposto o limite de 1,00. Considerou-se que não haveria mudanças significativas no tempo de uso. Como a lavadora de roupas é um dos equipamentos para os quais o PROCEL emite o Selo de Eficiência Energética, considerou-se que a sua eficiência seria 10% maior até o ano de 2030.

6.3.8.1 Outros Equipamentos

Como não existem pesquisas oficiais sobre os outros equipamentos, considerou-se, no Cenário de Referência, os mesmos valores de posse e consumo específico adotados no Ano Base, 2005.

6.4 Cenário de Maior Posse e Eficiência

Este cenário busca uma visão mais otimista em relação ao aumento da posse e da eficiência. Nele, o PIB do Brasil cresce à taxa de 5,1% a.a., como no Cenário A – Na Crista da Onda do PNE 2030 (MME, 2007).

6.4.1 Classes de Renda

Neste cenário considerou-se que a variação da proporção entre as classes de renda ocorreria em Belo Horizonte da mesma maneira que no Cenário Alternativo da Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030 (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007). Este cenário é um cenário otimista e prevê uma melhor distribuição de renda e um aumento da porcentagem de domicílios entre as classes de renda de 2 a 10 salários mínimos. Este aumento é mais acentuado do que no Cenário de Referência.

O Quadro 6-10 apresenta as projeções da porcentagem de domicílios nas classes de renda

utilizadas no Cenário de Maior Posse e Eficiência.

Quadro 6-10 Projeções da porcentagem de domicílios nas classes de renda no Cenário de Maior Posse e Eficiência

	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Menos de 1 sal	9,04	8,53	7,99	7,43	6,79	6,11
De 1 a 2 sal	19,36	19,86	20,37	20,89	21,41	21,96
De 2 a 3 sal	15,57	15,87	16,19	16,51	16,84	17,17
De 3 a 5 sal	22,60	23,04	23,50	23,96	24,43	24,92
De 5 a 10 sal	19,65	19,06	18,49	17,93	17,40	16,86
De 10 a 20 sal	8,90	8,79	8,69	8,57	8,48	8,37
Mais de 20 sal	4,88	4,85	4,77	4,71	4,65	4,61

Fonte: Elaboração própria

6.4.2 Aquecimento de Água

No Cenário de Maior Posse e Eficiência considerou-se uma maior participação de tecnologias para aquecimento de água diferentes do chuveiro elétrico.

Gás Natural canalizado – Neste cenário o gás canalizado passaria a fazer parte da matriz energética de Belo Horizonte a partir do ano de 2022, à taxa de crescimento de 5,4% a.a. entre os novos domicílios e 90% dos domicílios ligados à rede (como no Cenário B1 – Surfando a Marola do PDE 2030 (MME, 2007)), possuiriam gás canalizado. Porém, isto se daria apenas nos domicílios com classe de renda acima de 10 salários mínimos.

Chuveiros Elétricos – O seu comportamento seguiria as premissas adotadas no Cenário de Referência.

Solar – Considerou-se, como hipótese que, até 2030, 50% dos novos domicílios com rendimento acima de 20 salários mínimos teriam aquecimento solar, como também, 40% dos novos domicílios com rendimento entre 10 e 20 salários mínimos. Além disto, políticas públicas permitiriam que, nas construções de classes de renda de 5 a 10 salários mínimos, o aquecimento solar teria penetração, sendo que, em 2030, 20% das novas construções nesta classe de renda possuiriam aquecimento solar.

6.4.3 Condicionamento Ambiental

Não existe uma pesquisa para a taxa de crescimento da posse para este cenário. Na construção

dos cenários no PNE 2030 (MME, 2007) cenários diferentes atingem posses de equipamentos iguais em períodos de tempo diferentes. Um cenário cujo PIB seja maior atinge um valor de posse de um equipamento antes de um cenário cujo PIB seja menor. Por exemplo, no Cenário A - Na Crista da Onda que possui o PIB crescendo à taxa de 5,1% a.a., em 2030 teria a posse de ar condicionado no Brasil igual ao valor de 0,300 que é a posse na Região Sudeste no ano de 2005, passando pela curva de projeção mostrada na Figura 6-1. O Cenário B1- Surfando a Marola, cujo crescimento do PIB se dá à taxa de 4,1% a.a. não atingiria este valor em 2030. Em 2030, ele atingiria o valor de posse de ar condicionado projetado para o ano de 2025, no Cenário A. Do mesmo modo, o Cenário B2 – Pedalinho, que possui crescimento do PIB igual a 3,2% a.a. atingiria em 2030, o valor de posse de ar condicionado projetado para o Cenário A no ano de 2020, ou seja, 0,185. O salto temporal da posse entre um e outro cenário no PNE 2030 é de cinco anos.

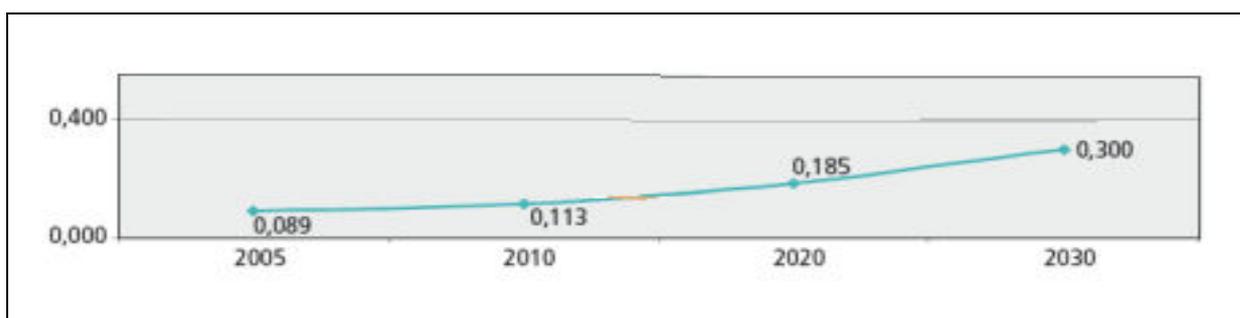


Figura 6-1 Projeção da posse de ar condicionado no Cenário A - Na Crista da Onda, Brasil 2005-2030
Fonte: MME, 2007

O Gráfico 6-8 mostra os valores projetados para a posse de aparelhos de ar condicionado à taxa de 4,6% a.a..

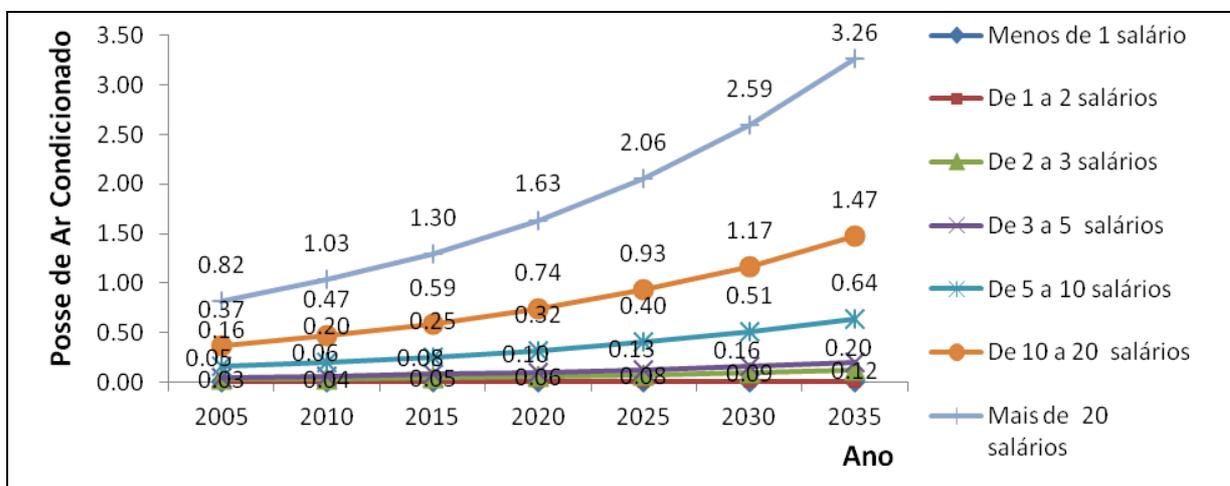


Gráfico 6-8 Posse de aparelho de ar condicionado projetada à taxa de 4,6% a.a.
Fonte: Elaboração própria

Considerou-se que, no Cenário de Maior Posse e Eficiência, a posse dos aparelhos de ar condicionado atingiria, em 2030, o valor que atingiria em 2035 no Cenário de Referência, à taxa de 4,6% a.a. A posse dos aparelhos de ar condicionado no ano de 2005 nas classes de renda de menos de 2 salários mínimos era zero. Considerou-se que, não houve inserção deste equipamento nestas classes, e que, esta posse continuou nula.

Por falta de dados, as posses dos ventiladores de teto, circuladores de ar e aquecedores de ar seguem o mesmo raciocínio.

O Quadro 6-11 mostra a posse de ventiladores de teto projetada à taxa de 4,6% a.a.

Quadro 6-11 Posse de ventiladores de teto projetada à taxa de 4,6% a.a.

	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Menos de 1 salário	0,12	0,15	0,19	0,24	0,30	0,38	0,48
De 1 a 2 salários	0,19	0,24	0,30	0,38	0,48	0,60	0,76
De 2 a 3 salários	0,19	0,24	0,30	0,38	0,48	0,60	0,76
De 3 a 5 salários	0,40	0,50	0,63	0,80	1,00	1,26	1,59
De 5 a 10 salários	0,60	0,76	0,95	1,20	1,51	1,89	2,38
De 10 a 20 salários	0,88	1,11	1,39	1,75	2,21	2,78	3,50
Mais de 20 salários	0,71	0,89	1,12	1,42	1,78	2,24	2,82

Fonte: Elaboração própria

O Quadro 6-12 mostra a posse de ventiladores e circuladores de ar projetada à taxa de 4,6% a.a.

Quadro 6-12 Posse de ventiladores e circuladores de ar projetada à taxa de 4,6% a.a.

	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Menos de 1 salário	0,15	0,19	0,24	0,30	0,38	0,47	0,60
De 1 a 2 salários	0,36	0,45	0,57	0,72	0,90	1,14	1,43
De 2 a 3 salários	0,42	0,53	0,67	0,84	1,05	1,33	1,67
De 3 a 5 salários	0,57	0,72	0,90	1,14	1,43	1,80	2,27
De 5 a 10 salários	0,61	0,77	0,97	1,22	1,53	1,93	2,42
De 10 a 20 salários	0,72	0,91	1,14	1,44	1,81	2,27	2,86
Mais de 20 salários	1,15	1,45	1,82	2,29	2,89	3,63	4,57

Fonte: Elaboração própria

No Cenário de Maior Posse e Eficiência, considerou-se que, em 2030, os ventiladores de teto e circuladores de ar atingiriam a posse projetada para o ano de 2035 no Cenário de Referência.

O Gráfico 6-9 mostra a posse de aquecedores de ar projetada à taxa de 4,6% a.a

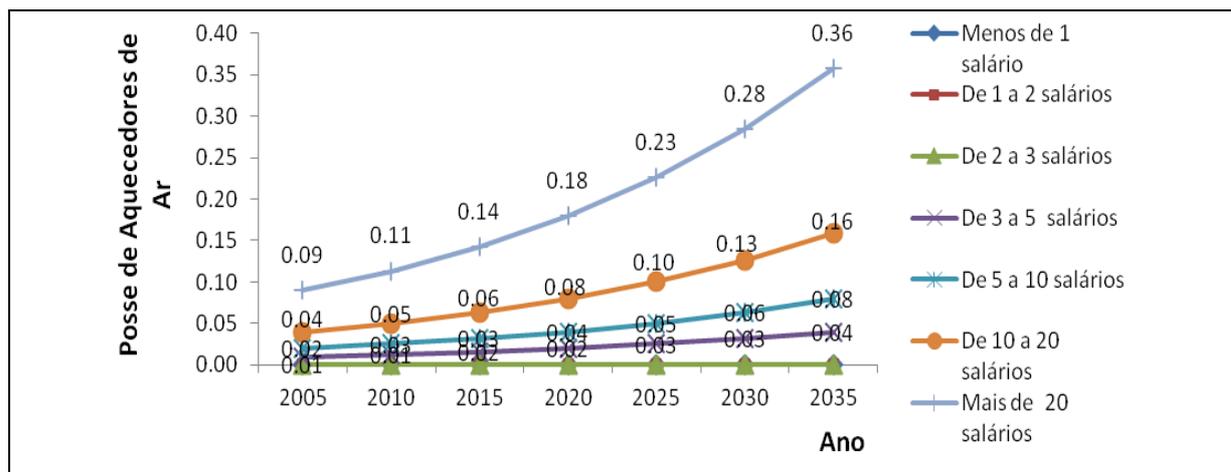


Gráfico 6-9 Posse de aquecedores de ar projetada à taxa de 4,6% a.a.

Fonte: Elaboração própria

No Cenário de Maior Posse e Eficiência considerou-se que, os aquecedores de ar atingiriam em 2030, a posse projetada para 2035 no Cenário de Referência. As classes de renda com rendimentos menores do que 3 salários mínimos continuariam sem posse de aquecedores de ar.

Considerou-se um aumento da eficiência energética dos equipamentos. Estas eficiências seriam impulsionadas pela maior exigência do Selo PROCEL. Segundo o Relatório para Redução de Emissões de Carbono (BANCO MUNDIAL/PPE/COPPE/UFRJ, 2010) os aparelhos de ar condicionado etiquetados com o Selo A no Brasil estão mais próximos aos limites mínimos exigidos nos Estados Unidos, embora não exista uma defasagem tecnológica entre as empresas que os fabricam. A elevação do nível de exigência dos equipamentos com potência de 7.500 Btu/h, que são maioria de venda, poderia ocasionar um aumento de até 20% da eficiência. Considerou-se no Cenário Maior Posse e Eficiência que, em 2030, os aparelhos de ar condicionado seriam 15% mais eficientes do que em 2005. Os ventiladores, circuladores de ar e aquecedores também teriam suas eficiências aumentadas em 15%.

O tempo de uso seria o mesmo determinado no Cenário de Referência, pois não se considerou melhorias nas condições climáticas.

6.4.4 Conservação de Alimentos

6.4.4.1 Geladeiras

Considerou-se o crescimento da posse de geladeiras guiado pelas taxas de crescimento do, Quadro 6-4 tendo como ano inicial 2001, já que o Cenário Alternativo da Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030 (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007), utiliza a tendência entre os

anos de 2001 e 2004 como guia.

Haveria um aumento de eficiência energética incentivado pelo Selo PROCEL. De acordo com o Relatório para Redução de Emissões (BANCO MUNDIAL/PPE/COPPE/UFRJ, 2010), os refrigeradores brasileiros com Selo A de eficiência energética, possuem o coeficiente de eficiência energética mais perto dos índices mínimos permitidos pela Comunidade Européia do que dos índices máximos e, como no caso dos condicionadores de ar, não existe uma grande diferença tecnológica entre os fabricantes. O aumento das exigências para a obtenção do Selo PROCEL, poderia aumentar a eficiência energética dos equipamentos fabricados e vendidos no Brasil. Considerou-se que o aumento da exigência de eficiência energética, poderia diminuir, até 2030, 15% do consumo específico dos refrigeradores.

O tempo de uso foi considerado constante e igual ao do Ano Base.

6.4.4.2 Freezers

Considerou-se o crescimento da posse de *freezers* guiado pelas taxas de crescimento do, Quadro 6-5 tendo como ano inicial 2001. Como nas geladeiras, considerou-se que os *freezers* teriam um aumento de eficiência de 15% até o ano de 2030.

6.4.5 Iluminação

No Cenário Maior Posse e Eficiência a posse das lâmpadas cresceria à mesma taxa do Cenário de Referência (0,55% a.a.), pois não haveria mudanças significativas no número de cômodos dos imóveis, fator determinante para o número de lâmpadas de um domicílio. Porém até 2020, todas as lâmpadas incandescentes seriam substituídas por lâmpadas fluorescentes e haveria inserção de novas tecnologias, como as lâmpadas LED. As novas tecnologias ocupariam, até o ano de 2030, 30% do total das lâmpadas existentes.

6.4.6 Lazer

6.4.6.1 Televisão

Considerou-se que a taxa de crescimento da televisão seria a taxa verificada entre os anos de 2001 e 2009, mostrada no Quadro 6-6, como discutido para a posse de geladeiras.

A eficiência deveria crescer 15% até o ano de 2030, devido a maiores exigências do PROCEL.

6.4.6.2 Rádio e Aparelho de Som

Considerou-se que a taxa de crescimento da posse de rádio e aparelhos de som seria a taxa verificada a partir de 2001 e considerada até o ano de 2009, mostrada no Quadro 6-7.

Como no Cenário de Referência, considerou-se que haveria um aumento de 5% no consumo específico destes aparelhos. A eficiência não mudaria, pois o PROCEL não confere o Selo de Eficiência Energética para este tipo de equipamento.

6.4.6.3 Outros

Computador – Como não há pesquisas sobre a posse de computadores anteriores a 2003, optou-se por fazer a projeção da posse do mesmo utilizando-se a mesma metodologia utilizada pelo PNE 2030 (MME,2007) para os equipamentos eletrônicos e descrita no item 6.4.3.

O Gráfico 6-10 mostra a posse de computadores projetada de acordo com as taxas do Quadro 6-8.

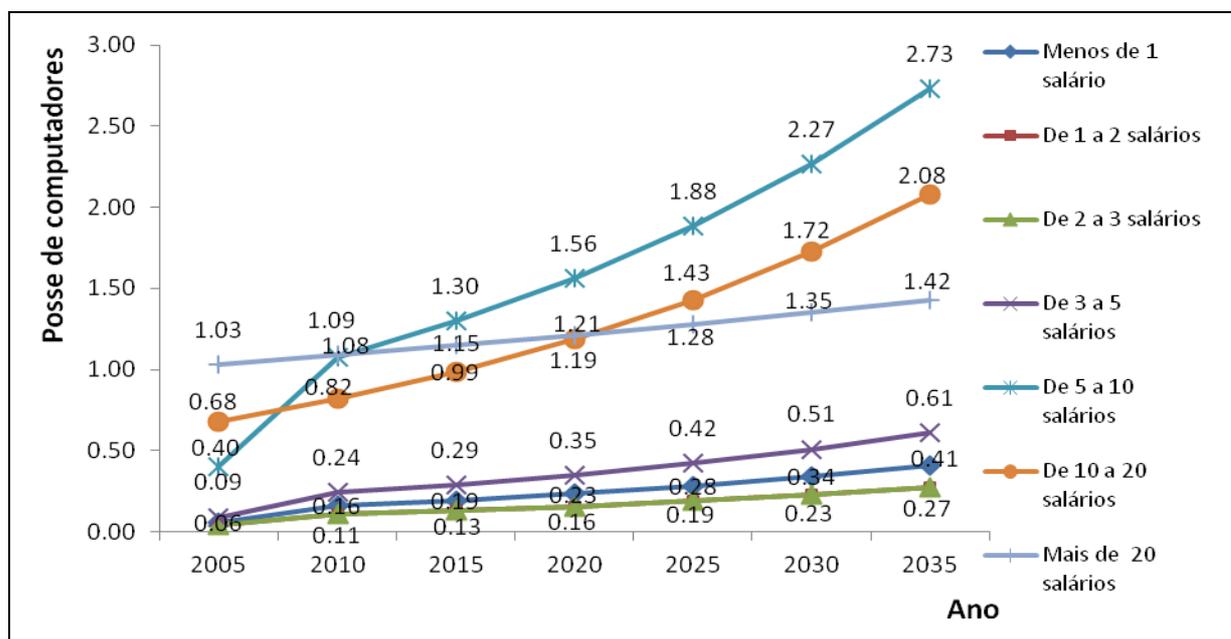


Gráfico 6-10 Posse de computadores projetada

Fonte: Elaboração própria

No Cenário de Maior Posse e Eficiência, considerou-se que a posse de computador atingiria em 2030, o valor projetado para o ano de 2035 no Cenário de Referência.

Embora não haja incentivos oficiais para o aumento da eficiência de computadores, tem-se verificado que os computadores tem tido uma grande evolução em sua eficiência energética. Neste cenário considerou-se que melhorias na tecnologia fariam com que a eficiência dos

computadores aumentasse 15% até o ano de 2030.

Outros – Como não existem pesquisas a respeito dos outros equipamentos utilizados, considerou-se que o seu consumo específico não sofreria modificações importantes em relação aos seus valores no Ano Base. O mesmo ocorreria com a sua posse.

6.4.7 Serviços Gerais

6.4.7.1 Lavadora de Roupas

A taxa de crescimento da posse adotada para a lavadora de roupas no Cenário de Maior Posse e Eficiência foi a taxa apurada entre os anos de 2001 e 2009 de acordo com as classes de renda, mostrada no Quadro 6-9. Impôs-se também o limite máximo de 1,00.

Considerou-se que, com a adoção de medidas mais restritivas para a concessão do Selo PROCEL, poder-se-ia, até o ano de 2030, ter uma redução no consumo específico de 15%.

6.4.7.2 Outros

Como não existem pesquisas relacionadas a outros equipamentos utilizados para o uso final Serviços Gerais, optou-se por considerar que os valores de posse e consumo específico dos mesmos permaneceriam iguais aos valores do Ano Base.

6.5 Cenário de Menor Posse e Eficiência

Este é um cenário mais pessimista em relação ao Cenário de Referência. Nele, o PIB cresce à taxa de 3,2% a.a., como no Cenário B2 – Pedalinho do PNE 2030 (MME,2007). Este crescimento menor do PIB terá como consequências um crescimento mais lento da posse e da substituição de equipamentos mais antigos por outros mais novos e mais eficientes, assim como um acesso menor a novas tecnologias.

6.5.1 Classes de Renda

Neste cenário, devido à falta de dados, a variação da proporção dos domicílios de acordo com as classes de renda foi inversa à do Cenário de Maior Posse e Eficiência. Neste cenário considerou-se que haveria uma concentração de renda nas classes mais altas.

Quadro 6-13 Projeções da porcentagem de domicílios nas classes de renda no Cenário de Menor Posse e Eficiência

	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Menos de 1 sal	9,04	9,58	10,23	10,74	11,33	11,98
De 1 a 2 sal	19,36	18,85	18,32	17,79	17,27	16,77
De 2 a 3 sal	15,57	15,26	14,92	14,60	14,27	13,97
De 3 a 5 sal	22,60	22,17	21,69	21,22	20,73	20,27
De 5 a 10 sal	19,65	20,19	20,75	21,32	21,99	22,44
De 10 a 20 sal	8,90	9,00	9,10	9,27	9,31	9,41
Mais de 20 sal	4,88	4,95	4,99	5,06	5,10	5,16

Fonte: Elaboração própria

6.5.2 Aquecimento de Água

Gás Natural canalizado – O gás natural penetraria a matriz energética de Belo Horizonte apenas no ano de 2025 e cresceria à taxa adotada anteriormente de 5,4% entre os novos domicílios. Como no Cenário Náufrago do PDE 2030 (MME, 2007), apenas 70% dos domicílios ligados à rede utilizariam gás natural. Esta tecnologia ficaria restrita às classes de renda de mais de 10 salários mínimos.

Chuveiros Elétricos – O seu comportamento seguiria as premissas adotadas no Cenário de Referência.

Solar – Haveria uma desaceleração na compra de aquecedores a energia solar fazendo com que, até 2030, 30% dos novos domicílios com rendimento acima de 20 salários mínimos e 20% dos novos domicílios com rendimento entre 10 e 20 salários mínimos tivessem aquecimento solar.

6.5.3 Condicionamento Ambiental

Adotou-se a mesma metodologia adotada no Cenário de Maior Posse e Eficiência. Só que, neste caso, considerou-se que os valores de posse para os aparelhos de ar condicionado, ventiladores de teto, circuladores e aquecedores de ar, atingiriam em 2030, os valores que seriam atingidos em 2025, considerando-se as projeções para o Cenário de Referência. Estes valores estão descritos no Gráfico 6-8, no Quadro 6-11, no Quadro 6-12 e no Gráfico 6-9.

Como no Cenário de Referência, até 2030, o tempo de consumo seria aumentado em 20% nos condicionadores de ar, ventiladores de teto e circuladores de ar e diminuído em 20% para os aquecedores de ar, pois não haveria modificações para as previsões de aumento do período quente do ano. O PROCEL não atingiria a meta de aumento de eficiência energética e este aumento ficaria em 5% até o final do período.

6.5.4 Conservação de Alimentos

Como não existem taxas de crescimento para a posse de equipamentos para este cenário, adotou-se a metodologia utilizada pelo PNE 2030 (MME,2007) e descrita no item 6.4.3.

6.5.4.1 Geladeiras

O Quadro 6-14 mostra a projeção da posse de geladeiras de acordo com as taxas descritas no Quadro 6-4 para os anos de 1996 a 2009.

Quadro 6-14 Posse de geladeiras projetada de acordo com as taxas de aumento da posse apurada no PNAD entre os anos de 1996 e 2009 de acordo com as classes de renda

	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Menos de 1 salário	0,78	0,80	0,81	0,83	0,84	0,86	0,88
De 1 a 2 salários	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04
De 2 a 3 salários	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,11	1,13
De 3 a 5 salários	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,11	1,13
De 5 a 10 salários	1,06	1,07	1,09	1,11	1,12	1,14	1,15
De 10 a 20 salários	1,13	1,13	1,14	1,14	1,15	1,15	1,16
Mais de 20 salários	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26

Fonte: Elaboração própria

Considerou-se que a posse de geladeiras atingiria, em 2030, o valor atingido em 2025 no Cenário de Referência. O PROCEL não atingiria a meta de aumento de eficiência energética e este aumento ficaria em 5% até o final do período. O tempo de uso das geladeiras não sofreria modificações.

6.5.4.2 Freezers

O Quadro 6-15 mostra a projeção da posse de *freezers* de acordo com as taxas descritas no Quadro 6-5 para os anos de 1996 a 2009.

Quadro 6-15 Posse de freezers projetada de acordo com as taxas de aumento da posse apurada no PNAD entre os anos de 1996 e 2009 de acordo com as classes de renda

	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Menos de 1 salário	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
De 1 a 2 salários	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02
De 2 a 3 salários	0,13	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05
De 3 a 5 salários	0,14	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06	0,05
De 5 a 10 salários	0,33	0,31	0,30	0,28	0,27	0,26	0,24
De 10 a 20 salários	0,46	0,46	0,45	0,45	0,45	0,44	0,44
Mais de 20 salários	0,65	0,57	0,50	0,43	0,38	0,33	0,29

Fonte: Elaboração própria

Considerou-se que a posse de *freezers* atingiria em 2030, o valor atingido em 2025 no Cenário de Referência. O PROCEL não atingiria a meta de aumento de eficiência energética e este aumento ficaria em 5% até o final do período. O tempo de uso das freezers não sofreria modificações.

6.5.5 Iluminação

A posse cresceria à mesma taxa dos cenários anteriores (0,55% a.a.). Até 2030, 25% das lâmpadas seriam fluorescentes, como no Cenário B1 do PNE 2030 (MME,2007). Como haveria menos dinheiro circulando e menos financiamento para empresas, as novas tecnologias teriam uma inserção menor do que no Cenário de Referência. Aumentariam até 10% nas classes de renda de mais de 10 salários mínimos e 5% nas classes de renda de menos de 10 salários mínimos.

6.5.6 Lazer

Também para as projeções da posse neste cenário foi utilizada a metodologia do PNE 2030 (MME, 2007).

6.5.6.1 Televisão

O Quadro 6-16 mostra a projeção da posse de televisores de acordo com as taxas descritas no Quadro 6-6 para os anos de 1996 a 2009.

Quadro 6-16 Posse de televisores projetada de acordo com as taxas de aumento da posse apurada no PNAD entre os anos de 1996 e 2009 de acordo com as classes de renda

	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Menos de 1 salário	0,96	0,98	1,00	1,03	1,05	1,07	1,10
De 1 a 2 salários	1,05	1,07	1,10	1,12	1,15	1,17	1,20
De 2 a 3 salários	1,19	1,22	1,24	1,27	1,30	1,33	1,36
De 3 a 5 salários	1,28	1,31	1,34	1,37	1,40	1,43	1,46
De 5 a 10 salários	1,65	1,67	1,68	1,70	1,72	1,73	1,75
De 10 a 20 salários	2,32	2,32	2,33	2,33	2,33	2,34	2,34
Mais de 20 salários	2,00	2,00	2,00	2,01	2,01	2,01	2,01

Fonte: Elaboração própria

Considerou-se que a posse de televisores atingiria, em 2030, o valor atingido em 2025 no Cenário de Referência. O PROCEL não atingiria a meta de aumento de eficiência energética e este aumento ficaria em 5% até o final do período.

6.5.7 Rádio e Aparelho de Som

O Quadro 6-17 mostra a projeção da posse de rádios e aparelhos de som de acordo com as taxas descritas no Quadro 6-7 para os anos de 1996 a 2009.

Quadro 6-17 Posse de rádio e aparelhos de som projetada de acordo com as taxas de aumento da posse apurada no PNAD entre os anos de 1996 e 2009 de acordo com as classes de renda

	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Menos de 1 salário	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94
De 1 a 2 salários	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99
De 2 a 3 salários	1,01	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04
De 3 a 5 salários	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,10	1,11
De 5 a 10 salários	1,27	1,28	1,29	1,30	1,30	1,31	1,32
De 10 a 20 salários	1,67	1,68	1,68	1,69	1,69	1,70	1,70
Mais de 20 salários	1,91	1,91	1,91	1,92	1,92	1,92	1,92

Fonte: Elaboração própria

Considerou-se que a posse de rádios e aparelhos de som atingiria em 2030, o valor atingido em 2025 na projeção acima. O consumo seria 5% maior até o final do período.

6.5.8 Outros

Computador - Admitiu-se que a posse de computadores atingiria em 2030, o valor atingido em 2025 no Cenário de Referência. Estes valores estão mostrados no Gráfico 6-10.

A eficiência dos computadores crescerá 5% até o final do período.

Outros - Como não existem dados suficientes sobre estes equipamentos, admitiu-se que permanecem com a mesma posse e consumo específico do Ano Base.

6.5.9 Serviços Gerais

Foi utilizada, para o cálculo da posse neste cenário, a mesma metodologia utilizada pelo PNE 2030 (MME, 2007).

6.5.9.1 Lavadora de Roupas

Considerou-se que a posse de lavadora de roupas atingiria o limite de 1,00 cinco anos após a posse atingida no Cenário de Referência. Como a taxa de crescimento da posse de lavadora de roupas é razoavelmente grande, no Cenário de Referência, a posse igual a 1,00 seria atingida nas classes de renda de menos de 2 salários em 2020, na classe de renda entre 2 e 3 salários em 2015, nas classes de renda entre 3 e 20 salários em 2010 e na classe de renda de mais de

20 salários em 2005.

A eficiência das lavadoras seria 5% maior até o ano de 2030.

6.5.9.2 Outros

Como não existem dados suficientes sobre estes equipamentos, admitiu-se que permanecem com a mesma posse e consumo específico do Ano Base.

6.6 Resumo dos Cenários

O Quadro 6-18 mostra um resumo das hipóteses adotadas em cada cenário.

Quadro 6-18 Resumo das hipóteses adotadas para as projeções em cada cenário utilizado

		Cenário		
		De Referência	De Maior Posse e Eficiência	De Menor Posse e Eficiência
PIB		4,1	5,1	3,2
Aquecimento de Água	Gás Natural	A partir de 2020 à taxa de 5,4% a.a. entre os novos domicílios com renda maior do que 10 salários mínimos. 80% dos domicílios ligados à rede de gás utilizariam.	A partir de 2018 à taxa de 5,4% a.a. entre os novos domicílios com renda maior do que 10 salários mínimos. 90% dos domicílios ligados à rede de gás utilizariam.	A partir de 2025 à taxa de 5,4% a.a. entre os novos domicílios com renda maior do que 10 salários mínimos. 70% dos domicílios ligados à rede de gás utilizariam.
	Chuveiro Elétrico	Posse 1,00 em 2015 nos domicílios onde ela é menor do que 1,00 em 2005. Potência 20% maior em 2030.	Igual ao Cenário de Referência.	Igual ao Cenário de Referência.
	Solar	Em 2030, 40% dos novos domicílios com renda maior do que 20 salários e 30% dos novos domicílios com renda entre 10 e 20 salários.	Em 2030, 50% dos novos domicílios com renda maior do que 20 salários, 40% dos com renda entre 10 e 20 salários e 20% dos novos domicílios com renda entre 5 e 10 salários.	Em 2030, 30% dos novos domicílios com renda maior do que 20 salários e 20% dos novos domicílios com renda entre 10 e 20 salários.
Condicionamento Ambiental		Posse: crescimento à taxa de 4,6% a.a. Tempo de uso: 20% maior em 2030 para ar condicionado, ventilador e circulador e 20% menor para os aquecedores de ar.. Eficiência: 10% maior em 2030.	Posse: Atingiria em 2030 o valor que seria atingido pelo Cenário de Referência em 2035. Tempo de uso: igual ao Cenário de Referência. Eficiência: 15% maior em 2030.	Posse: atingiria em 2030 os valores que seriam atingidos pelo Cenário de Referência em 2025. Tempo de uso: igual ao Cenário de Referência. Eficiência: 5% maior em 2030.
Conservação de Alimentos	Geladeira e Freezer	Posse: cresceria de acordo com a taxa de crescimento do PNAD entre os anos de 1996 e 2009. Eficiência: 10% maior em 2030.	Posse: cresceria de acordo com a taxa de crescimento do PNAD entre os anos de 2001 e 2009. Eficiência: 15% maior em 2030.	Posse: atingiria em 2030 os valores que seriam atingidos pelo Cenário de Referência em 2025. Eficiência: 5% maior em 2030.
Iluminação		Posse: crescimento de 0,55% a.a. Em 2030, 50% seriam fluorescentes. Em 2030, 10% seriam de outras tecnologias mais eficientes.	Posse: crescimento de 0,55% a.a. Em 2020, não haveria mais lâmpadas incandescentes. Em 2030, 30% seriam de outras tecnologias mais eficientes.	Posse: crescimento de 0,55% a.a. Em 2030, 25% seriam fluorescentes. Em 2030, 10% das lâmpadas nas classes de renda de mais de 10 salários e 5% nas classes menos de 10 salários seriam de outras tecnologias mais eficientes.

		Cenário		
		De Referência	De Maior Posse e Eficiência	De Menor Posse e Eficiência
Lazer	TV	Posse: cresceria de acordo com a taxa de crescimento do PNAD entre os anos de 1996 e 2009.	Posse: cresceria de acordo com a taxa de crescimento do PNAD entre os anos de 2001 e 2009. Eficiência: 15% maior em 2030.	Posse: atingiria em 2030 os valores que seriam atingidos pelo Cenário de Referência em 2025. Eficiência: 5% maior em 2030.
	Rádio e Som	Posse: cresceria de acordo com a taxa de crescimento do PNAD entre os anos de 1996 e 2009. Consumo: 5% maior em 2030.	Posse: cresceria de acordo com a taxa de crescimento do PNAD entre os anos de 2001 e 2009. Consumo: 5% maior em 2030.	Posse: atingiria em 2030 os valores que seriam atingidos pelo Cenário de Referência em 2025. Consumo: 5% maior em 2030.
	Computador	Posse: cresceria em 2015 à taxa observada no PNAD entre os anos de 2003 e 2009 e a partir de 2015 nas classes com renda menor do que 10 salários cresceria com a taxa da classe de 10 a 20 salários. Eficiência: 10% maior em 2030.	Posse: atingiria em 2025 os valores que seriam atingidos pelo Cenário de Referência em 2030. Eficiência: 15% maior em 2030.	Posse: atingiria em 2030 os valores que seriam atingidos pelo Cenário de Referência em 2025. Eficiência: 5% maior em 2030.
	Outros	Permaneceria igual ao Ano Base.	Permaneceria igual ao Ano Base.	Permaneceria igual ao Ano Base.
Serviços Gerais	Lavadora de Roupas	Posse: cresceria de acordo com a taxa de crescimento do PNAD entre os anos de 1996 e 2009, tendo sido imposto o limite de 1,0. Eficiência: 10% maior em 2030.	Posse: cresceria de acordo com a taxa de crescimento do PNAD entre os anos de 2001 e 2009, tendo sido imposto o limite de 1,0. Eficiência: 15% maior em 2030.	Posse: atingiria a posse 1,00 5 anos depois do Cenário de Referência. Eficiência: 5% maior em 2030.
	Outros	Permaneceria igual ao Ano Base.	Permaneceria igual ao Ano Base.	Permaneceria igual ao Ano Base.

Fonte: Elaboração própria

7 Resultados das Projeções e Análise

7.1 Aquecimento de Água

7.1.1 Gás Natural

O Gráfico 7-1 mostra a demanda anual de energia elétrica para aquecimento de água para banho que poderia ser substituída por gás natural nos três cenários.

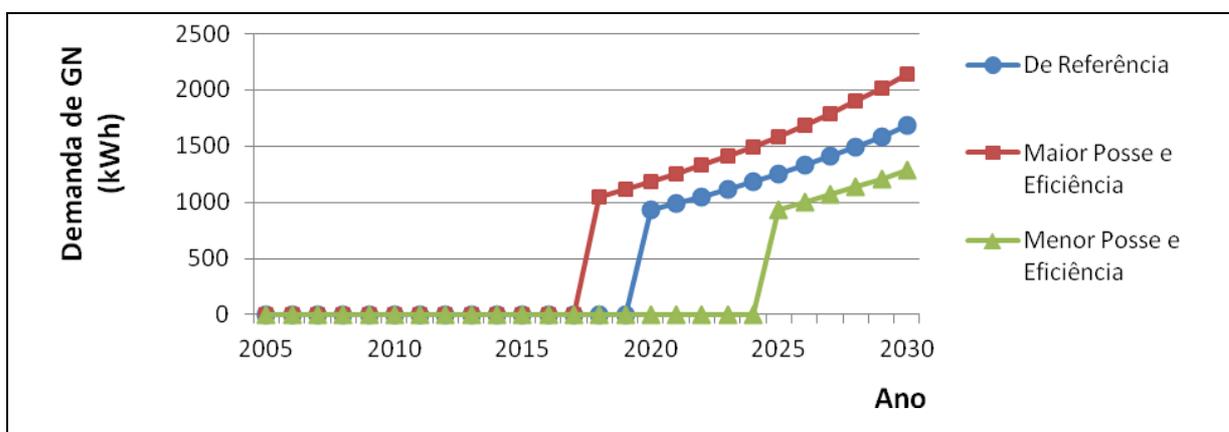


Gráfico 7-1 Demanda anual de energia elétrica para aquecimento de água para banho em kWh estimada para o município de Belo Horizonte para os três cenários que poderia ser substituída por Gás Natural
Fonte: Elaboração própria

As curvas são semelhantes, haveria porém, uma defasagem provocada pela entrada em anos diferentes do gás natural na matriz energética de Belo Horizonte. O salto deve-se à entrada inicial do gás natural. As hipóteses adotadas levariam, em 2030, a uma demanda de gás natural máxima desprezível em relação ao consumo total, não passando de 2,5 MWh.

O Gráfico 7-2 mostra a demanda anual de gás natural estimada que deveria ser utilizada para o aquecimento de água para banho para os três cenários adotados.

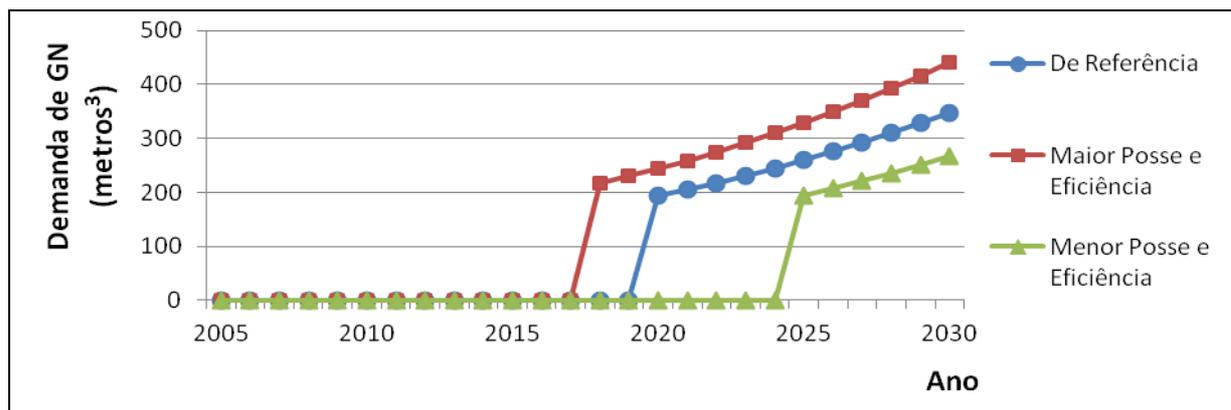


Gráfico 7-2 Demanda anual de Gás Natural em m³ estimada para o município de Belo Horizonte para os três cenários

Fonte: Elaboração própria

Lembremos que, como discutido no Capítulo 5, de acordo com as unidades adotadas, mil metros cúbicos são equivalentes a 4,83 MWh.

7.1.2 Chuveiro Elétrico

O Gráfico 7-3 mostra a demanda anual de energia elétrica que seria utilizada para aquecimento de água para banho por chuveiro elétrico no município de Belo Horizonte, se esta fosse a única fonte disponível para este uso final.

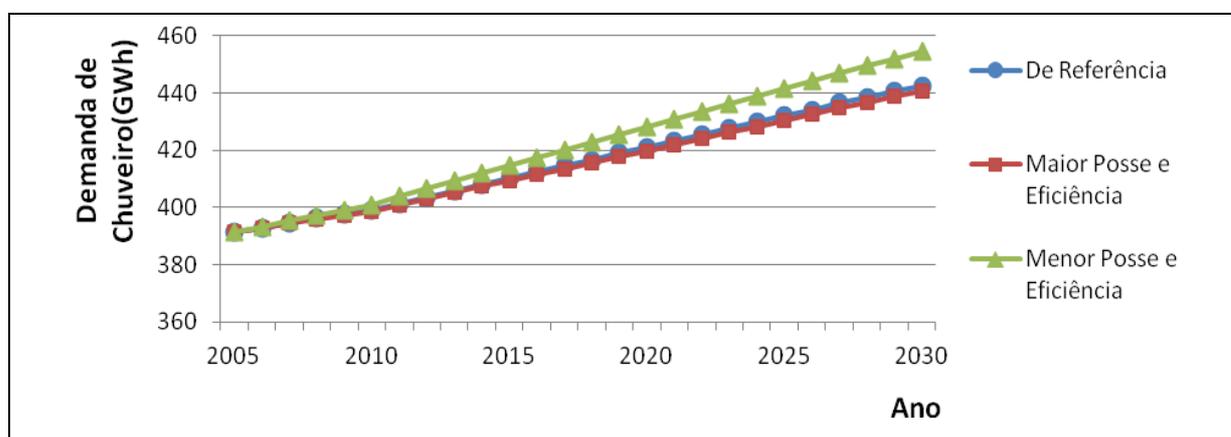


Gráfico 7-3 Demanda anual de energia elétrica para aquecimento de água para banho por chuveiro elétrico estimada para o município de Belo Horizonte para os três cenários

Fonte: Elaboração própria

A demanda acima foi calculada de modo que não foram considerados os outros combustíveis para aquecimento de água para banho (Gás Natural e Solar). Nesta etapa, apenas o chuveiro elétrico seria o responsável pelo aquecimento de água para banho.

As variações entre os cenários se devem às diferenças adotadas em relação à distribuição dos domicílios de acordo com as classes de renda, mostradas nos Quadros 6-3, 6-10 e 6-13, já

que, as hipóteses de posse e consumo foram as mesmas em todos os cenários. No Cenário de Menor Posse e Eficiência existe uma concentração maior no número de domicílios nas classes de menor renda. Conforme o Quadro 5-12, as classes de menor renda possuem posse menor de chuveiros elétricos, enquanto as classes de maior renda possuem esta posse maior que 1,00. De acordo com as hipóteses adotadas, em todos os cenários, os domicílios que não possuem chuveiro elétrico passariam a tê-lo a partir de 2015. Isto faz com que haja um aumento da posse de chuveiros elétricos nas classes de menor renda. Este fator somado à maior concentração do número de domicílios nas classes de menor renda, no Cenário de Menor Posse e Eficiência, faz com que este cenário tivesse um aumento na demanda de energia elétrica, para chuveiro elétrico, maior do que nos outros cenários.

No Cenário de Referência, a demanda no ano de 2030 seria de 442,5 GWh e estaria bem próxima da demanda do Cenário de Maior Posse e Eficiência. No Cenário de Menor Posse e Eficiência esta demanda seria de 454,4 GWh, menos de 3% maior do que a demanda do Cenário de Referência.

7.1.3 Solar

O Gráfico 7-4 mostra a demanda anual de energia elétrica para aquecimento de água para banho, em GWh, que poderia ser substituída por energia solar para os três cenários.

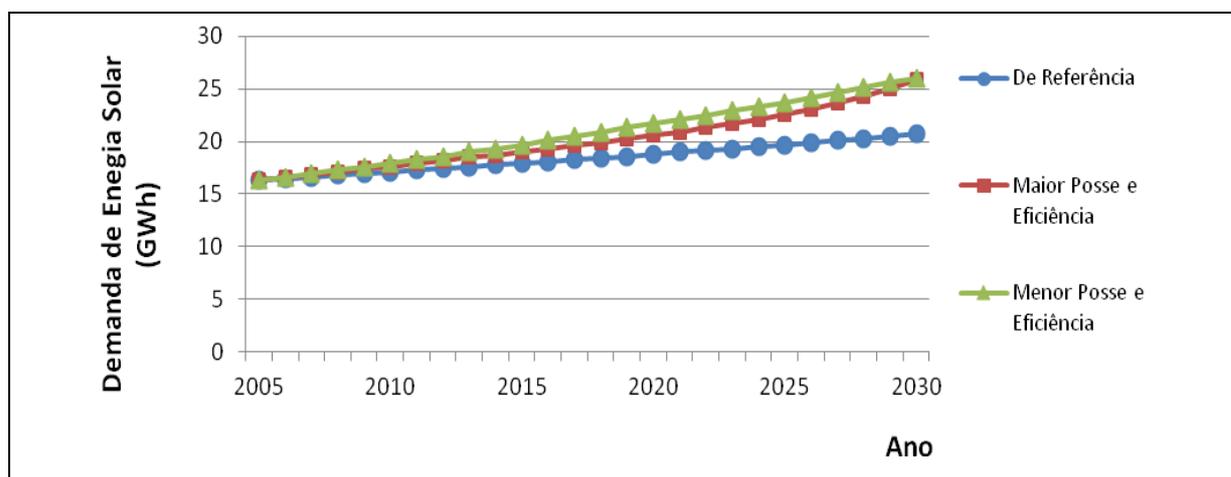


Gráfico 7-4 Demanda anual de energia elétrica para aquecimento de água para banho em GWh que poderia ser substituída por energia solar para os três cenários
Fonte: Elaboração própria

No Cenário de Referência a demanda estimada de energia elétrica para aquecimento de água para banho que poderia ser substituída por energia solar, no ano de 2030, seria de 13,7 GWh. Praticamente não haveria diferença nos resultados apurados para o Cenário de Maior Posse e

Eficiência e para o Cenário de Menor Posse e Eficiência. O primeiro apresentaria demanda de 17,2 GWh e o segundo de 17,3 GWh. Ambos teriam demanda cerca de 26% maior do que a do Cenário de Referência. Apesar do Cenário de Maior Posse e Eficiência considerar uma penetração maior da energia solar, o Cenário de Menor Posse e Eficiência considera um aumento do número de domicílios nas classes de mais de 10 salários mínimos, classes nas quais a penetração da energia solar foi considerada existente. Este aumento no número de domicílios aumentaria a utilização da energia solar no Cenário de Menor Posse e Eficiência, levando a utilização da mesma a um patamar igual ao do Cenário de Maior Posse e Eficiência. Como foi considerado que 1,60 m² de coletores solares são capazes de gerar 1,06 MWh, cada MWh necessita de 1,51 m² de coletores solares. O Gráfico 7-5 mostra a quantidade de coletores solares necessários para suprir a demanda acima.

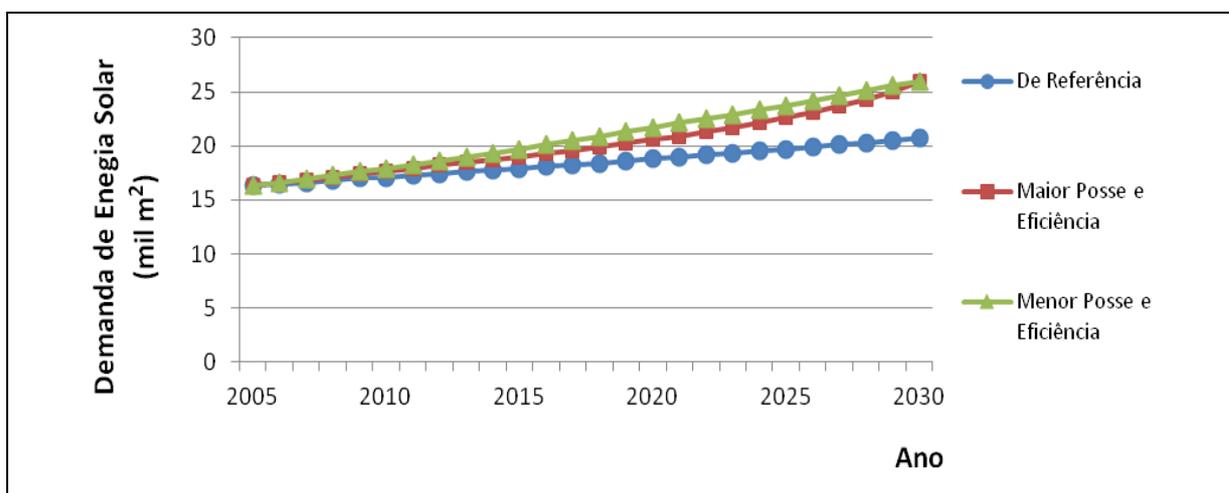


Gráfico 7-5 Demanda anual de energia solar em m² estimada para o município de Belo Horizonte para os três cenários

Fonte: Elaboração própria

No Cenário de Maior Posse e Eficiência e no Cenário de Menor Posse e Eficiência, em 2030, seriam necessários 26.000 m² de coletores solar para atender a demanda. Já no Cenário de Referência, esta demanda seria de 21.000 m².

7.1.4 Total

O Gráfico 7-6 mostra a demanda anual total de energia elétrica para o uso final aquecimento de água para banho para os três cenários propostos.

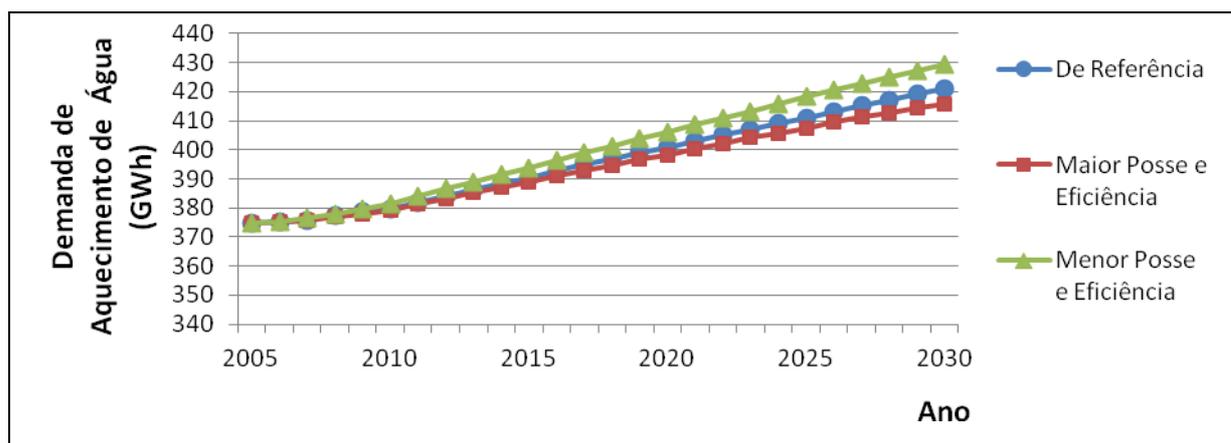


Gráfico 7-6 Demanda anual de energia elétrica estimada para o uso final aquecimento de água para os três cenários no setor residencial

Fonte: Elaboração própria

Em 2030, o Cenário de Maior Posse e Eficiência apresentaria a menor demanda de energia elétrica para Aquecimento de Água, 415,6 GWh, 1% menor do que a do Cenário de Referência, cuja demanda seria de 421,1 GWh. O Cenário de Menor Posse e Eficiência, com uma demanda de 429,1 GWh, 2% maior do que a do Cenário de Referência seria o de maior demanda. Isto se deve a uma maior inserção de energia solar na matriz do Cenário de Maior Posse e Eficiência. Em relação ao Ano Base o Cenário de Referência apresentou um aumento de demanda de 12% , em 2030, o Cenário de Maior Posse e Eficiência um aumento de 11% e o Cenário de Menor Posse e Eficiência de 15%, pois, neste cenário, houve menor inserção de aquecimento de água por energia solar e gás natural.

7.2 Condicionamento Ambiental

7.2.1 Ar Condicionado

O Gráfico 7-7 mostra a demanda anual de energia elétrica estimada para o ar condicionado em Belo Horizonte para os três cenários.

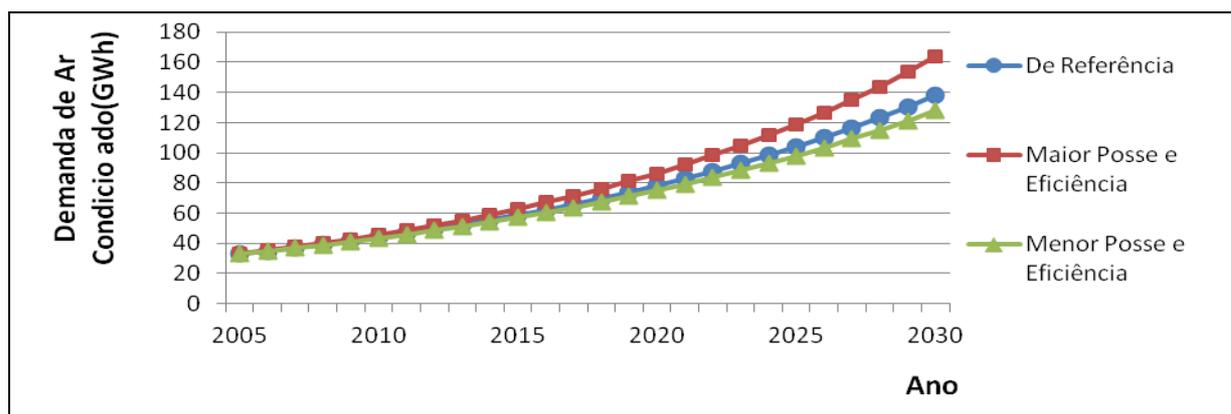


Gráfico 7-7 Demanda anual de energia elétrica estimada para ar condicionado no município de Belo Horizonte para os três cenários no setor residencial

Fonte: Elaboração própria

O Cenário de Maior Posse e Eficiência apresentaria uma demanda de energia elétrica para ar condicionado, em 2030, de 163,5 GWh, 18% maior do que a do Cenário de Referência, 138,5 GWh. O aumento da eficiência energética não foi suficiente para inibir os efeitos do aumento da posse. Já o Cenário de Menor Posse e Eficiência apresentaria uma demanda de 127,9 GWh, 8% menor do que a do Cenário de Referência. A diferença entre os cenários provavelmente deve-se devido às posses adotadas, já que o tempo de uso foi o mesmo para todos.

7.2.2 Ventiladores de Teto

O Gráfico 7-8 mostra a demanda anual de energia elétrica para ventiladores de teto estimada para os três cenários no setor residencial.

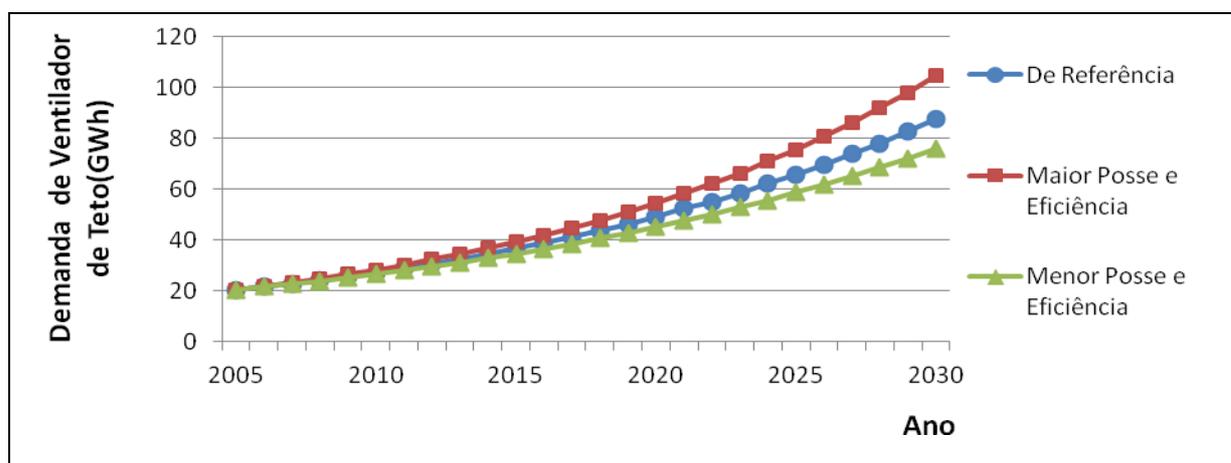


Gráfico 7-8 Demanda anual de energia elétrica estimada para ventiladores de teto no município de Belo Horizonte para os três cenários no setor residencial

Fonte: Elaboração própria

A curva de demanda de energia elétrica para ventiladores de teto seria semelhante à curva de

demanda dos condicionadores de ar, provavelmente porque os parâmetros utilizados foram semelhantes. Apenas variaria devido ao maior consumo dos condicionadores de ar. Em 2030, o Cenário de Maior Posse e Eficiência apresentaria uma demanda de 104,7 GWh, 19% maior do que a do Cenário de Referência, que teria demanda de 87,7 GWh. O Cenário de Menor Posse e Eficiência apresentaria um consumo de 76,0 GWh, 13% menor do que a demanda do Cenário de Referência.

7.2.3 Ventiladores e Circuladores de Ar

O Gráfico 7-9 apresenta a demanda anual de energia elétrica para ventiladores e circuladores de ar para os três cenários utilizados.

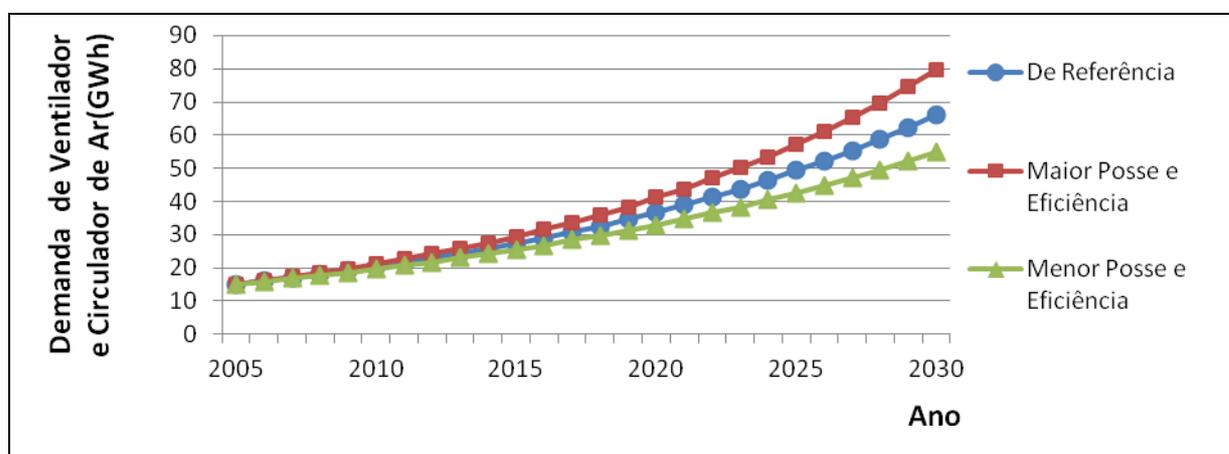


Gráfico 7-9 Demanda anual de energia elétrica estimada para ventilador de teto e circulador de ar no município de Belo Horizonte para os três cenários no setor residencial

Fonte: Elaboração própria

A curva de demanda de energia elétrica para os ventiladores e circuladores de ar seria semelhante às anteriores. Neste caso, a demanda do Cenário de Maior Posse e Eficiência seria, em 2030, de 79,7 GWh, valor 21% maior do que a demanda do Cenário de Referência, 66,0 GWh. O Cenário de Menor Posse e Eficiência apresentaria uma demanda de 54,8 GWh, 17% menor do que a do Cenário de Referência.

7.2.4 Aquecedores de Ar

O Gráfico 7-10 mostra a demanda anual de energia elétrica para aquecedores de ar para os três cenários no setor residencial.

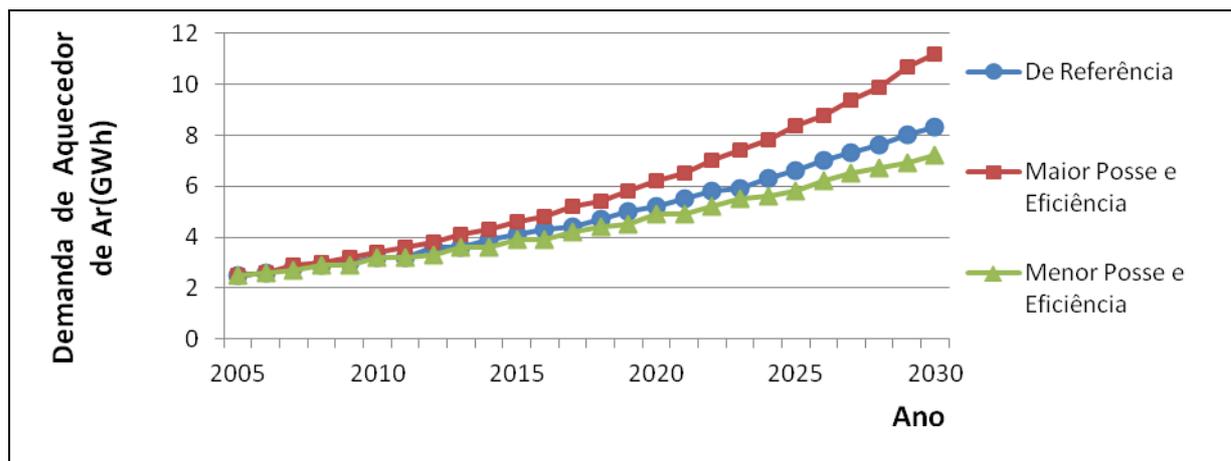


Gráfico 7-10 Demanda anual de energia elétrica estimada para aquecedor de ar no município de Belo Horizonte para os três cenários no setor residencial
Fonte: Elaboração própria

Em 2030, o Cenário de Menor Posse e Eficiência apresentaria uma demanda de energia elétrica de 7,2 GWh, valor 13% menor do que a do Cenário de Referência, 8,3 GWh. E o Cenário de Maior Posse e Eficiência uma demanda de 11,2 GWh, 35% maior do que o Cenário de Referência. As curvas possuem comportamento semelhante às anteriores.

O Gráfico 7-11 mostra a demanda anual total para Condicionamento Ambiental para os três cenários.

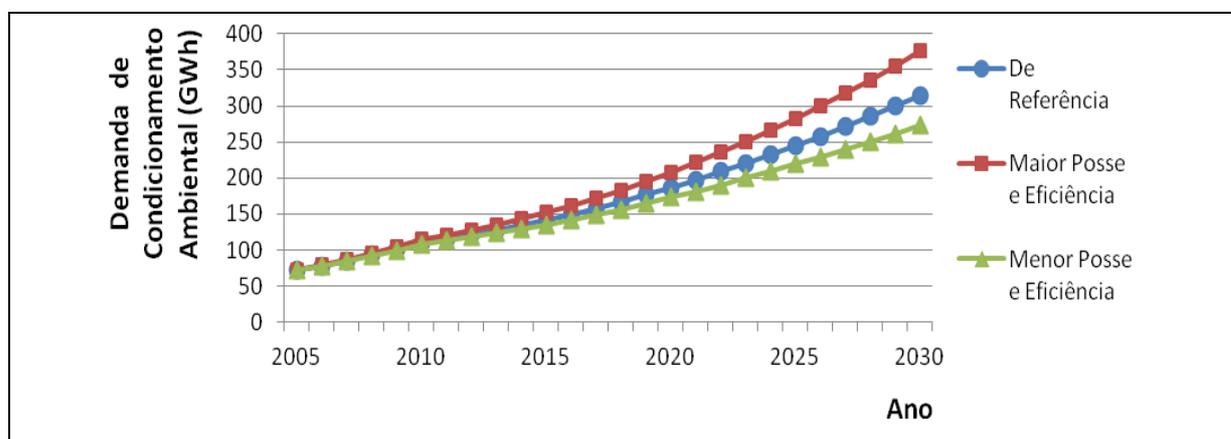


Gráfico 7-11 Demanda anual de energia elétrica estimada uso final Condicionamento Ambiental para os três cenários
Fonte: Elaboração própria

Como todas as curvas para demanda de energia elétrica dos equipamentos utilizados para Condicionamento Ambiental foram semelhantes, o uso final apresentou o mesmo aspecto. Seguindo a tendência, em 2030, o Cenário de Maior Posse e Eficiência apresentaria uma demanda de 359,1 GWh, valor 20% maior do que o do Cenário de Referência, que seria de 300,5 GWh. O Cenário de Menor Posse e Eficiência apresentaria uma demanda de 265,9

GWh, 12% menor do que a do Cenário de Referência. A variável que mais diferenciou os cenários provavelmente foi a posse. A eficiência maior não foi suficiente para minimizar os efeitos do aumento da posse, já que o aumento no tempo de consumo ocorreu em todos os cenários.

O Condicionamento Ambiental foi o uso final que mais teria um aumento em relação ao Ano Base. O Cenário de Referência, de acordo com os pressupostos adotados, apresentaria em 2030, um aumento de 416% da demanda de energia elétrica em relação ao Ano Base. Para o Cenário de Maior Posse e Eficiência este aumento seria de 498% e para o Cenário de Menor Posse e Eficiência de 368%.

7.3 Conservação de Alimentos

7.3.1 Geladeiras

O Gráfico 7-12 mostra a demanda anual de energia elétrica estimada para refrigeradores para os três cenários no setor residencial

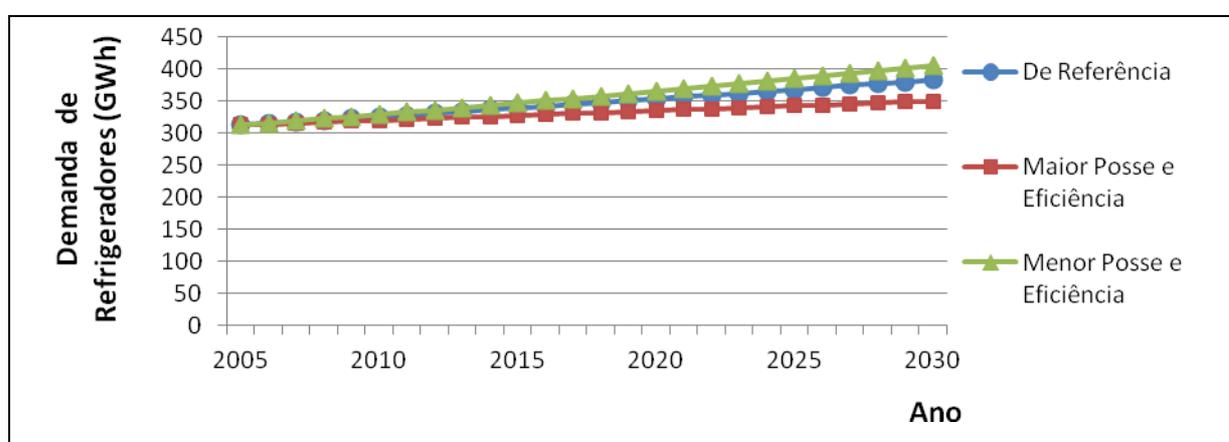


Gráfico 7-12 Demanda anual de energia elétrica estimada para refrigeradores para os três cenários no setor residencial

Fonte: Elaboração própria

O Cenário de Maior Posse e Eficiência apresentaria, em 2030, a menor demanda para energia elétrica para refrigeradores, 350,0 GWh, 9% menor do que a do Cenário de Referência, que apresentaria uma demanda de 383,7 GWh. O Cenário de Menor Posse e Eficiência apresentaria uma demanda de 405,1 GWh, 5% maior do que a demanda do Cenário de Referência, que seria o de maior demanda. O maior aumento da eficiência ao longo do tempo faria com que, no Cenário de Maior Posse e Eficiência, a demanda fosse menor. O Cenário de Menor Posse e Eficiência apresentaria uma demanda de energia elétrica maior, pois nele foi considerado que, como devido a piores condições econômicas, as geladeiras antigas não

seriam trocadas por geladeiras mais novas e mais eficientes.

7.3.2 Freezer

O Gráfico 7-13 mostra a demanda anual de energia elétrica para *freezer* para os três cenários.

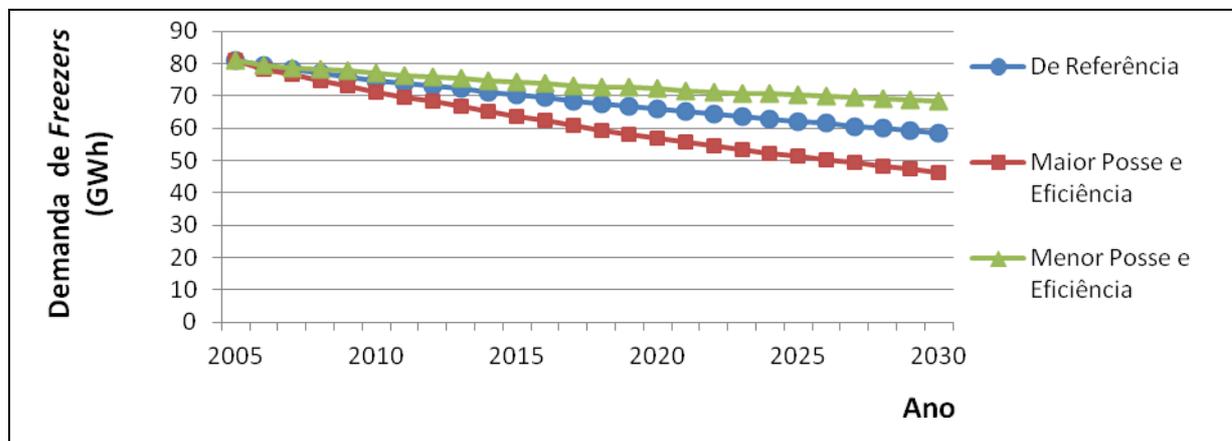


Gráfico 7-13 Demanda anual de energia elétrica para *freezer* para os três cenários

Fonte: Elaboração própria

A demanda de energia elétrica para *freezer* decresceria ao longo do período. Isto provavelmente ocorreria devido às taxas de crescimento negativas da posse de *freezers* observadas, uma tendência desde o ano do racionamento, 2001. O Cenário de Maior Posse e Eficiência apresentaria, em 2030, a menor demanda, 46,4 GWh, seguido pelo Cenário de Referência, com 58,5 GWh e pelo Cenário de Menor Posse e Eficiência, com demanda de 68,4 GWh. Como na demanda de energia elétrica para geladeiras, isto ocorreu porque no Cenário de Maior Posse e Eficiência, os freezers considerados foram mais eficientes que nos outros cenários. O Gráfico 7-14 mostra a demanda anual de energia elétrica estimada para o uso final Conservação de Alimentos para os três cenários.

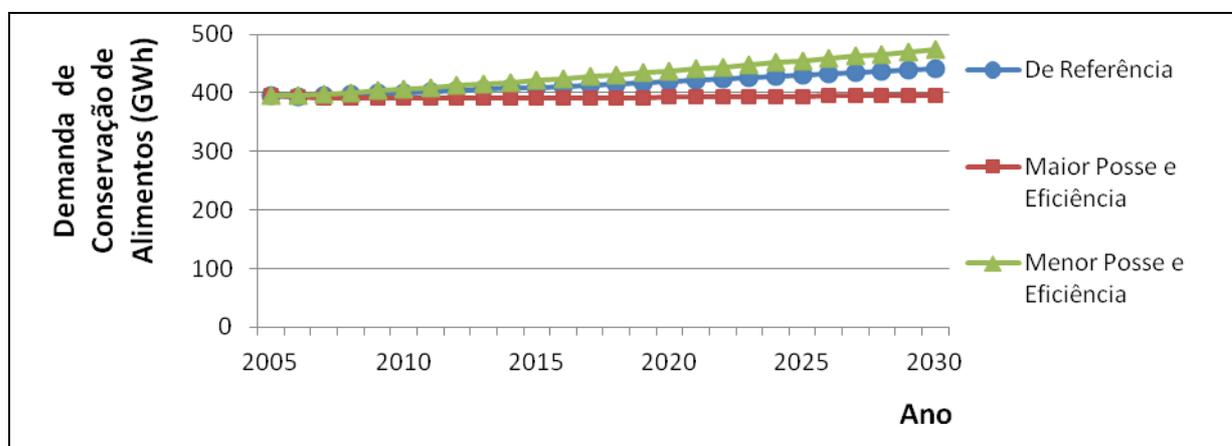


Gráfico 7-14 Demanda anual de energia elétrica estimada para o uso final Conservação de Alimentos para os três cenários no setor residencial

Fonte: Elaboração própria

A demanda de energia elétrica para Conservação de Alimentos seguiria a tendência das curvas dos refrigeradores, sendo atenuada pela curva decrescente dos *freezers*. A queda na demanda de energia elétrica para os *freezers* teria pouca influência na curva de demanda total. Isto provavelmente porque a posse de *freezers* é muito menor do que a posse de refrigeradores, ocasionando uma demanda de energia elétrica para *freezers* de aproximadamente 15% da demanda para a de refrigeradores. O Cenário de Menor Posse e Eficiência teria, em 2030, a demanda mais alta, 473,5 GWh, o Cenário de Maior Posse e Eficiência a menor demanda, 396,4 GWh, e o Cenário de Referência a demanda intermediária, 442,2 GWh. A demanda do Cenário de Maior Posse e Eficiência seria 12% menor do que a do Cenário de Referência e a demanda do Cenário de Menor Posse e Eficiência seria 7% maior do que a demanda do Cenário de Referência. A curva de crescimento da demanda seria atenuada pela curva decrescente dos *freezers*. O Cenário de Referência apresentaria um aumento de demanda de 12% em relação ao Ano Base. O Cenário de Maior Posse e Eficiência apresentaria um menor crescimento em relação ao Ano Base, apenas 3%, mostrando que o aumento na eficiência dos equipamentos seria eficaz para amenizar o aumento da demanda devido ao aumento da posse e do número de domicílios. Já o Cenário de Menor Posse e Eficiência apresentaria, em 2030, o maior aumento de demanda em relação ao Ano Base, 20%, mostrando que os equipamentos menos eficientes foram responsáveis por um consumo maior.

7.4 Iluminação

7.4.1 Lâmpadas Incandescentes

O Gráfico 7-15 apresenta a demanda anual de energia elétrica para lâmpadas incandescentes para os três cenários no setor residencial.

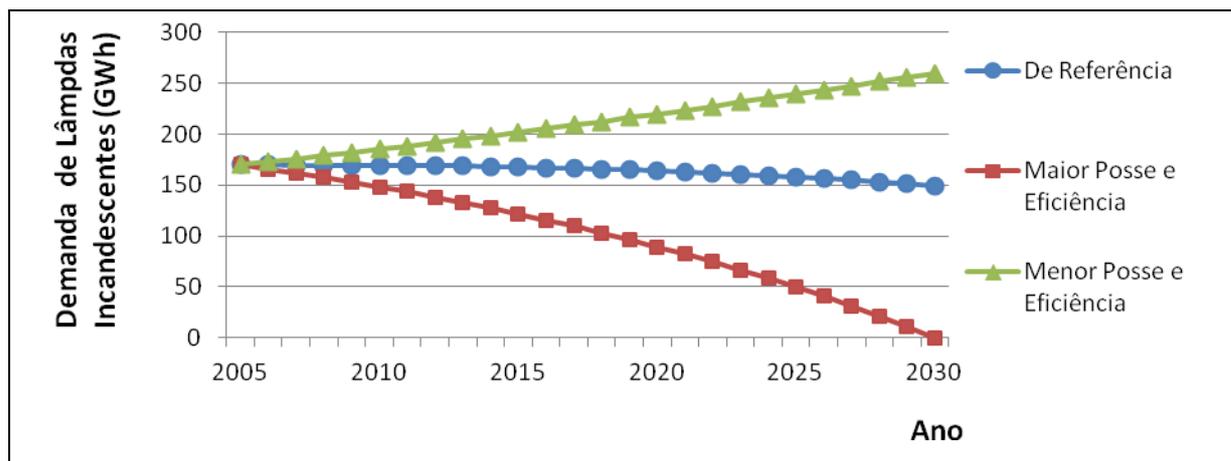


Gráfico 7-15 Demanda anual de energia elétrica para lâmpadas incandescentes para os três cenários no setor residencial

Fonte: Elaboração própria

Haveria uma grande diferença entre a demanda nos três cenários devido às hipóteses adotadas. O Cenário de Maior Posse e Eficiência teria uma demanda zero em 2030, pois adotou-se a hipótese de que ao final do período as lâmpadas incandescentes não seriam mais utilizadas. A demanda do Cenário de Menor Posse e Eficiência, 260,0 GWh, seria 75% maior do que a do Cenário de Referência, 148,8 GWh. No Cenário de Referência a porcentagem de lâmpadas incandescentes adotada (40%), manteria a demanda de energia para este tipo de lâmpada pouco abaixo da demanda no Ano Base. O Cenário de Menor Posse e Eficiência apresentaria uma demanda crescente, e seu valor em 2030 seria 65% maior do que no Ano Base.

7.4.2 Lâmpadas Fluorescentes

O Gráfico 7-16 apresenta a demanda anual de energia elétrica para lâmpadas fluorescentes para os três cenários no setor residencial

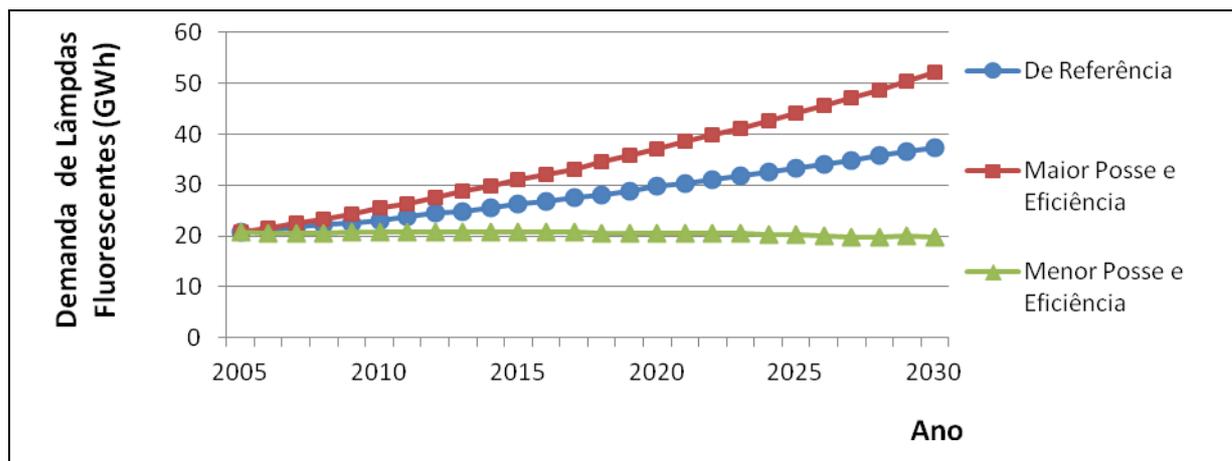


Gráfico 7-16 Demanda anual de energia elétrica para lâmpadas fluorescentes para os três cenários no setor residencial

Fonte: Elaboração própria

O Cenário de Menor Posse e Eficiência teria a menor demanda de energia elétrica para lâmpadas fluorescentes, pois neste cenário considerou-se a sua menor inserção. Esta demanda seria de 19,7 GWh, 53% menor do que a demanda do Cenário de Referência, 37,3 GWh. A demanda do Cenário de Maior Posse e Eficiência, 50,4 GWh, seria 35% maior do que a do Cenário de Referência. No Cenário de Menor Posse e Eficiência a demanda de energia para lâmpadas fluorescentes teria uma pequena variação em relação ao Ano Base. Os outros dois cenários possuiriam uma demanda crescente com curvas similares, com taxas distintas.

7.4.3 Outras lâmpadas

O Gráfico 7-17 mostra a demanda anual de energia elétrica para outras lâmpadas para os três cenários.

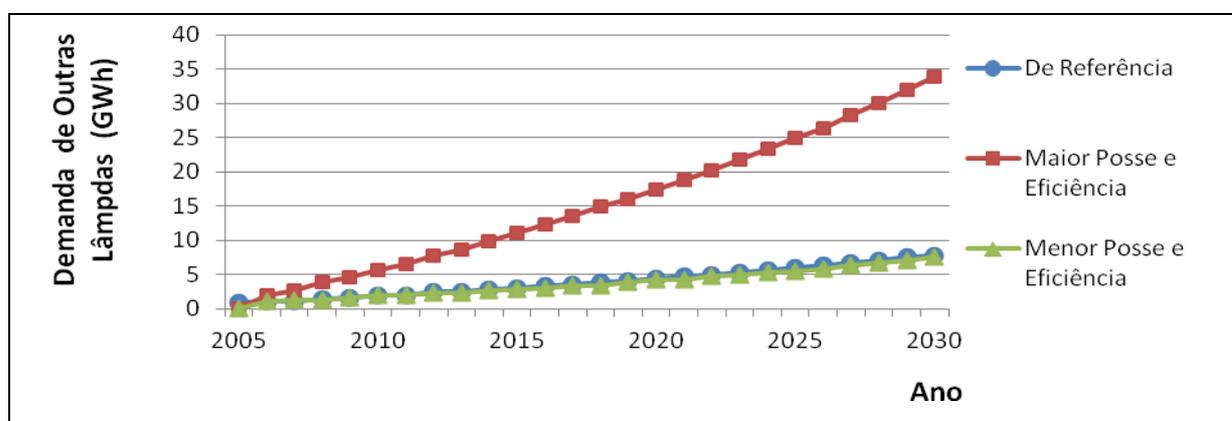


Gráfico 7-17 Demanda anual de energia elétrica para outras lâmpadas para os três cenários no setor residencial

Fonte: Elaboração própria

O Cenário de Menor Posse e Eficiência teria, em 2030, a menor demanda de energia elétrica para outros tipos de lâmpadas. Esta demanda seria de 7,5 GWh, praticamente igual à demanda do Cenário de Referência, 7,7 GWh. A demanda do Cenário de Maior Posse e Eficiência, 32,0 GWh, seria 416% maior do que a do Cenário de Referência. O Cenário de Maior Posse e Eficiência considera uma maior utilização de outros tipos de lâmpada do que nos outros cenários, pois neste cenário, as condições econômicas são mais favoráveis à aquisição de novas tecnologias.

O Gráfico 7-18 mostra a demanda anual de energia elétrica estimada para o uso final Iluminação para os três cenários no setor residencial.

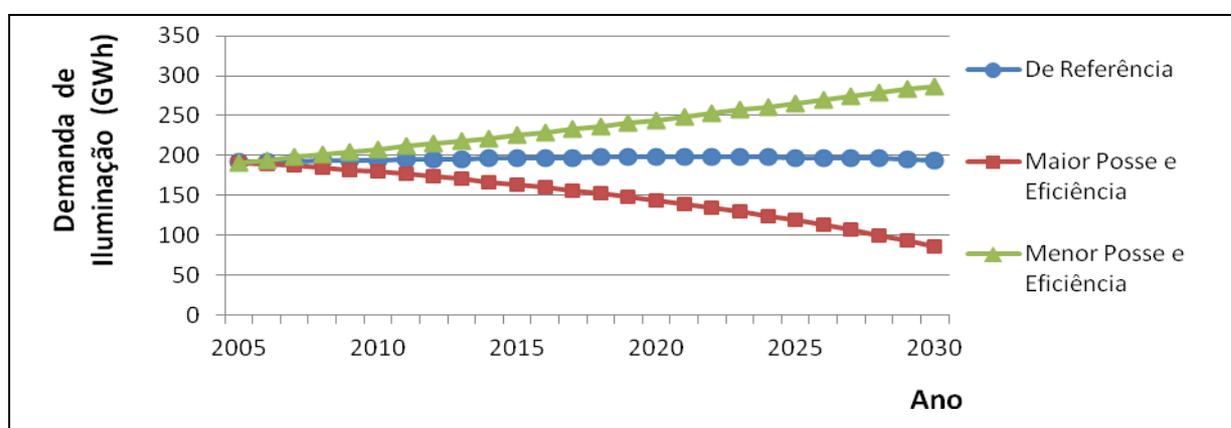


Gráfico 7-18 Demanda anual de energia elétrica estimada para o uso final Iluminação para os três cenários no setor residencial
Fonte: Elaboração própria

No total do uso final Iluminação, em 2030, o Cenário de Menor Posse e Eficiência resultaria em uma demanda mais alta, 287,8 GWh, O Cenário de Maior Posse e Eficiência em uma menor demanda, 86,0 GWh, e o Cenário de Referência em uma demanda intermediária, 193,8 GWh. A demanda do Cenário de Maior Posse e Eficiência seria 44% menor do que a do Cenário de Referência e a demanda do Cenário de Menor Posse e Eficiência seria 67% maior do que a demanda do Cenário de Referência. Isto se deve a adoção de lâmpadas mais eficientes no Cenário de Maior Posse e Eficiência. O Cenário de Referência apresentaria uma variação da demanda muito pequena em relação ao Ano Base (menos de 1%). Já no Cenário de Menor Posse e Eficiência teríamos uma demanda de energia elétrica cerca de 50% maior do que no Ano Base, enquanto no Cenário de Maior Posse e Eficiência esta demanda seria aproximadamente 45% menor do que a demanda no Ano Base. Neste cenário, a substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas de maior eficiência, ocasionaria uma maior queda na demanda de energia elétrica para Iluminação ao longo do período considerado.

7.5 Lazer

7.5.1 Televisão

O Gráfico 7-19 apresenta a demanda anual de energia elétrica para televisores para os três cenários no setor residencial.

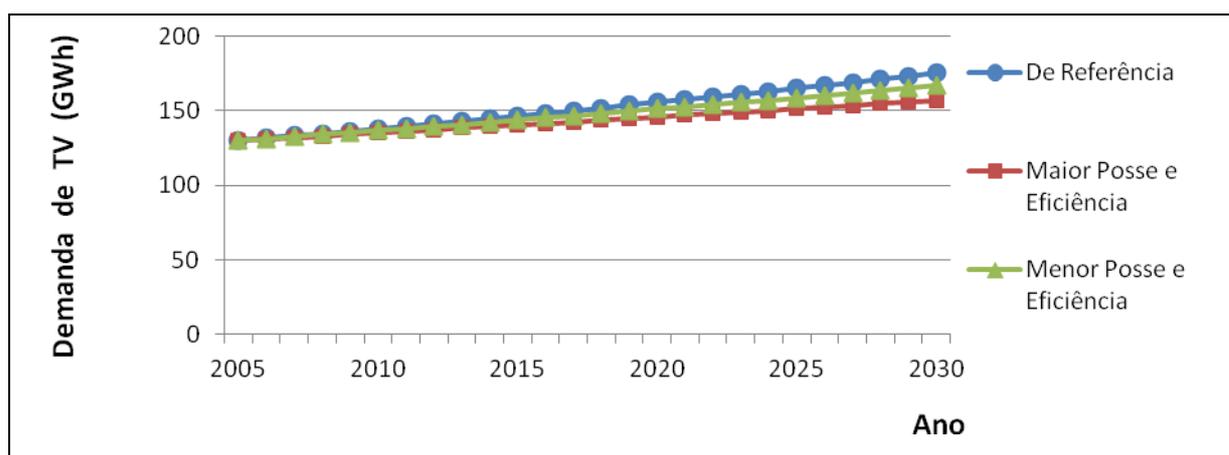


Gráfico 7-19 Demanda anual de energia elétrica para televisores para os três cenários no setor residencial
 Fonte: Elaboração própria

Nos três cenários a demanda de energia elétrica para o uso de televisão aumentou, mas não houve uma grande diferença entre os valores finais nos três cenários. O Cenário de Maior Posse e Eficiência, em 2030, teria a demanda mais baixa, 156,9 GWh, 10% menor do que a demanda do Cenário de Referência. O Cenário de Menor Posse e Eficiência obteria a demanda intermediária, 166,7 GWh, 5% mais baixa do que a demanda do Cenário de Referência. A demanda do Cenário de Referência seria a mais alta, 175,2 GWh. O aumento menos acentuado da posse destes aparelhos no Cenário de Menor Posse e Eficiência, somado ao aumento da eficiência no Cenário de Maior Posse e Eficiência fizeram com com isso ocorresse.

7.5.2 Rádio e Aparelho de Som

O Gráfico 7-20 mostra a demanda anual de energia elétrica para rádio e aparelho de som para os três cenários no setor residencial.

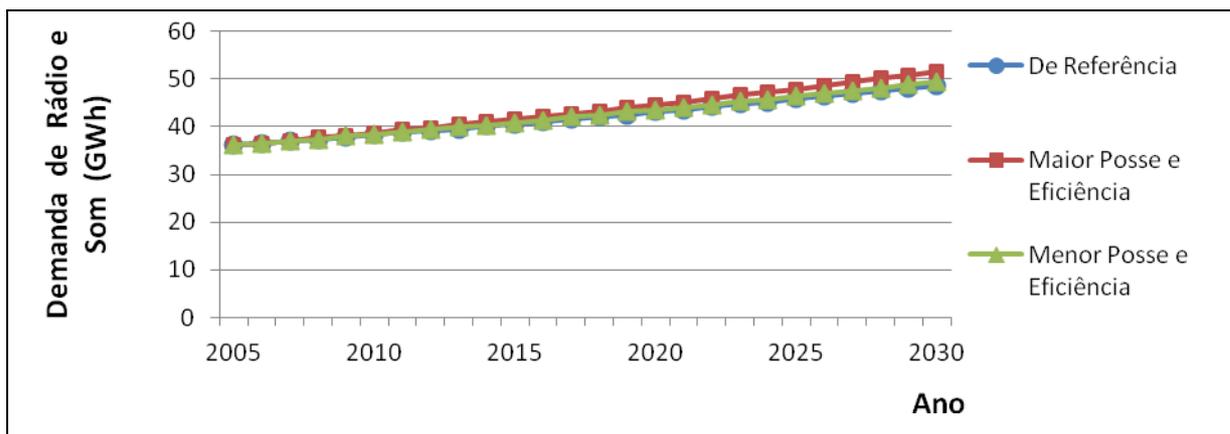


Gráfico 7-20 Demanda anual de energia elétrica para rádio e aparelho de som para os três cenários no setor residencial

Fonte: Elaboração própria

Praticamente não haveria mudanças para a demanda de energia elétrica para o uso de rádio e aparelho de som entre os cenários. A demanda em 2030 do Cenário de Referência seria de 48,5 GWh, praticamente igual à demanda do Cenário de Menor Posse e Eficiência, 49,3 GWh e ligeiramente menor do que a do Cenário de Maior Posse e Eficiência, 51,5 GWh. Esta seria 6% menor do que a do Cenário de Referência. O comportamento das curvas é semelhante.

7.5.3 Computador

O Gráfico 7-21 mostra a demanda anual de energia elétrica para computador para os três cenários no setor residencial.

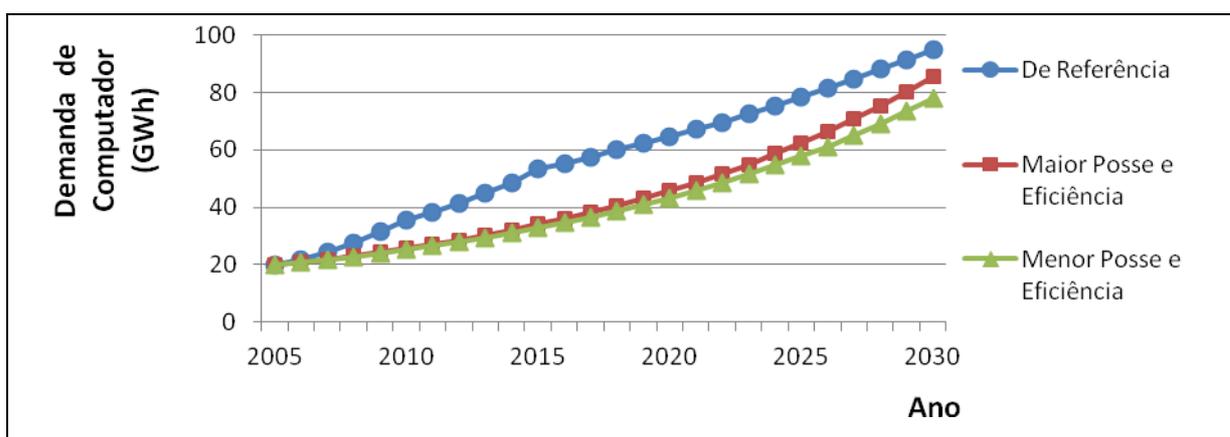


Gráfico 7-21 Demanda anual de energia elétrica para computador para os três cenários no setor residencial

Fonte: Elaboração própria

A demanda de energia elétrica para computadores seria a de maior aumento proporcional ao Ano Base para todos os equipamentos de Lazer. A maior demanda de energia elétrica para

computadores em 2030, seria a do Cenário de Referência, 95,0 GWh, crescendo quase 80% em relação ao Ano Base. A menor demanda seria a do Cenário de Menor Posse e Eficiência, 77,9 GWh, 22% menor do que a do Cenário de Referência, e 60% maior do que a do Ano Base. A demanda do Cenário de Maior Posse e Eficiência, 85,6 GWh, seria a intermediária e 11% menor do que a demanda do Cenário de Referência. A curva do Cenário de Referência distingue-se das demais. Isto provavelmente deve-se à curva da posse adotada para este cenário, como é visto no Gráfico 6-10. O ajuste da posse resultou em uma curva irregular.

7.5.4 Outros

O Gráfico 7-22 mostra a demanda anual de energia elétrica para outros equipamentos de lazer para os três cenários no setor residencial.

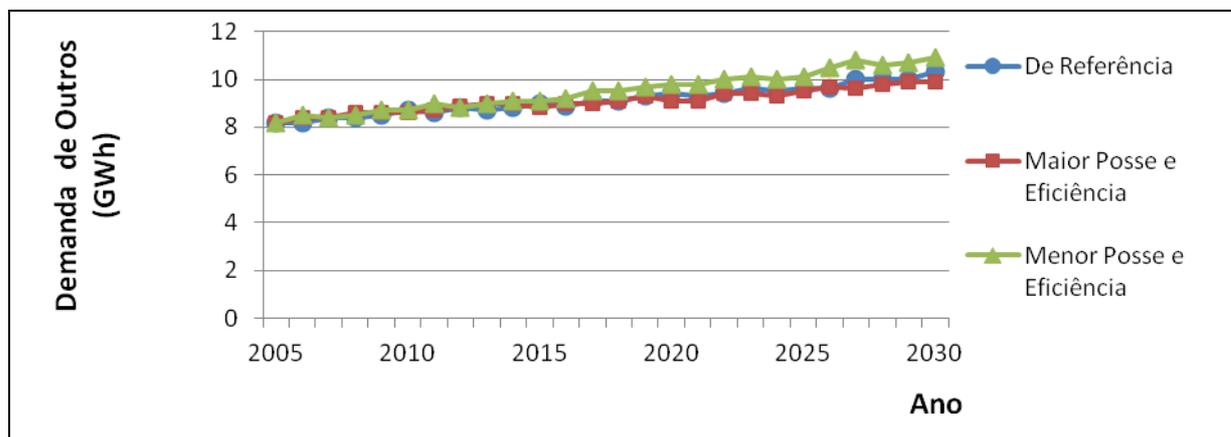


Gráfico 7-22 Demanda anual de energia elétrica para outros equipamentos de lazer para os três cenários no setor residencial

Fonte: Elaboração própria

Praticamente não haveria diferença entre a demanda de energia elétrica para outros aparelhos utilizados para lazer, pois quase não houve mudanças entre os cenários. As mudanças verificadas foram unicamente em relação às classes de renda. Os valores finais dos Cenários de Referência, de Maior Posse e Eficiência e de Menor Posse e Eficiência foram respectivamente de 10,3 GWh, 9,9 GWh e 10,9 GWh.

O Gráfico 7-23 apresenta a demanda anual de energia elétrica estimada para o uso final Lazer para os três cenários no setor residencial.

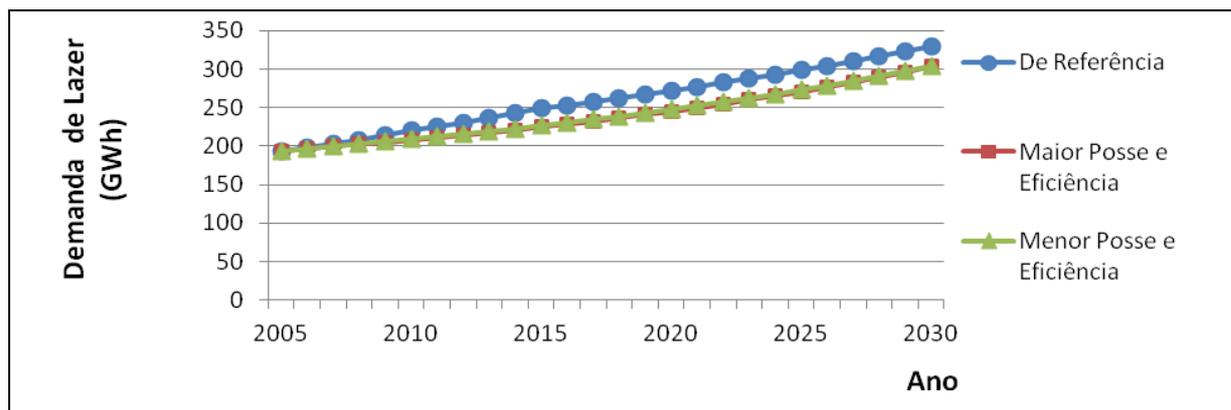


Gráfico 7-23 Demanda anual de energia elétrica estimada para o uso final Lazer para os três cenários no setor residencial

Fonte: Elaboração própria

No total do uso final Lazer, em 2030, o cenário de maior demanda seria o Cenário de Referência, com demanda de 329,0 GWh. O Cenário de Maior Posse e Eficiência apresentaria menor demanda, 303,9 GWh, 8% menor do que a do Cenário de Referência. O Cenário de Menor Posse e Eficiência apresentaria uma demanda bem próxima a esta, 304,8 GWh, 7% menor do que a demanda do Cenário de Referência. Na curva de demanda do Cenário de Referência pode-se observar a influência da curva de demanda do computador, fortemente influenciada pela sua posse. O Cenário de Referência apresentaria um aumento de demanda de energia elétrica para Lazer de 69% em relação ao Ano Base. O Cenário de Maior Posse e Eficiência apresentaria um aumento de demanda de 56% em relação ao Ano Base e Cenário de Menor Posse e Eficiência um aumento de 60%.

7.6 Serviços Gerais

7.6.1 Lavadora de roupas

O Gráfico 7-24 mostra a demanda anual de energia elétrica para lavadora de roupa para os três cenários.

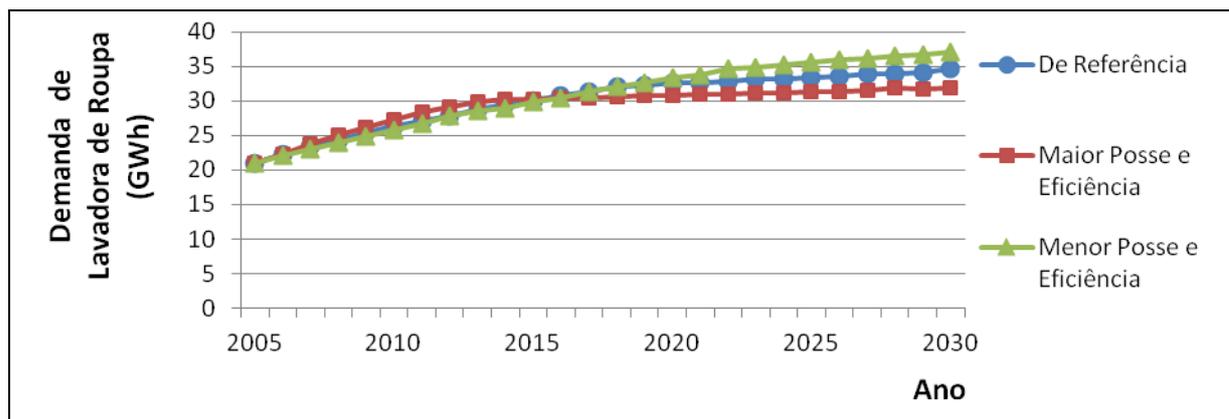


Gráfico 7-24 Demanda anual de energia elétrica para lavadora de roupa para os três cenários
 Fonte: Elaboração própria

Em 2030, o Cenário de Maior Posse e Eficiência teria a menor demanda de energia elétrica para lavadora de roupa, 31,9 GWh, 8% menor do que a demanda do Cenário de Referência, cuja demanda seria de 34,6 GWh. A demanda do Cenário de Menor Posse e Eficiência seria a maior, com 37,1 GWh, 7% maior do que a do Cenário de Referência. Próximo ao ano de 2015, se pode observar uma intercepção nas curvas e uma inversão na ordem das mesmas. Isto provavelmente está relacionado à adoção de limite da posse igual a 1,0. O Cenário de Maior Posse e Eficiência atingiria esta posse em um tempo menor, e portanto, passam a intervir na curva apenas os efeitos do número de domicílios (iguais para todos os cenários) e os efeitos de aumento na eficiência. O Cenário de Menor Posse e Eficiência seria o último a atingir a posse 1,0 em todas as classes, e isto faria provavelmente com que, sua demanda se tornasse maior que a demanda nos outros cenários. Este cenário também foi o de menor aumento de eficiência.

7.6.2 Ferro Elétrico

O Gráfico 7-25 apresenta a demanda anual de energia elétrica para ferro elétrico para os três cenários.

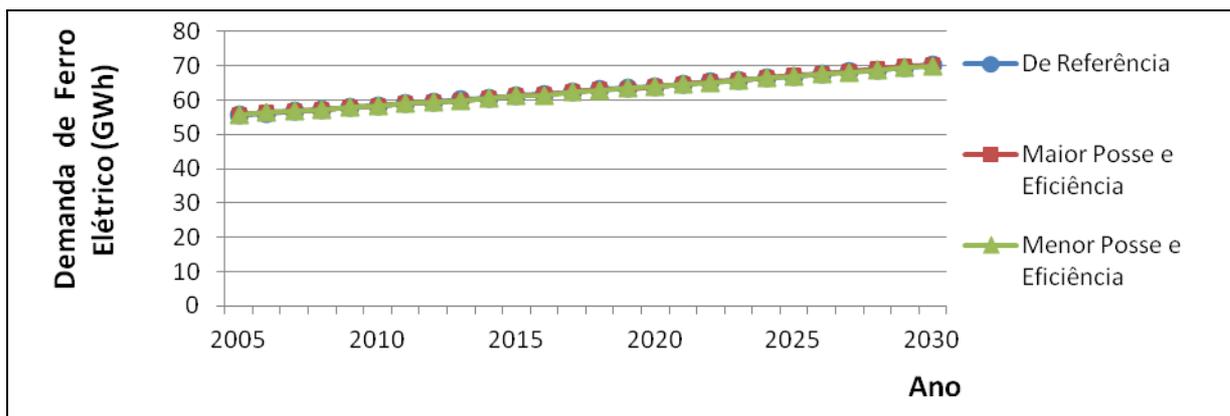


Gráfico 7-25 Demanda anual de energia elétrica para ferro elétrico para os três cenários
Fonte: Elaboração própria

Não houve mudanças nas hipóteses com relação ao ferro elétrico, portanto, não haveria mudanças entre os cenários. Em todos os cenários, a demanda anual de energia elétrica para ferro elétrico seria aproximadamente 70, 0 GWh. O aumento na demanda seria devido ao aumento no número de domicílios.

7.6.3 Outros

O Gráfico 7-26 apresenta a demanda anual de energia elétrica para outros equipamentos de serviços para os três cenários.

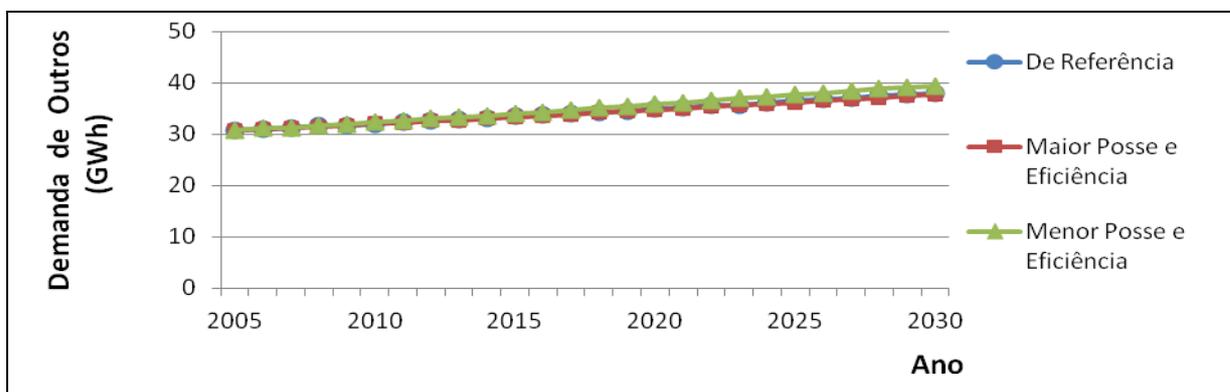


Gráfico 7-26 Demanda anual de energia elétrica para outros equipamentos de serviços para os três cenários no setor residencial
Fonte: Elaboração própria

Também não houve mudanças entre os cenários, e portanto, não haveria mudanças na demanda de energia elétrica para outros equipamentos utilizados para serviços. Os valores finais desta demanda seriam bem próximos, sendo de 38,0 GWh no Cenário de Referência, 37,8 GWh no Cenário de Maior Posse e Eficiência e de 39,4 GWh no Cenário de Menor Posse e Eficiência.

O Gráfico 7-27 mostra a demanda anual de energia elétrica estimada para o uso final Lazer para os três cenários.

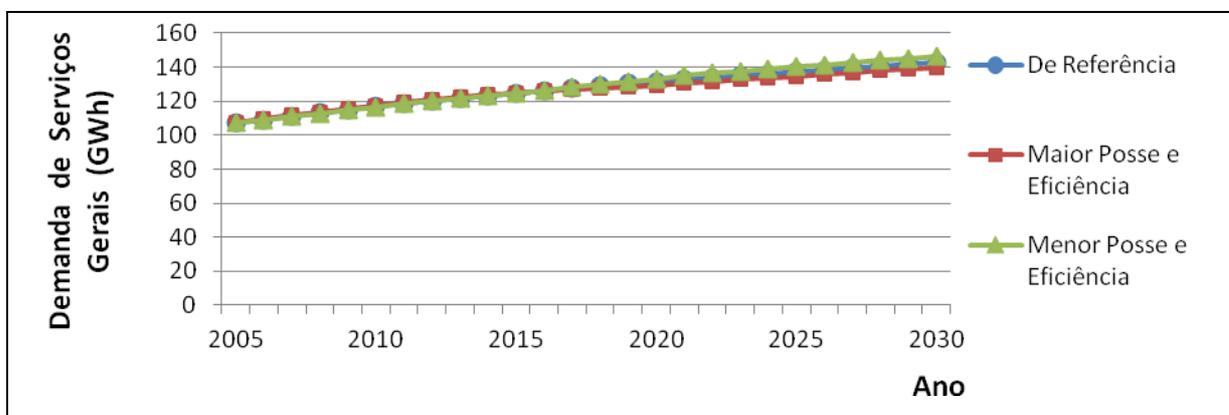


Gráfico 7-27 Demanda anual de energia elétrica estimada para o uso final Lazer para os três cenários
 Fonte: Elaboração própria

As formas das curvas do uso final Serviços seriam bem parecidas entre si. O Cenário de Maior Posse e Eficiência seria, em 2030, o cenário de menor demanda de energia elétrica para Serviços, 140,0 GWh, 2% menor do que a demanda do Cenário de Referência, que seria o cenário intermediário com uma demanda de 142,7 GWh. A demanda do Cenário de Menor Posse e Eficiência seria a maior, com 146,5 GWh, 3% maior do que a do Cenário de Referência. Os cenários teriam as demandas bem próximas. As pequenas diferenças que ocorreriam entre os cenários seriam devidas à lavadora de roupa, único equipamento de serviços no qual foram consideradas variações na posse e eficiência. O Cenário de Referência apresentaria um aumento de demanda de energia elétrica para Serviços de 32% em relação ao Ano Base. O Cenário de Maior Posse e Eficiência apresentaria um aumento de demanda de 30% em relação ao Ano Base e Cenário Menor Posse e Eficiência um aumento de 36%.

7.7 Demanda anual total de energia elétrica

O Gráfico 7-28 mostra a demanda anual total de energia elétrica para os três cenários.

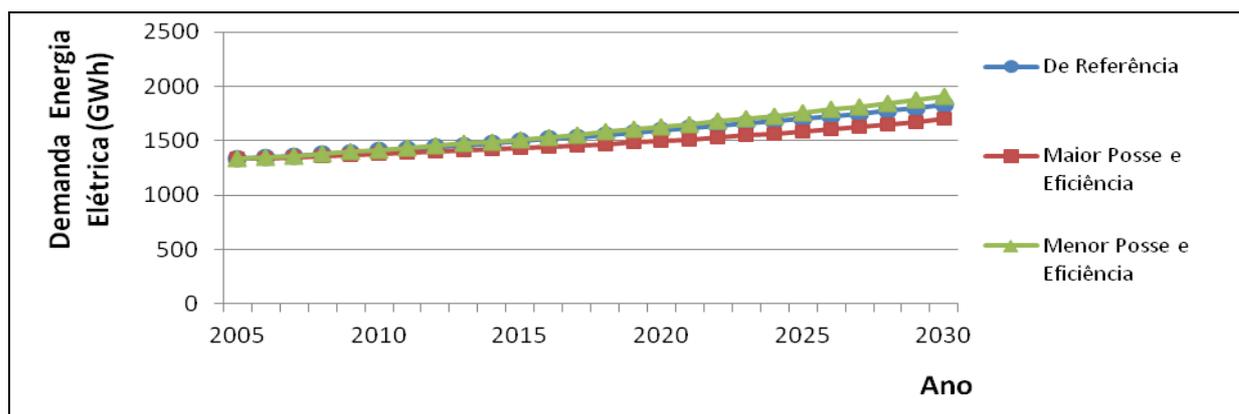


Gráfico 7-28 Demanda anual total de energia elétrica residencial para os três cenários
Fonte: Elaboração própria

A demanda final de energia elétrica nos cenários apresentaria pequenas diferenças entre os mesmos. Em 2030, o Cenário de Maior Posse e Eficiência seria o cenário de menor demanda, 1.701 GWh, 7% menor do que a demanda do Cenário de Referência, que seria de 1.829 GWh. A demanda do Cenário de Menor Posse e Eficiência seria a maior, com 1.907 GWh, 4% maior do que a do Cenário de Referência.

Em 2008, o consumo no município de Belo Horizonte foi de 1.428,62 GWh (CEMIG). Nas projeções feitas, a demanda estimada em 2008 seria de:

- Cenário de Referência : 1.374 GWh, 4% menor.
- Cenário de Maior Posse e Eficiência: 1.356 GWh, 5% menor.
- Cenário de Menor Posse e Eficiência: 1.379 GWh, 4% menor.

O cenário que mais se aproximou do consumo em 2008 foi o Cenário de Menor Posse e Eficiência. O último ano para o qual foram conseguidos dados sobre o consumo total de energia elétrica no setor residencial de Belo Horizonte foi o ano de 2008.

7.8 Cenário de Referência

O Quadro 7-1 apresenta os resultados obtidos para a evolução da demanda anual de energia elétrica por usos finais no Cenário de Referência.

Quadro 7-1 Evolução da demanda anual de energia elétrica no município de Belo Horizonte por usos finais de acordo com o Cenário de Referência

GWh/ano	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Aquecimento de Água	375,0	379,8	390,4	400,7	411,1	421,1
Condicionamento Ambiental	72,2	95,1	127,1	169,4	225,8	300,5
Conservação de Alimentos	395,3	400,6	409,7	419,8	430,6	442,2
Iluminação	191,3	194,5	196,9	198,1	197,4	193,8
Lazer	194,2	220,7	249,2	272,7	299,0	329,0
Serviços Gerais	108,0	116,8	124,8	131,5	137,1	142,7
Total	1.336	1.408	1.498	1.592	1.701	1.829

Fonte: Elaboração própria

O Gráfico 7-29 mostra a evolução da distribuição da demanda de energia elétrica estimada para Belo Horizonte no ano de 2030 de acordo com os usos finais no Cenário de Referência.

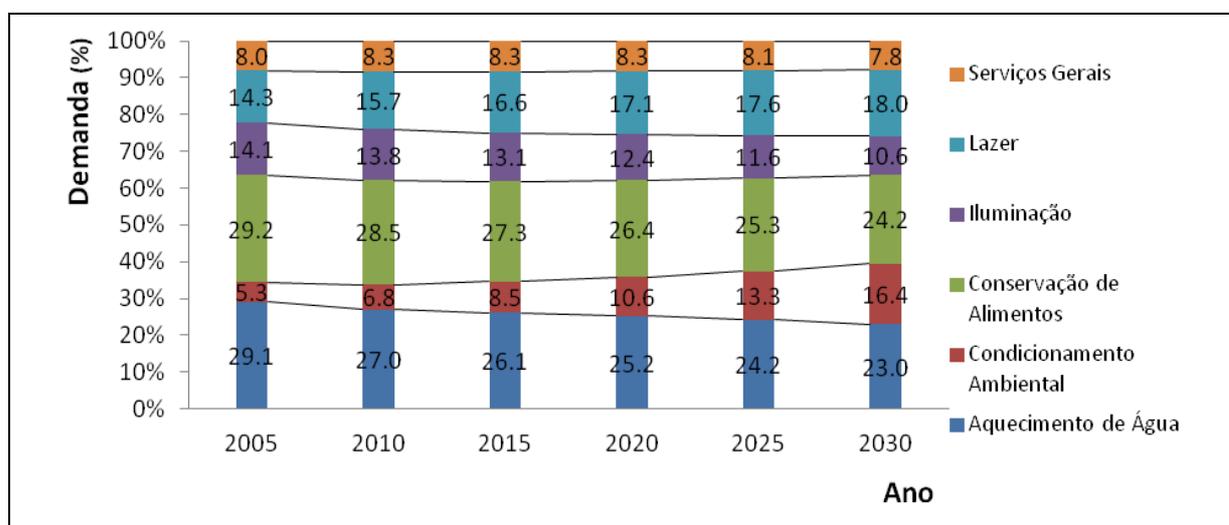


Gráfico 7-29 Evolução da distribuição da demanda anual de energia elétrica por usos finais no município de Belo Horizonte de acordo com o Cenário de Referência

Fonte: Elaboração própria

De acordo com o Cenário de Referência, haveria ao longo do tempo uma diminuição da participação de energia elétrica utilizada pelos usos finais de iluminação, que passaria de 14,1% do consumo total em 2005 para 10,6% em 2030, aquecimento de água para banho, que era 29,1% em 2005 e em 2030 passaria a responder por 23,0% do consumo de energia elétrica residencial e conservação de alimentos, que passaria de 29,2% em 2005 para 24,2% em 2030. Aumentaria a proporção na demanda de energia elétrica os usos finais de lazer, que era 14,3% em 2005 e passaria a 18,0% em 2030 e condicionamento ambiental, que era de 5,3% em 2005 e passaria a 16,4% em 2030. A demanda para serviços permaneceria praticamente como a mesma proporção, sendo 8,0% em 2005 e 7,8% em 2030.

O Quadro 7-2 apresenta a evolução da demanda total anual de energia elétrica, o consumo por

domicílio e o consumo por habitante para o município de Belo Horizonte até o ano de 2030 de acordo com o Cenário de Referência.

Quadro 7-2 Evolução da demanda de energia elétrica em Belo Horizonte no Cenário de Referência até o ano de 2030

Demanda	2005	2010	2015	2020	2025	2030
GWh/ano	1.336	1.408	1.498	1.592	1.701	1.829
kWh/domicílio/mês	160,1	153,8	159,7	168,5	179,4	192,7
kWh/habitantes/mês	48,8	51,0	54,5	58,7	64,1	72,2

Fonte: Elaboração própria

O consumo total por domicílio esperado, no Cenário de Referência, para Belo Horizonte no ano de 2030 seria de 192,7 kWh/domicílio/mês, valor que é 20% maior do que o valor para 2005, 160,1 kWh/domicílio/mês. Este valor está abaixo do valor calculado para o Cenário B1-Surfando a Marola do PNE 2030 (MME,2007), que é de 291 kWh/domicílio/mês. O consumo total esperado por habitante no ano de 2030 seria de 72,2 kWh/habitante/mês o que também está abaixo do valor calculado pelo PNE 2030, que é de 99 kWh/habitante/mês e é 48% maior do que o valor para 2005, 48,8 kWh/domicílio/mês. No Cenário de Referência foram consideradas hipóteses mais arrojadas para a iluminação e aquecimento de água, como maior proporção de lâmpadas mais eficientes e inclusão de aquecimento por energia solar e GLP, que não existiam no Cenário B1-Surfando a Marola, do PNE.

O Gráfico 7-30 mostra a evolução da demanda de energia elétrica por classes de renda de acordo com o Cenário de Referência.

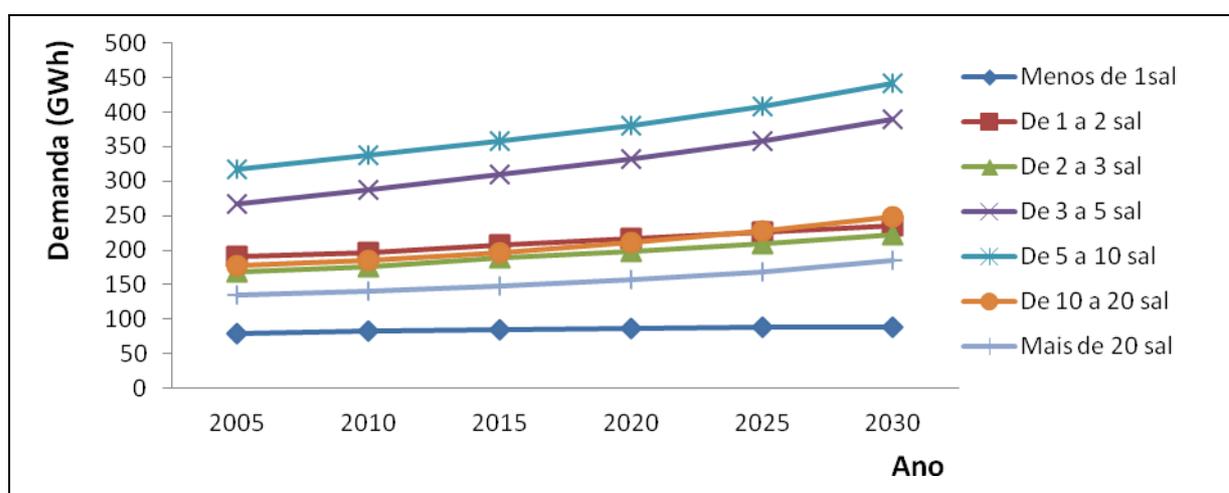


Gráfico 7-30 Evolução da demanda de energia elétrica por classes de renda de acordo com o Cenário de Referência

Fonte: Elaboração própria

No Cenário de Referência a classe de renda que apresentaria o maior aumento na demanda seria a de 3 a 5 salários mínimos, classe que, neste cenário teve como hipótese um maior aumento na proporção entre as classes, como visto no Quadro 6-3. Porém as classes de renda de 10 a 20 salários mínimos e de 5 a 10 salários mínimos, que teriam um aumento de demanda em relação ao Ano Base de respectivamente 40% e 39%, tiveram como hipótese uma diminuição da proporção no número de domicílios, sendo que, a classe de renda de 5 a 10 salários mínimos teria a maior diminuição na proporção de domicílios, o que mostra que existem outras influências além do número de domicílios. Provavelmente o aumento da posse de equipamentos estaria contrabalançando a diminuição no número de domicílios. A classe de renda que teria o menor aumento de demanda (10%) seria a classe de menos de 1 salário mínimo. Foi considerada uma diminuição na proporção do número de domicílios nesta classe, e também, esta classe possui uma posse menor para todos os equipamentos considerados.

O Gráfico 7-31 apresenta a evolução da distribuição, de acordo com as classes de renda, da demanda de energia elétrica no Cenário de Referência.

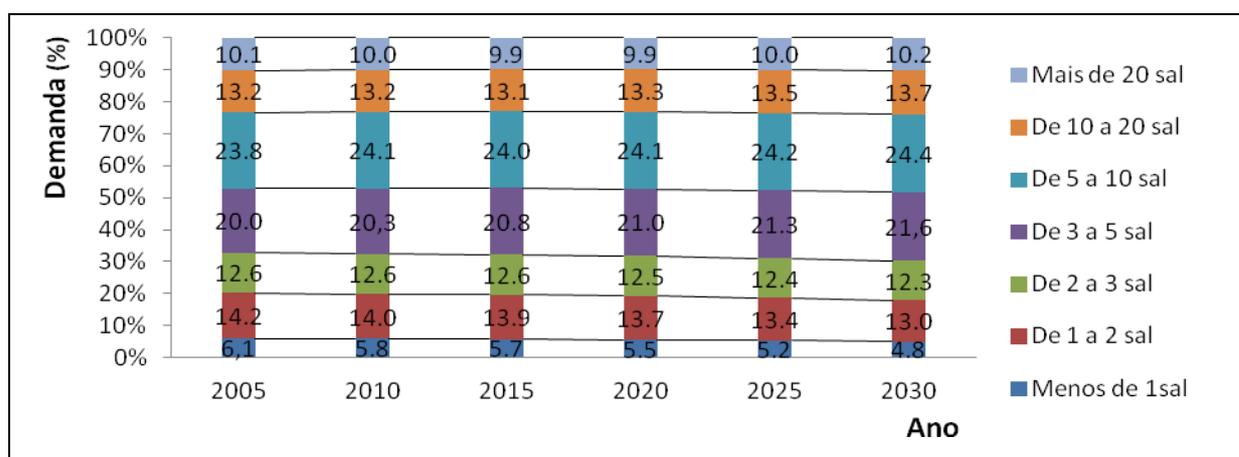


Gráfico 7-31 Evolução distribuição da demanda de energia elétrica por classes de renda de acordo com o Cenário de Referência

Fonte: Elaboração própria

No Cenário de Referência ocorreria uma pequena variação na proporção da demanda de energia em todas as classes de renda, mantendo-se com pequenas diferenças a estrutura da demanda no Ano Base. A classe de renda na qual aconteceria a maior queda da proporção da demanda seria a de menos de 1 salário mínimo, passando de 6,1% em 2005 para 4,8% em 2030. A classe de renda que teria a maior queda na proporção de domicílios, conforme a hipótese adotada seria a de 5 a 10 salários mínimos, classe de renda que apresentou um aumento na proporção do consumo de 23,8% em 2005 para 24,4% em 2030. A classe de renda que apresentaria a menor variação da proporção da demanda seria a de mais de 20

salários mínimos.

7.8.1 Cenário de Maior Posse e Eficiência

O Quadro 7-3 apresenta a evolução da demanda anual de energia elétrica estimada para o município de Belo Horizonte de acordo com o Cenário de Maior Posse e Eficiência.

Quadro 7-3 Evolução da demanda anual de energia elétrica no município de Belo Horizonte por usos finais de acordo com o Cenário de Maior Posse e Eficiência

GWh/ano	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Aquecimento de Água	375,0	379,0	389,1	398,2	407,6	415,6
Condicionamento Ambiental	72,2	98,6	136,3	188,2	260,1	359,1
Conservação de Alimentos	395,3	391,4	391,4	392,4	394,3	396,4
Iluminação	191,3	179,6	164,0	143,9	118,8	86,0
Lazer	194,2	208,2	225,0	245,1	271,0	303,9
Serviços Gerais	108,0	117,5	124,8	129,5	134,6	140,0
Total	1.336	1.37	1.431	1.497	1.586	1.701

Fonte: Elaboração própria

O Gráfico 7-32 apresenta a evolução da demanda de energia elétrica para Belo Horizonte de acordo com os usos finais no Cenário de Maior Posse e Eficiência.

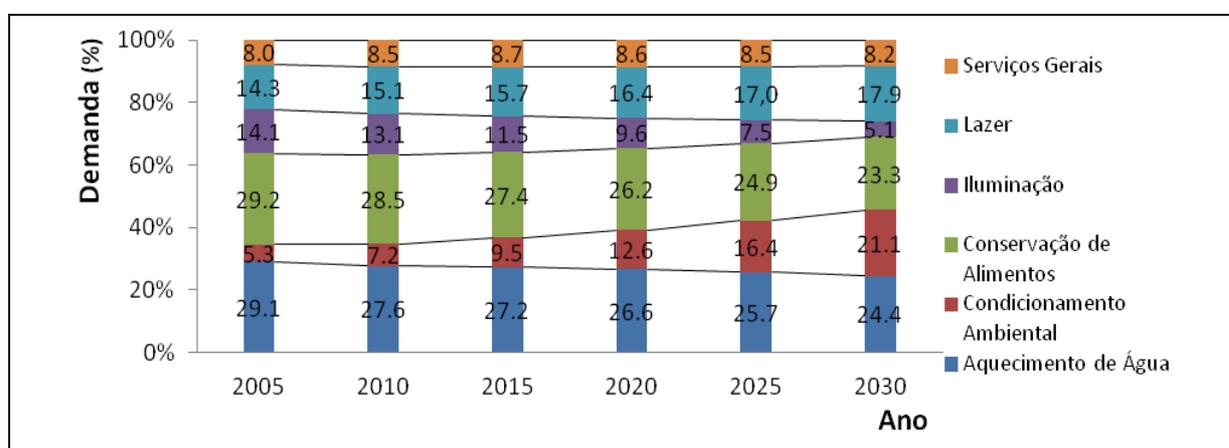


Gráfico 7-32 Evolução da distribuição da demanda de energia elétrica por usos finais no município de Belo Horizonte de acordo com o Cenário de Maior Posse e Eficiência

Fonte: Elaboração própria

No Cenário de Maior Posse e Eficiência, o aquecimento de água para banho que era 29,1% da demanda de energia elétrica residencial em Belo Horizonte no ano de 2005, passaria para 24,4% no ano de 2030. E a proporção da demanda para condicionamento ambiental, que era de 5,3% em 2005, passaria para 21,1% em 2030. Este foi o uso final que mais cresceu proporcionalmente. As medidas consideradas de maior exigência na eficiência dos

equipamentos não conseguiram abrandar as mudanças no aumento do número de aparelhos e horas de uso. A proporção da demanda de energia elétrica para conservação de alimentos passaria de 29,2% para 23,3%, e a demanda para iluminação cairia de 14,1% em 2005 para 5,1% em 2030. As medidas de troca de lâmpadas por outras mais eficientes foram eficazes. A proporção do lazer passaria de 14,3% para 17,9. A porcentagem em relação ao uso final para serviços mudaria pouco ao longo do tempo, passando de 8,0% em 2005 para 8,2% em 2030. O Quadro 7-4 mostra a evolução da demanda total anual de energia elétrica, o consumo por domicílio e o consumo por habitante para o município de Belo Horizonte até o ano de 2030 de acordo com o Cenário de Maior Posse e Eficiência.

Quadro 7-4 Evolução da demanda de energia elétrica em Belo Horizonte no Cenário de Maior Posse e Eficiência até o ano de 2030

Demanda	2005	2010	2015	2020	2025	2030
GWh/ano	1.336	1.374	1.431	1.497	1.586	1.701
kWh/domicílio/mês	160,1	150,1	152,5	158,4	167,3	179,2
kWh/habitantes/mês	48,8	49,8	52,1	55,2	59,8	67,2

Fonte: Elaboração própria

De acordo com o Cenário de Maior Posse e Eficiência, o consumo por domicílio total no ano de 2030 seria de 179,2 kWh/domicílio/mês, consumo 12% maior do que o consumo em 2005, 160,1 kWh/domicílio/mês. Embora o Cenário de Maior Posse e Eficiência tenha apresentado os menores valores para o consumo mensal por domicílio, este valor ficou acima dos valores projetados para a Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030 (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007), que foram de 160 kWh/domicílio/mês no Cenário Referência e 146 kWh/domicílio/mês no Cenário Alternativo. No entanto, deve-se lembrar que, como visto, o consumo por domicílio em Belo Horizonte é maior do que este consumo em Minas Gerais. No Cenário de Maior Posse e Eficiência o consumo total por habitante no ano de 2030 seria de 67,2 kWh/habitante/mês, consumo 27% maior do que no ano de 2005, 48,8 kWh/habitante/mês.

O Gráfico 7-33 apresenta a evolução da demanda de energia elétrica por classes de renda de acordo com o Cenário de Maior Posse e Eficiência.

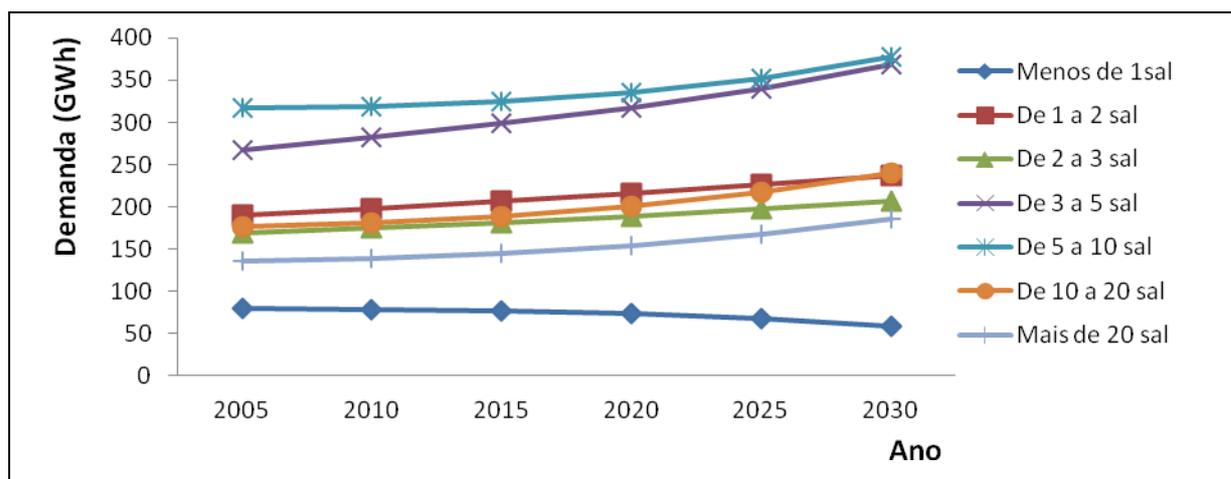


Gráfico 7-33 Evolução da demanda de energia elétrica por classes de renda de acordo com o Cenário de Maior Posse e Eficiência

Fonte: Elaboração própria

No Cenário de Maior Posse e Eficiência, a classe de menos de 1 salário mínimo apresentaria uma diminuição de 26% da demanda de energia elétrica em relação ao Ano Base. Todas as outras classes de renda teriam um aumento desta demanda. A classe de renda que apresentaria o maior aumento da demanda seria a de 3 a 5 salários mínimos, 37%. As demandas deste cenário seriam em geral, mais baixas do que as do Cenário de Referência.

O Gráfico 7-34 mostra a evolução da proporção da demanda de energia elétrica de acordo com as classes de renda para o Cenário de Maior Posse e Eficiência.

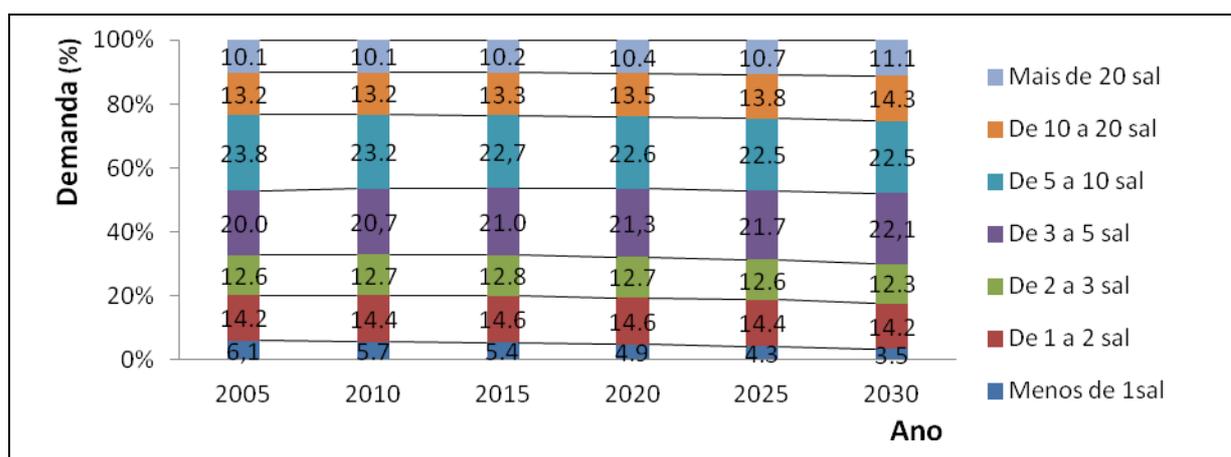


Gráfico 7-34 Evolução da proporção da demanda de energia elétrica por classes de renda de acordo com o Cenário de Maior Posse e Eficiência

Fonte: Elaboração própria

A classe de renda que teria uma maior diminuição da sua proporção na demanda de energia elétrica seria a classe de menos de 1 salário mínimo, classe que também teria a maior diminuição na proporção de domicílios, e como a posse dos equipamentos nesta classe de

renda é mais baixa, ela teria uma demanda menor. A classe de renda que apresentaria o maior aumento na proporção da demanda seria a de 3 a 5 salários mínimos, classe que não teve o maior aumento no número de domicílios.

7.8.2 Cenário de Menor Posse e Eficiência

O Quadro 7-5 mostra a evolução da demanda anual de energia elétrica por usos finais estimada para Belo Horizonte no Cenário de Menor Posse e Eficiência.

Quadro 7-5 Evolução da demanda anual de energia elétrica no município de Belo Horizonte por usos finais de acordo com o Cenário de Menor Posse e Eficiência

GWh/ano	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Aquecimento de Água	375,0	381,3	393,9	405,9	418,2	429,4
Condicionamento Ambiental	72,2	93,2	121,0	158,0	204,9	265,9
Conservação de Alimentos	395,3	406,3	421,1	437,7	455,0	473,5
Iluminação	191,3	207,9	225,2	244,6	265,1	287,2
Lazer	194,2	209,0	226,4	247,9	273,0	304,8
Serviços Gerais	108,0	116,3	124,9	133,1	140,1	146,5
Total	1.336	1.414	1.513	1.627	1.756	1.907

Fonte: Elaboração própria

O Gráfico 7-35 mostra a evolução da demanda de energia elétrica de acordo como os usos finais de acordo com o Cenário de Menor Posse e Eficiência.

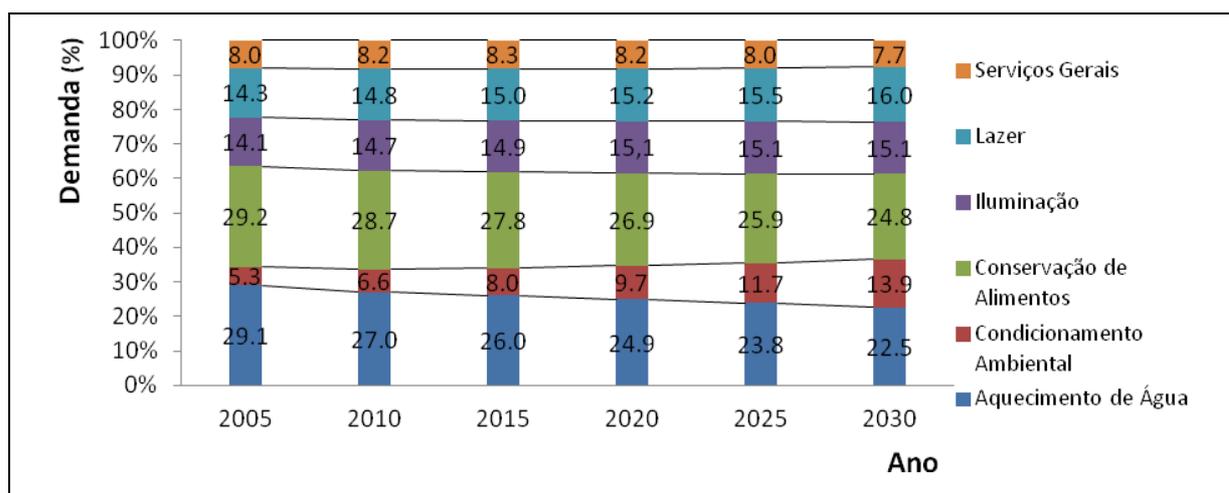


Gráfico 7-35 Evolução da distribuição da demanda de energia elétrica por usos finais no município de Belo Horizonte de acordo com o Cenário de Menor Posse e Eficiência

Fonte: Elaboração própria

De acordo com o Cenário Menor Posse e Eficiência a porcentagem da demanda de energia elétrica para o uso final aquecimento de água passaria de 29,1% em 2005 para 22,5% em

2030. E a do condicionamento ambiental seria o que apresentaria o menor crescimento da proporção entre todos os cenários, de 5,3% em 2005 para 13,9% em 2030, apesar de menos exigências na eficiência dos equipamentos, isto porque, o crescimento de sua posse seria menor. A proporção da demanda para conservação de alimentos cairia de 29,2% para 24,8%. A iluminação teria a sua porcentagem levemente aumentada, de 14,1% para 15,1% ao longo do tempo. O lazer teria sua proporção aumentada de 14,3% para 16,0. O uso final serviços apresentaria uma leve variação na proporção ao longo do período, de 8,0% para 7,7%.

O Quadro 7-6 mostra a evolução da demanda total anual de energia elétrica, o consumo por domicílio e o consumo por habitante para o município de Belo Horizonte até o ano de 2030 de acordo com o Cenário de Menor Posse e Eficiência.

Quadro 7-6 Evolução da demanda de energia elétrica em Belo Horizonte no Cenário de Menor Posse e Eficiência até o ano de 2030

Demanda	2005	2010	2015	2020	2025	2030
GWh/ano	1.336	1.414	1.513	1.627	1.756	1.907
kWh/domicílio/mês	160,1	154,5	161,2	172,2	185,3	200,9
kWh/habitantes/mês	48,8	51,2	55,0	60,0	66,2	75,3

Fonte: Elaboração própria

O consumo total por domicílio no ano de 2030, no Cenário de Menor Posse e Eficiência, seria de 200,9 kWh/domicílio/mês, 26% maior do que o consumo em 2005, 160,1 kWh/domicílio/mês. O consumo total por habitante no ano de 2030 seria de 75,3 kWh/habitante/mês, 54% maior do que o consumo de 2005, 48,8 kWh/habitante/mês. Estes valores seriam os maiores entre todos os cenários propostos.

O Gráfico 7-36 mostra a evolução da demanda de energia elétrica por classes de renda de acordo com o Cenário de Menor Posse e Eficiência.

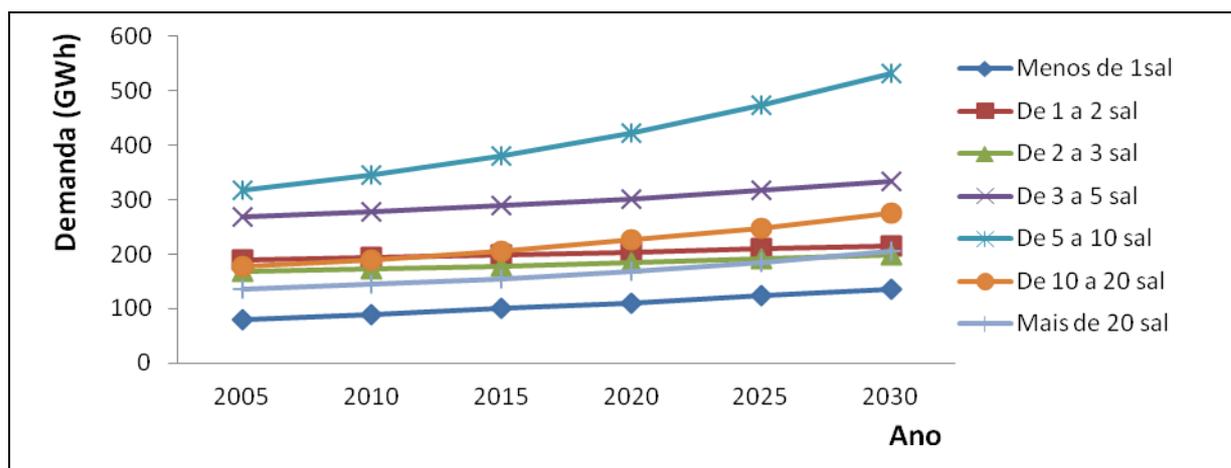


Gráfico 7-36 Evolução da demanda de energia elétrica por classes de renda de acordo com o Cenário de Menor Posse e Eficiência

Fonte: Elaboração própria

No Cenário de Menor Posse e Eficiência a classe de menos de 1 salário mínimo teria o maior aumento de demanda, 71%. Esta classe também teria o maior aumento proporcional do número de domicílios. A classe de renda que apresentaria o menor aumento de demanda seria a classe de 1 a 2 salários mínimos. Neste cenário, as classes de renda entre 1 e 5 salários mínimos teriam um aumento de demanda menor do que as do Cenário de Referência, enquanto as classes de renda de mais de 5 salários mínimos teriam um aumento de demanda maior do que no Cenário de Referência.

O Gráfico 7-37 apresenta a evolução da demanda de energia elétrica de acordo com as classes de renda no Cenário de Menor Posse e Eficiência.

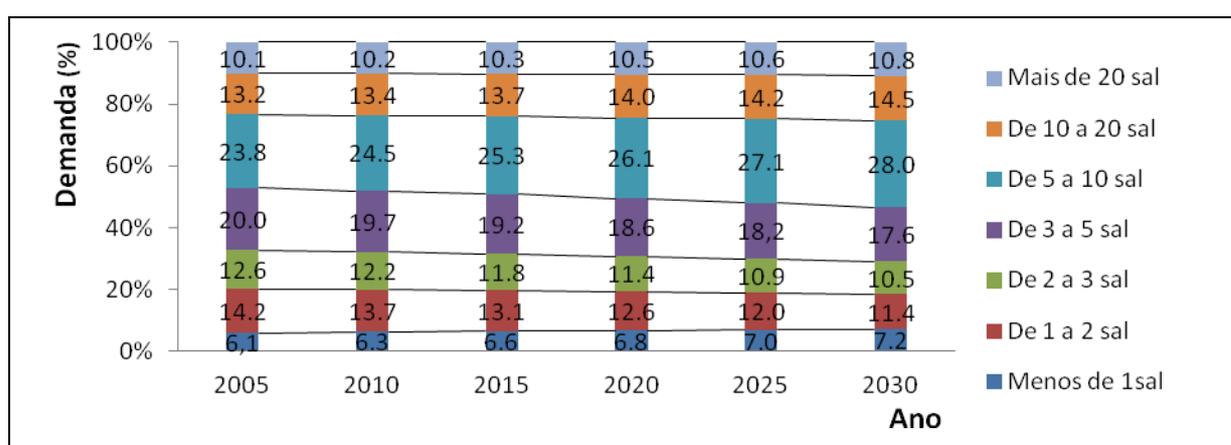


Gráfico 7-37 Evolução da demanda de energia elétrica por classes de renda de acordo com o Cenário de Menor Posse e Eficiência

Fonte: Elaboração própria

A classe de renda que possuiria o maior aumento na proporção da demanda seria a de 5 a 10 salários mínimos. E a classe de renda que apresentaria a maior diminuição da proporção da

demanda seria a de 1 a 2 salários mínimos. Estas classes de renda seriam as que, respectivamente apresentariam um maior aumento e uma maior diminuição na proporção do número de domicílios. Como o aumento da posse neste cenário é mais tímido, provavelmente a variação no número de domicílios na classe de renda foi determinante na variação da proporção da demanda.

8 Considerações Finais

8.1 Conclusões

Os objetivos do trabalho foram: fazer uma análise da demanda de energia elétrica para o município de Belo Horizonte de acordo com as classes de renda e os usos finais, estabelecer uma base de dados, estudar um *software* para análise de demanda e criação de cenários, criar cenários, fazer projeções de demanda e propor ações para a diminuição desta demanda. Estes objetivos foram alcançados.

8.1.1 Análise e base de dados

É importante ressaltar que os resultados obtidos são fortemente influenciados pela base de dados utilizada e pelas hipóteses adotadas. Foram utilizados dados dos Censos de 2000 e de 2010, da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), ambas do IBGE, e da Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso do PROCEL.

As maiores dificuldades encontradas no trabalho foram em relação à disponibilidade dos dados. Dados específicos para o município de Belo Horizonte são difíceis de serem obtidos. Uma opção seria utilizar os dados brutos do IBGE, como utilizado por PEREIRA (2010), mas esta ação fugiria ao escopo do trabalho.

Quanto aos dados da Eletrobrás/Procel, apesar de ser uma pesquisa com muitos detalhes, ela é feita com uma amostra por regiões geográficas e verificou-se um pequeno número de amostras nas classes de renda de menos de 1 salário mínimo e mais de 20 salários mínimos, o que poderia acarretar uma imprecisão maior nos cálculos para estas classes.

O cruzamento de dados de regiões diferentes: município de Belo Horizonte, Região Metropolitana de Belo Horizonte e Região Sudeste, certamente vai incorrer em imprecisões.

Existe também uma dificuldade em relação aos dados que dependem de empresas como a concessionária de energia elétrica, concessionária de gás, empresas de aquecimento solar, etc. pois elas se mostraram reticentes em relação ao fornecimento dos mesmos.

Apesar disto, os resultados para o Ano Base foram bastante satisfatórios, pois a demanda estimada ficou bem próxima ao consumo real. A demanda total de energia elétrica calculada no Ano Base foi de 1.336 GWh/ano e o consumo neste ano foi de 1.342,82 GWh/ano, o que resulta em uma diferença de menos de 1%.

8.1.2 O software LEAP

O LEAP mostrou-se eficiente no cálculo da demanda de energia elétrica e na obtenção dos resultados, tendo uma grande plasticidade no que diz respeito aos usos finais e equipamentos utilizados. Porém, como o seu formato de construção de árvores é livre, é necessário um planejamento bem feito para a construção da árvore e da inserção de dados, de modo que, os resultados tenham o formato de saída desejado e não seja necessário um grande tratamento das tabelas de saída para chegar às configurações desejadas

8.1.3 Projeções

A principal incerteza relacionada às projeções provavelmente refere-se ao número de domicílios. A hipótese adotada de 2,67 moradores por domicílios, em 2030, levou a um crescimento do número de domicílios pouco acentuado em relação ao crescimento no período 2000 a 2010. O número de domicílios exerce grande influência na demanda final, pois é diretamente proporcional a ela. Outro problema ocorrido nas projeções foi em relação à taxa de crescimento da posse dos equipamentos elétricos. Como ela foi calculada tendo como base o PNAD, que apenas indica se o domicílio possui ou não o equipamento, pode levar a um crescimento menor da posse, principalmente nas classes de renda mais alta, onde a posse de alguns equipamentos tende a uma saturação. Outro ponto que necessita de maior investigação é a posse, consumo e eficiência de vários outros equipamentos que foram colocados na subdivisão “Outros” nos usos finais Lazer e Serviços Gerais. Como não havia dados suficientes, estes equipamentos foram considerados com posse, consumo e eficiência constantes em relação ao Ano Base, porém, provavelmente a sua posse e consumo serão maiores em 2030 do que no Ano Base, e sua eficiência maior. Os fatores acima poderiam ocasionar uma demanda maior do que a calculada.

Existe também, provavelmente, uma incerteza considerável na posse inicial de ar condicionado. A posse inicial deste equipamento, como dos demais equipamentos, foi a posse calculada pelos dados do PROCEL para a Região Sudeste. O ar condicionado é um equipamento de utilização menor em Belo Horizonte do que em cidades mais quentes como o Rio de Janeiro; portanto, a posse deste equipamento para a Região Sudeste pode estar um pouco acima da posse para Belo Horizonte. A posse inicial menor em Belo Horizonte levaria a uma demanda menor ao final do período de estudo.

Outro fator que pode influenciar a demanda é o número de pessoas por domicílio. No trabalho esta variável foi considerada apenas no uso final Aquecimento de Água, para o chuveiro

elétrico. O número de pessoas pode influenciar também a utilização de vários outros equipamentos, como computador, lâmpadas, máquina de lavar roupa, etc.

Os cenários adotados apresentaram demanda de energia elétrica total muito próxima: 1.810 GWh no Cenário de Referência, 1.673 GWh no Cenário de Maior Posse e Eficiência e 1.897 GWh no Cenário de Menor Posse e Eficiência. Como discutido no capítulo 7, isto se deve a múltiplos fatores devido às hipóteses adotadas. Apesar disto, alguns usos finais apresentaram demandas bem diferentes. Por exemplo, a Iluminação apresentou uma grande diferença entre os cenários, devido à adoção de uma proporção maior ou menor de lâmpadas mais eficientes: 193,8 GWh no Cenário de Referência, 86,0 GWh no Cenário de Maior Posse e Eficiência, onde haveria uma maior proporção de lâmpadas mais eficientes e 287,8 GWh no Cenário de Menor Posse e Eficiência, onde haveria uma menor proporção de lâmpadas mais eficientes. Porém, esta diferença foi diminuída na demanda final dos cenários por outros usos, como o Condicionamento Ambiental, onde a demanda de energia elétrica foi 300,5 GWh no Cenário de Referência, 359,1 GWh no Cenário de Maior Posse e Eficiência e 265,9 GWh no Cenário de Menor Posse e Eficiência, devido a hipótese de um maior aumento da posse no Cenário de Maior Posse e Eficiência.

O Quadro 8-1 mostra a comparação dos indicadores do consumo de energia elétrica de acordo com vários cenários, para o ano de 2030.

Quadro 8-1 Comparação dos indicadores de consumo de energia elétrica do setor residencial de acordo com vários cenários para o ano de 2030

Cenário		kWh/domicílios/mês	kWh/habitante/mês
PNE 2030	A - Na Crista da Onda	308	106
	B1 - Surfando a Marola	291	99
	B 2- Pedalinho	275	94
	C - Náufrago	245	85
Matriz Energética de MG	Referência	160	-
	Alternativo	146	-
PEREIRA	Minas Gerais	-	58,8
	Belo Horizonte	-	72,3
Este trabalho	De Referência	190,7	71,5
	Maior Posse e Eficiência	176,3	66,1
	Menor Posse e Eficiência	199,9	74,9

Fonte: Elaboração própria

Todos os cenários deste trabalho resultaram em uma demanda menor do que as dos cenários de PNE 2030 (MME, 2007) e acima dos cenários da Matriz Energética de Minas Gerais (PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI, 2007). O consumo de Belo Horizonte como visto, apresentou historicamente um consumo maior do que o do Estado de Minas Gerais. Os cenários adotados neste trabalho tiveram hipóteses mais arrojadas em relação à utilização de energia solar e lâmpadas mais eficientes. Os cenários De Referência e de Menor Posse e Eficiência apresentaram resultados próximos ao cenário Belo Horizonte de PEREIRA (2010).

O Quadro 8-2 apresenta a demanda de energia elétrica estimada para Belo Horizonte nos três cenários e os valores reais constatados em 2010. Os valores encontrados na última coluna do Quadro 8-2 são obtidos dos valores preliminares do CENSO 2010 (2.375.151 habitantes e 847.439 domicílios em Belo Horizonte) e do consumo total residencial de energia elétrica (1.518.803.853 kWh/ano), fornecido pela CEMIG e foram retirados do portal da Prefeitura de Belo Horizonte (PBH) (PBH, 2011).

Quadro 8-2 – Demanda de energia elétrica em Belo Horizonte no ano 2010 projetada e faturada

Demanda	Cenário de Referência	Cenário de Maior Posse e Eficiência	Cenário de Menor Posse e Eficiência	2010
GWh/ano	1.408	1.374	1.414	1.519
kWh/domicílio/mês	153,8	150,1	154,5	149,35
kWh/habitantes/mês	51,0	49,8	51,2	53,3

Fonte: Elaboração própria

O consumo total real faturado, em 2010, ficou maior do que o esperado nos três cenários, 7% maior do que no Cenário de Menor Posse e Eficiência, 8% maior do que no Cenário de Referência e 11% maior do que no Cenário de Maior Posse e Eficiência. O consumo por habitante por mês ficou também acima do projetado nos cenários, embora tenha ficado bem próximo do projetado no cenário de Maior Posse e Eficiência. Porém, o consumo por domicílio ficou abaixo do projetado, indicando talvez que os número de domicílios foi superestimado, nas projeções. O consumo projetado por Pereira (PEREIRA, 2010) foi de 54,3 kWh/habitantes/mês, acima das projeções realizadas neste trabalho e dos valores apurados.

8.1.4 Sugestões de medidas de conservação de energia

Verificou-se que as medidas de conservação de energia mais eficazes foram a substituição de lâmpadas incandescentes por outras mais eficientes, substituição de equipamentos antigos por

outros mais novos e eficientes e substituição de chuveiro elétrico por equipamentos de aquecimento de água para banho que possuem outra fonte de energia, como solar e gás.

A substituição de equipamentos antigos e menos eficientes por outros mais novos acontece naturalmente à medida que as famílias adquirem novos modelos, sendo que, a exigência de equipamentos certificados por órgãos como o PROCEL possui uma grande influência na inserção de equipamentos mais eficientes no mercado.

A substituição de lâmpadas por outras mais eficientes embora ocorra de maneira acelerada nas classes de renda mais altas, é de difícil acesso às classes mais baixas, pois o custo de lâmpadas mais eficientes é bem maior do que o custo de lâmpadas incandescentes, sendo necessárias políticas públicas não só no sentido de proibição de lâmpadas menos eficientes, como também, no sentido de esclarecer à população os benefícios e o menor custo, no longo prazo, de lâmpadas mais eficientes.

Provavelmente as medidas relacionadas ao aquecimento de água para banho são as mais difíceis de serem implantadas. Estas medidas dependem não só de um alto investimento inicial, que dificilmente será feito por classes de renda mais baixas, como também de características construtivas dos domicílios. Para que novas instalações de gás sejam feitas é necessário investimento da concessionária de gás natural para a instalação de uma rede e também investimento das construtoras no sentido de prever, nos projetos, instalações de gás que possam ser utilizadas.. Para a instalação de coletores de energia solar é necessário que a edificação não só possua a infra-estrutura necessária, como também é necessário que o domicílio possua condições ideais de acesso à luz solar. Isto, só é possível, em larga escala, se houver um planejamento da cidade que contemple este fator, garantindo uma insolação diária para as edificações. Estes fatores tornam mais difíceis a disseminação deste tipo de aquecimento de água.

8.2 Sugestões para trabalhos futuros

Como sugestões para trabalhos futuros, pode-se citar:

- fazer um teste de sensibilidade em relação aos parâmetros adotados onde estão as maiores incertezas, como por exemplo o número de domicílios, a evolução da distribuição das classes de renda, o aumento de posse, consumo e eficiência de equipamentos classificados como “Outros”, etc. ;
- trabalhar as regiões brasileiras, fazendo a análise do ano base e projeções para as mesmas, já que os dados do PROCEL estão disponíveis;

- trabalhar a Região Metropolitana de Belo Horizonte a partir dos dados brutos do IBGE, realizando as projeções para a mesma, comparando áreas mais populosas com outras com uma densidade populacional menor;
- fazer um estudo do impacto ambiental em relação à energia elétrica poupada em cada cenário, quantificando as emissões evitadas em relação ao cenário de maior demanda.
- fazer uma avaliação do custo da inserção das novas tecnologias.

9 Bibliografia

ACHÃO, C.C.L. **Análise da Estrutura de Consumo de Energia pelo Setor Residencial Brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Planejamento Energético). Departamento de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2003. <http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/cclachao.pdf>. Acessado em 17/01/2010.

ALMEIDA, M.A., SCHAEFFER, R., LA ROVERE, E.L., 2001. **The potencial for electricity conservation and peak load reduction in the residential sector of Brazil**. Energy 26 (4), 413-29. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V2W-4NDDT62-1&_user=686413&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000037539&_version=1&_urlVersion=0&_userid=686413&md5=853a3371572f21d63ee1d35feb55acf3. Acessado em 17/01/2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Cálculos de consumo de energia elétrica**. 2011. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/aneel_luz/conteudo/estimativa.html. Acessado em 20/03/2011.

ANDRADE, F. V. **Estudo de Planejamento Energético no Longo Prazo para o Município de Belo Horizonte com Ênfase no Aproveitamento de Recursos Domésticos**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Técnicas Nucleares). Escola de Engenharia. Departamento de Engenharia Nuclear. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2008.

ARGONNE NATIONAL LABORATORY – ANL. **User's Guide, ENPEP for Windows, Version 2.25**. Janeiro, 2008. <http://www.dis.anl.gov/pubs/61083.pdf>. Acessado em 17/01/2010.

AROUCA, M.C. **Análise da demanda de energia no setor residencial no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Programa de Engenharia Nuclear e Planejamento Energético. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 1982.

BANCO MUNDIAL/PPE/COPPE/UFRJ. **Energia – Estudo de Baixo Carbono para o**

Brasil – Relatório de Síntese Técnica. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: http://www.esmap.org/esmap/sites/esmap.org/files/Energy_Portuguese.pdf. Acessado em: 19/03/2010.

BASTOS, F. C. **Análise de política da banimento de lâmpadas incandescentes do mercado brasileiro.** Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento energético da COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?ViewID={5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98}¶ms=itemID={8E6B7BCA-78AB-47E6-9816-7C2C9F8F772D};&UIPartUID={05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18}>. Acessado em: junho 2011.

CARDOSO, Rafael Balbino; NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta. **Avaliação do impacto energético do uso de lâmpadas fluorescentes compactas no setor residencial brasileiro.** Trabalho apresentado no VI Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Rio de Janeiro, 2008. 16p. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?ViewID={5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98}¶ms=itemID={CF5C00E2-A168-4A38-A829-E033C0C3AD74};&UIPartUID={05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18}>. Acessado em junho de 2011.

CAVALCANTI, Rocheli Carnaval. **O Consumo Energético Residencial em Campo Grande e a Eficiência Energética.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2002. http://www.labee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/dissertacao_ROCHELI_CARNAVAL.pdf. Acessado em 17/01/2010.

CIRILLO, Richard R. **Overview of Energy Planning. In: Training Seminar on the Energy and Power Evaluation Program (ENPEP).** Companhia Energética de Minas Gerais Gerais (CEMIG), International Atomic Energy Agency (IAEA), Technical Cooperation Assistance BRA/0.013. Belo Horizonte, 1995.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS S/A - CEMIG. **Balanco Energético do Estado de Minas Gerais – 24º BEEMG.** Belo Horizonte, 2009. <http://www.cemig.com.br/NossosNegocios/Documents/24%20Balanco%20energetico.pdf>.

Acessado em 17/01/2010.

DW - World.de – Deutsche Welle – 30/08/2011. Disponível em: <http://www.dw-world.de/dw/article/0,,15352469,00.html?maca=bra-rss-br-top-1029-rdf>. Acessado em: 02/09/2011.

ELETROBRAS/PROCEL. **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso, ano base 2005:** Classe Residencial. Relatório Brasil. Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil Rio de Janeiro, PROCEL, 2007a. <http://www.eletrobras.com/pci/main.asp?ViewID=%7B5A08CAF0%2D06D1%2D4FFE%2DB335%2D95D83F8DFB98%7D¶ms=itemID=%7BE6AA7196%2DE64E%2D4FC0%2D9567%2D994B77FB24DE%7D;&UIPartUID=%7B05734935%2D6950%2D4E3F%2DA182%2D629352E9EB18%7D>. Acessado em 17/01/2010.

ELETROBRAS/PROCEL. **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso, ano base 2005:** Classe Residencial. Relatório Sudeste. Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil Rio de Janeiro, PROCEL, 2007b. <http://www.eletrobras.com/pci/main.asp?View=%7B5A08CAF0%2D06D1%2D4FFE%2DB335%2D95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7B528C16AF%2D3ECF%2D4898%2DA599%2DD9251D2D4654%7D%3B&UIPartUID=%7B05734935%2D6950%2D4E3F%2DA182%2D629352E9EB18%7D>. Acessado em 17/01/2010.

ELETROBRAS/PROCEL. **Simulação dos Potenciais de Conservação de Energia para Classe Residencial.** Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil. Rio de Janeiro, PROCEL, 2007c. Disponível em: <http://www.eletrobras.com/pci/main.asp?ViewID=%7B5A08CAF0%2D06D1%2D4FFE%2DB335%2D95D83F8DFB98%7D¶ms=itemID=%7B2A7E6828%2D896B%2D4F5D%2DAEA0%2DA643977DE767%7D;&UIPartUID=%7B05734935%2D6950%2D4E3F%2DA182%2D629352E9EB18%7D>. Acessado em 17/01/2010.

ELETROBRAS/PROCEL. **Catálogos do Selo PROCEL de 2001 a 2010.** Rio de Janeiro. PROCEL 2011a. Disponível em: <http://www.eletrobras.gov.br/elb/procel/main.asp?TeamID=%7B64060CE7-D790-4618-89BC-A1BD24E7DE0A%7D>. Acessado em 24/02/2011.

ELETROBRAS/PROCEL. **Tabelas do consumo de eletrodomésticos**. 2011b. Disponível em: <http://www.eletronbras.gov.br/elb/procel/main.asp?TeamID={32B00ABC-E2F7-46E6-A325-1C929B14269F}>. Acessado em 23/03/2011.

FIORAVANTE, E. F. **Projeção de domicílios por modelo multi-estado e aplicação para previsão da frota de automóveis em Belo Horizonte**. Tese (Doutorado em Demografia) – Pós Graduação em Demografia do Centro de Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG/CEDEPLAR. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/AMSA-7SUK7B>. Acessado em: 19/04/2011.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Retropolação da série do PIB de Minas Gerais – 1995-2007**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://www.fjp.gov.br/index.php/servicos/81-servicos-cei/58-produto-interno-bruto-de-minas-gerais>. Acessado em 02/06/2011.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Projeção da população municipal - Minas Gerais – 2009 a 2020**. Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <http://www.fjp.gov.br/index.php/servicos/81-servicos-cei/71-projecao-da-populacao-municipal>. Acessado em 03/05/2011.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Produto interno bruto de Minas Gerais – Série histórica 1995-2008 – Nova metodologia das contas regionais do Brasil**. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://www.fjp.gov.br/index.php/servicos/81-servicos-cei/58-produto-interno-bruto-de-minas-gerais>. Acessado em 02/06/2011.

GARCIA, R. R. A. **Projeção das Emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) da Matriz Energética do Estado de Minas Gerais - 2005-2030**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2009.

GELLER, H. S. **Revolução Energética: políticas para um futuro sustentável**. Rio de Janeiro: Relume Dumará/USAid, 2003.

GHISI, E.; GOSCH, S.; LAMBERTS, R., 2007. **Electricity end-uses in residential sector of Brazil**. Energy Policy 35 (8), 4107-20.

http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V2W-4NDDT62-1&_user=686413&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_acct=C000037539&_version=1&_urlVersion=0&_userid=686413&md5=853a3371572f21d63ee1d35feb55acf3.

Acessado em 17/01/2010.

HANSEN, Alice Maria Dreher. **Padrões de Consumo de Energia Elétrica em Diferentes Tipologias de Edificações Residenciais, em Porto Alegre**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. <http://hdl.handle.net/10183/3546>. Acessado em [17/01/2010](http://hdl.handle.net/10183/3546).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). **Capacity Building: PESS Energy Models**. Department of Nuclear Energy, Planning & Economic Studies Section (PESS). <http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/PESSenergymodels.shtm>. Acessado em [20/01/2010](http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/PESSenergymodels.shtm).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2000: Agregado por Setores Censitários dos Resultados do Universo**. Rio de Janeiro, IBGE. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/cd2000ru.asp?o=8&i=P>. Acessado em: 20/01/2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010: Universo – Resultados Preliminares**. Rio de Janeiro, IBGE. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/cd2010sp.asp>. Acessado em: 02/07/2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Séries Estatísticas – 2011**. Rio de Janeiro, IBGE. Disponível em: <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>. Acessado em: 02/07/2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PNAD 2005. Síntese de Indicadores. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. Rio de Janeiro, IBGE. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em: 20/01/2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Tabelas de Consumo/Eficiência Energética: Chuveiros Elétricos**. INMETRO, 2010. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/chuveiro.pdf>. Acessado em: 25/06/2011.

JUSBRASIL – **Portaria Interministerial nx-1007-2010**. Brasília, 2011.

Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/diarios/24043994/dou-secao-1-06-01-2011-pg-44/pdfView>. Acessado em: agosto 2011.

MELO, Leonardo Barrouin; PINHEIRO, Ricardo Brant. **Consumo final de energia para o setor residencial no Estado de Minas Gerais, no longo prazo – 2004/2025**. Revista Brasileira de Energia, vol.13, nº 1, 2007. <http://www.sbpe.org.br/rbe/revista/24/> Acessado em 20/01/2010.

MELO, Leonardo Barrouin. **Estudo de Planejamento Energético para o Setor Residencial de Minas Gerais no Longo Prazo, utilizando o Programa ENPEP (“Energy and Power Evaluation Program”)**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Técnicas Nucleares). Escola de Engenharia. Departamento de Engenharia Nuclear. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2006.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME. **Balanco Energético Nacional – BEN 2010 – Ano Base 2009**. Secretaria de Energia – SEM, Brasília, 2009. https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2010.pdf. Acessado em 17/01/2010.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME. **Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2009-2019**. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético – SPE, Empresa de Pesquisa Energética – EPE, Brasília, 2009. <http://www.epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>. Acessado em 17/01/2010.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME. **Plano Nacional de Energia – PNE 2030** Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético – SPE, Empresa de Pesquisa Energética – EPE, Brasília, 2007. <http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>. Acessado em 17/01/2010.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME. **Portaria Interministerial nx-108-2010**. Brasília, 2011a. Disponível em: http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos_comite/cgiee/Portaria_Interministerial_nx_1008_2010.pdf

Acessado em: agosto de 2011.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME. **Portaria Interministerial nx-324-2011**. Brasília, 2011b. Disponível em: http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos_comite/cgiee/Portaria_Interministerial_nx_324_2011.pdf

Acessado em: agosto de 2011.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME. **Portaria Interministerial nx-325-2011.**

Brasília, 2011c. Disponível em:

http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos_comite/cgiee/Portaria_Interministerial_nx_325_2011.pdf

Acessado em: agosto de 2011.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME. **Portaria Interministerial nx-326-2011.**

Brasília, 2011d. Disponível em:

http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos_comite/cgiee/Portaria_Interministerial_nx_326_2011.pdf

Acessado em: agosto de 2011.

PEREIRA, Iraci Miranda. **Desenvolvimento de Metodologia para Planejamento Energético Integrado ao Espaço Urbano: Um Estudo do Setor Residencial de Belo Horizonte.** Tese (Doutorado em Ciências e Técnicas Nucleares). Escola de Engenharia. Departamento de Engenharia Nuclear. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2010.

PPE/COPPE/UFRJ; UNIFEI. **Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030** Rio de Janeiro, UFRJ/UNIFEI, 2007.

Disponível em: <http://www.conselhos.mg.gov.br/coner/page/publicacoes/matriz-energtica-de-mg> Acessado em: dezembro 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE – PBH. **Portal**, 2011. Disponível em: http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=estatisticaseindicadores&tax=20040&lang=pt_BR&pg=7742&taxp=0&.

Acessado em dezembro 2011.

STOCKHOLM ENVIRONMENT INSTITUTE – SEI. **LEAP – User Guide.** Boston, março 2006. Disponível em: <http://www.energycommunity.org/default.asp?action=47>. Acessado em 20/01/2010.

TOLMASQUIN, M. T. **O Impacto do Planejamento Energético nos Investimentos Futuros na Área de Gás Natural.** Painel Apresentado na *Rio Oil & Gas Expo and Conference*. Rio de Janeiro, setembro de 2006. Disponível em:

http://www.epe.gov.br/imprensa/ApresentacaoEvento/20060914_1.pdf. Acessado em:

28/03/2011.

WIKIPÉDIA, 2011. Disponível em:

http://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o_Metropolitana_de_Belo_Horizonte,

http://pt.wikipedia.org/wiki/Minas_Gerais,

http://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o_Sudeste_do_Brasil,

http://pt.wikipedia.org/wiki/Belo_Horizonte. Acessado em: 19/03/2010.