



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



# CB3E

centro brasileiro de eficiência  
energética em edificações

[cb3e.ufsc.br](http://cb3e.ufsc.br)

## Estado da Arte sobre Aquecimento de Água no Brasil

Douglas Gherardt Brecht  
Enedir Ghisi

Florianópolis, fevereiro de 2016

## Resumo

Este trabalho tem como um de seus principais objetivos o agrupamento de informações aprofundadas sobre o aquecimento de água no setor residencial do Brasil, levantadas por meio de pesquisas, estudos e publicações do Governo Brasileiro, fundações e instituições, disponibilizadas ao público. Outra finalidade desta pesquisa, a partir das informações coletadas, é a elaboração de análises e correlações a fim de identificar padrões nos hábitos de consumo de energia para o aquecimento de água no Brasil, bem como associar o consumo a determinados fatores condicionantes, tais como fatores socioeconômicos e geográficos. Inicialmente foram mapeados estudos, pesquisas e publicações por meio de revisão bibliográfica a fim de verificar quais aspectos e fatores condicionam o aquecimento de água no Brasil. Foram levantadas informações que contextualizam o cenário da matriz energética do Brasil e do consumo final de energia do setor residencial. Também foram levantadas informações sobre as principais pesquisas e produções acadêmicas nacionais que dissertam sobre o uso final de energia no país. Contendo as informações sobre consumo final de energia, posse de equipamentos, hábitos de uso, entre outros, foram levantados os fatores condicionantes do uso de aquecimento de água no Brasil. Todos estes dados foram analisados e compilados por meio de planilhas e gráficos comparativos, o que possibilitou a elaboração de correlações e discussão de padrões, tendências e hábitos do consumo geral de energia no setor residencial e do consumo voltado para aquecimento de água. A partir das análises realizadas se constatou a importância de estratégias que visam à economia de energia. Portanto, foram revisados estudos brasileiros sobre a certificação de equipamentos para aquecimento de água no Brasil, assim como estudos específicos sobre o aproveitamento da energia termossolar para aquecimento de água, sendo esta uma fonte alternativa de energia promissora no mercado brasileiro. Verificou-se que diversos fatores influenciam no consumo de energia para aquecimento de água, tais como: fatores geográficos (clima, região geográfica, zonas bioclimáticas); fatores econômicos (distribuição de renda, PIB, padrão dos domicílios, posse de equipamentos etc.); e fatores sociais (IDHM, acesso ao saneamento básico, água canalizada, hábitos de uso etc.). O consumo de energia para aquecimento de água é maior nas regiões sul, sudeste e centro-oeste, regiões de clima mais ameno, detentoras da maior posse de chuveiros elétricos e do

maior rendimento salarial por domicílio. Por outro lado, as regiões norte e nordeste possuem o menor rendimento salarial domiciliar, menor posse de equipamentos e o menor consumo de energia com aquecimento de água por domicílio do Brasil, além de possuírem as maiores temperaturas anuais do país. O consumo mensal de energia elétrica do Brasil cresce com o aumento da temperatura ao longo do ano. Por exemplo, os meses de maior consumo no período 2010-2014 foram janeiro e fevereiro, onde se registraram as maiores temperaturas médias anuais. Em geral, todas as regiões geográficas apresentam menor consumo residencial de energia nos meses de temperaturas mais baixas, sendo maio, junho e julho, com exceção da norte. A região sul registrou o maior consumo médio de energia elétrica de todas as regiões no mês de janeiro no período 2010-2014. O sul tem os meses de frio com as mais baixas temperaturas do Brasil, mas também há temperaturas altas nos meses de verão, semelhantes às do sudeste. Em geral, as unidades consumidoras do sul consomem mais do que outras regiões tanto no inverno quanto no verão, seja pela baixa temperatura (aquecimento de água) ou pela alta temperatura (refrigeração e condicionamento de ar). A região sudeste possui a maior diferença no consumo de eletricidade do chuveiro entre o verão e o inverno, diferentemente das outras regiões. A região sudeste tem o hábito de uso de chuveiro mais variado entre as cinco regiões, pois consome menos com o aumento da temperatura. Em 2008 a região norte foi a que menos aqueceu água para banho; cerca de 90% dos domicílios não aquecem água, sendo que a fonte de aquecimento predominante é a eletricidade. A região nordeste é a segunda região que menos aquece água, sendo que 13,5% dos domicílios aquecem por energia elétrica e 5,1% por GLP. Na região sul menos de 0,5% dos domicílios não aquecem água para banho, sendo que 94,0% aquecem com energia elétrica e 4,0% com GLP. O aproveitamento da energia solar para aquecimento de água foi muito maior nas regiões sul, sudeste e centro-oeste do que nas regiões norte e nordeste, onde ocorrem as maiores temperaturas do país. O rendimento salarial também está associado ao consumo de energia. A região nordeste possui o menor número de salários mínimos mensal por domicílio do Brasil, seguida pela região norte. Na região norte, 27,4% dos domicílios se situava em 2008 na classe de rendimento de até  $\frac{1}{2}$  salário mínimo (vigente no ano de 2008), e na região nordeste 31,3% dos domicílios. As regiões norte e nordeste também possuem o maior número de habitantes por domicílio. Conseqüentemente, a região nordeste tem o menor consumo médio diário de eletricidade por unidade

consumidora, sendo que somente 19,2% dos domicílios aqueciam água para banho em 2008. Por outro lado, as regiões sudeste, sul e centro-oeste apresentam o maior percentual de domicílios que aquecem água para banho, assim como o maior consumo diário de eletricidade por domicílio, sendo que possuem a maior renda por domicílio e o menor número de moradores por domicílio. Em geral, se verificou que o consumo médio diário de energia elétrica e o percentual de domicílios que aquecem água para banho crescem com o rendimento das famílias e decrescem com o número de moradores por domicílio. Quanto à posse de chuveiro elétrico, foi verificada uma tendência de redução ao longo do tempo, assim como reduziu de 2005 a 2014. Por outro lado, em geral, o consumo de energia elétrica do chuveiro tende a aumentar ao longo dos anos, assim como ocorreu no período de 2005 a 2014. Nesta pesquisa também se observou uma significativa tendência de crescimento do consumo de energia elétrica com o crescimento do número de domicílios no Brasil, o qual tende a crescer com as famílias a cada dia menores. Além dos fatores geográficos e socioeconômicos, esta pesquisa indica o impacto dos hábitos de uso no consumo de energia elétrica. Os hábitos de uso influenciam diretamente na demanda instantânea de energia, ocasionando os horários de sobrecarga do sistema elétrico nacional. O manejo e operação de sistemas de aquecimento de água também afetam diretamente a economia de energia e os picos de demanda. Estudos relatados neste trabalho apontam que o uso inadequado de Sistemas de Aquecimento Solar (SAS), em vários casos, reduziu o potencial de economia de energia significativamente em habitações de interesse social. O chuveiro elétrico correspondeu a 24% do consumo médio residencial em 2005, tendo grande impacto nos picos de carga da rede de energia elétrica do Brasil. Assim, se deve enfatizar a preocupação com o consumo de energia, hábitos de uso e eficiência energética de equipamentos para aquecimento de água, pois estes têm grande representatividade na demanda de energia para o setor residencial. A fonte de aquecimento de água também afeta o consumo e os picos de carga do sistema elétrico. Ao estimular o aumento do uso de outras fontes de energia se reduz a demanda de energia elétrica, principalmente devido ao uso do chuveiro elétrico, que pode ser substituído, por exemplo, por chuveiros híbridos (termossolares com sistema auxiliar). A maior fonte de aquecimento de água no Brasil é a energia elétrica, seguida do GLP. Contudo, as pesquisas do Ministério de Minas e Energia indicam que o uso de energia solar e gás natural, fontes alternativas para

aquecimento de água, crescem a cada ano no Brasil. As principais pesquisas brasileiras sobre uso final de energia, que indicam o chuveiro como um dos principais consumidores de energia do setor residencial, são: Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), Pesquisa Nacional por Amostra em Domicílios (PNAD) e Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso (PPH). O consumo de energia elétrica aumenta juntamente com o crescimento da população, redução do número de pessoas por domicílio, aumento da posse de equipamentos e mudanças nos hábitos de uso final de energia. Deste modo, surgiram programas que visam o aumento da eficiência energética de equipamentos domésticos, economia de energia, e hábitos de uso mais conscientes. Os principais programas brasileiros de eficiência energética são o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural (Conpet), e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). O Programa Brasileiro de Etiquetagem incentiva os consumidores a optarem por equipamentos mais econômicos e de maior eficiência energética, como também a aproveitar outras fontes de energia, como por exemplo, ao utilizar chuveiros híbridos termossolares - Sistemas de Aquecimento Solar de água (SAS). O chuveiro elétrico possui a maior eficiência energética (95,0%) dos equipamentos etiquetados pelo PBE, seguido do aquecedor de passagem a gás, o qual tem eficiência média de 85,2% na classificação A. O coletor solar possui a menor eficiência energética média, atingindo 60,0% na classificação A. A maioria dos chuveiros possui classificação D (47%), seguidos dos chuveiros de classificação F (19%). A partir desta pesquisa se verificou que os estudos sobre a matriz energética brasileira e uso final de energia são relativamente recentes. O Plano Nacional de Energia 2030 foi o primeiro plano de energia de longo prazo na história do Brasil. O Brasil aumentou o número de estudos de energia somente nos últimos dez anos, enquanto países europeus já possuem planos de desenvolvimento de energia há muito mais tempo. A maioria dos sites governamentais, que supostamente disponibilizam materiais e estudos de energia, são muitas vezes desorganizados, com informações incompletas, o que dificulta a busca de dados nesses sítios. Com exceção das tabelas de eficiência energética do PBE/Inmetro, as informações dos portais do governo e instituições/fundações não são de fácil acesso e clareza. O IBGE, por exemplo, não apresenta parte dos dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) em seu relatório oficial. Alguns dados da POF estão

alocados em diferentes partes da plataforma virtual do IBGE. A disposição de modo mais organizado de dados dos sites do governo facilitaria a busca por informações por parte de pesquisadores, da comunidade acadêmica, e da população em geral, ou de todos aqueles que desejam encontrar alguma informação na base de dados do governo brasileiro. A conscientização quanto aos hábitos de uso de equipamentos elétricos e incentivos para aquisição de equipamentos mais eficientes por parte da população são importantes alvos a serem investidos pelo governo brasileiro.

## Sumário

Lista de figuras .....	9
Lista de tabelas .....	17
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
1.1 Considerações iniciais.....	20
1.2 Estrutura do trabalho .....	24
<b>2 MATRIZ ENERGÉTICA E CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR RESIDENCIAL DO BRASIL.....</b>	<b>26</b>
2.1 Consumo final de energia no Brasil no horizonte 1970-2014.....	27
2.2 Projeção do consumo final de energia no Brasil no horizonte 1970-2030 ..	42
<b>3 PESQUISAS BRASILEIRAS SOBRE USO FINAL DE ENERGIA .....</b>	<b>51</b>
3.1 Pesquisa de Orçamentos Familiares .....	51
3.2 Pesquisa Nacional por Amostra em Domicílios .....	58
3.3 Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso .....	64
3.4 Outras publicações sobre uso final de energia e aquecimento de água .....	80
3.4.1 A demanda por eletricidade no setor residencial do Brasil .....	80
3.4.2 Potencial de conservação de energia elétrica e redução de pico de carga no setor residencial do Brasil.....	82
3.4.3 Uso final de eletricidade no setor residencial do Brasil.....	84
3.4.4 Usos Finais de Energia Elétrica no Setor Residencial Brasileiro .....	92
3.4.5 Usos finais de energia elétrica no setor residencial Brasileiro por zona bioclimática .....	99
<b>4 ESTUDOS DO MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA SOBRE USO FINAL DE ENERGIA .....</b>	<b>111</b>
4.1 Plano Nacional de Eficiência Energética 2030.....	111
4.2 Plano Nacional de Energia 2030 .....	114
4.2.1 Cenário A.....	115
4.2.2 Cenário B1.....	116
4.2.3 Cenário B2.....	118
4.2.4 Cenário C.....	119
4.3 Plano Decenal de Expansão de Energia.....	120
4.4 Demanda de Energia 2050 .....	125
<b>5 FATORES CONDICIONANTES DO USO DE AQUECIMENTO DE ÁGUA NO BRASIL.....</b>	<b>128</b>

<b>5.1 Fatores geográficos: clima</b> .....	128
<b>5.2 Fatores socioeconômicos: consumo de energia elétrica e população</b> .....	130
<b>5.3 Fatores socioeconômicos: distribuição de renda no Brasil, IDHM e saneamento básico</b> .....	134
<b>6 ANÁLISE DO USO FINAL DE ENERGIA PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA DE BANHO NO BRASIL</b> .....	139
<b>7 AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA NO BRASIL</b> .....	154
<b>7.1 Incentivos ao uso da tecnologia de aquecimento solar</b> .....	156
<b>7.2 Estudos brasileiros sobre Sistemas de Aquecimento Solar</b> .....	158
7.2.1 <i>Rendimento de coletores planos e coletores de tubos evacuados</i> .....	158
7.2.3 <i>Contagem mais 10: experiência em comunidade de baixa renda</i> .....	160
7.2.4 <i>Influência do usuário na economia de energia de SAS em Habitações de Interesse Social</i> .....	163
<b>8 CERTIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA NO BRASIL</b> .....	166
<b>8.1 Estudos brasileiros sobre a regulamentação da eficiência energética de sistemas de aquecimento solar</b> .....	169
8.1.2 <i>Impacto do regulamento para eficiência energética em edificações no consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro</i> .....	169
8.1.2 <i>Análise comparativa do desempenho de sistemas de aquecimento de água em edificações residenciais</i> .....	173
8.1.3 <i>Usos finais de eletricidade e rotinas de uso como base para estratégias de eficiência energéticas por meio de auditoria residencial</i> .....	177
<b>8.2 Equipamentos para aquecimento de água certificados no Brasil</b> .....	177
8.2.1 <i>Equipamentos elétricos de aquecimento de água</i> .....	178
8.2.2 <i>Equipamentos a gás de aquecimento de água</i> .....	182
8.2.3 <i>Sistemas e equipamentos de aquecimento solar de água</i> .....	184
8.2.4 <i>Etiquetagem de edificações</i> .....	191
<b>9 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	193
<b>Referências</b> .....	196

## Lista de figuras

Figura 2.1 – Elasticidade-renda do consumo de energia elétrica.....	28
Figura 2.2 – Consumo final de energia no Brasil e no setor residencial (período 1970-2014).....	30
Figura 2.3 – Consumo final de energia por fonte no setor residencial (período 1970-2014).....	32
Figura 2.4 – Consumo de energia elétrica no Brasil e no setor residencial, em GWh (período 1970-2014).....	33
Figura 2.5 – Consumo final de energia elétrica e PIB, <i>per capita</i> (período 1970-2014).....	34
Figura 2.6 – Economia no Brasil e consumo de energia elétrica no setor residencial (período 1970-2014).....	35
Figura 2.7 – Consumo residencial médio mensal de energia elétrica por unidade consumidora, no Brasil (período 2008-2014).....	36
Figura 2.8 – Consumo residencial médio anual de energia elétrica no Brasil e número de unidades consumidoras residenciais (período 2008-2014).....	37
Figura 2.9 – Consumo residencial médio mensal de energia elétrica por região geográfica (período 2008-2014).....	38
Figura 2.10 – Consumo médio mensal residencial por domicílio, por região (período 2008-2014).....	39
Figura 2.11 – Consumo residencial de energia elétrica por mês em relação ao consumo total do ano para o Brasil e regiões geográficas (período 2008-2014).....	40
Figura 2.12 – Número de habitantes por domicílio (período 1940-2005).....	41
Figura 2.13 – Taxa de crescimento da população e dos domicílios (período 1940-2005).....	41
Figura 2.14 – Consumo final energético no setor residencial (período 2005-2030).....	44
Figura 2.15 – Consumo residencial de energia elétrica e do PIB (período 2005-2030).....	44
Figura 2.16 – Estrutura do consumo de eletricidade em 2005.....	45
Figura 2.17 – Estrutura do consumo de eletricidade em 2030.....	45
Figura 2.18 – População total residente por região em 2005.....	46
Figura 2.19 – População total residente por região em 2030.....	46
Figura 2.20 – Relação habitante por domicílio no Brasil (período 2000-2030).....	48

Figura 2.21 – Evolução do consumo residencial médio por cenário no período 1980-2030 (kWh/domicílio/mês) .....	50
Figura 3.1 – Percentual de domicílios particulares permanentes por fonte de aquecimento de água no Brasil (ano 2008).....	53
Figura 3.2 – Percentual de domicílios com água encanada por fonte de aquecimento nos estados da região norte (ano 2008).....	54
Figura 3.3 – Percentual de domicílios com água encanada por fonte de aquecimento nos estados da região nordeste (ano 2008).....	55
Figura 3.4 – Percentual de domicílios com água por fonte de aquecimento nos estados da região sudeste (ano 2008).....	56
Figura 3.5 – Percentual de domicílios com água por fonte de aquecimento nos estados da região centro-oeste (ano 2008).....	57
Figura 3.6 – Percentual de domicílios com água encanada por fonte de aquecimento nos estados da região sul (ano 2008) .....	57
Figura 3.7 – Percentual médio de domicílios com água encanada por fonte de aquecimento de água nas regiões do Brasil (ano 2008) .....	58
Figura 3.8 – Percentual de domicílios com iluminação elétrica por renda mensal (por domicílio) na região I (ano 1977).....	61
Figura 3.9 – Percentual de domicílios com posse de alguns bens duráveis na região I (ano 1977).....	61
Figura 3.10 – Percentual de domicílios com posse de chuveiro elétrico por renda mensal (por domicílio), região I (ano 1977).....	62
Figura 3.11 – Percentual de domicílios com iluminação elétrica por renda mensal (por domicílio) na Metrópole de Porto Alegre (ano 1977).....	63
Figura 3.12 – Percentual de domicílios com posse de alguns bens duráveis na Metrópole de Porto Alegre (ano 1977) .....	63
Figura 3.13 – Percentual de domicílios com posse de chuveiro elétrico por renda mensal (por domicílio), na Metrópole de Porto Alegre (ano 1977) .....	64
Figura 3.14 - Percentual de domicílios que aquecem água por fonte de energia (ano 2005) .....	66
Figura 3.15 – Percentual de domicílios no Brasil por classe (ano 2005).....	68
Figura 3.16 – Percentual de domicílios nas por classe por região geográfica (ano 2005) .....	68

Figura 3.17 - Percentual de participação dos principais equipamentos eletrodomésticos no consumo de energia elétrica no Brasil (ano 2005) .....	69
Figura 3.18 – Percentual de participação do chuveiro elétrico no consumo final de energia, no país e por região geográfica (ano 2005).....	70
Figura 3.19 - Percentual de participação de alguns equipamentos elétricos no consumo final de energia, no país e por região geográfica (ano 2005).....	71
Figura 3.20(a) – Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial na região norte (ano 2005).....	71
Figura 3.20(b) – Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial na região nordeste (ano 2005).....	72
Figura 3.20(c) – Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial na região centro-oeste (ano 2005) .....	72
Figura 3.20(d) – Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial na região sudeste (ano 2005) .....	73
Figura 3.20(e) – Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial na região sul (ano 2005) .....	73
Figura 3.21 - Posse média de chuveiro elétrico (unidades por domicílio), por região geográfica (ano 2005) .....	74
Figura 3.22 - Percentual de domicílios que possuem pelo menos um chuveiro elétrico (ano 2005) .....	75
Figura 3.23 - Tempo médio de duração do banho por pessoa utilizando chuveiro elétrico no Brasil (ano 2005).....	75
Figura 3.24(a) - Curva de carga diária média no Brasil (ano 2005).....	76
Figura 3.24(b) - Curva de carga diária média no norte (ano 2005) .....	77
Figura 3.24(c) - Curva de carga diária média no nordeste (ano 2005).....	77
Figura 3.24(d) - Curva de carga diária média no centro-oeste (ano 2005).....	78
Figura 3.24(e) - Curva de carga diária média no sudeste (ano 2005).....	78
Figura 3.24(f) - Curva de carga diária média no sul (ano 2005).....	79
Figura 3.25 – Consumo de energia elétrica por setor no Brasil (período 1983-1997) .....	82
Figura 3.26 – Mapa do Brasil com os 12 estados estudados.....	85
Figura 3.27 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro .....	86
Figura 3.28 – Comparação entre o número de ocupantes, renda e consumo de eletricidade no setor residencial (ano 1997/1998).....	87

Figura 3.29 – Comparação entre os tipos de aquecimento de água para o chuveiro (ano 1997/1998) .....	88
Figura 3.30 – Percentual de participação de alguns equipamentos no consumo médio de eletricidade para doze estados brasileiros (ano 1997/1998) .....	90
Figura 3.31 – Percentual de participação de alguns equipamentos no consumo médio de eletricidade para os doze estados brasileiros no inverno (ano 1997/1998) .....	90
Figura 3.32 – Percentual de participação de alguns equipamentos no consumo médio de eletricidade para doze estados brasileiros no verão (ano 1997/1998).....	91
Figura 3.33 – Percentual de população, de área territorial e de consumo de energia por região geográfica (ano 2005) .....	93
Figura 3.34 – Média mensal de renda familiar, número de moradores por residência e consumo diário de energia por residência, por região geográfica (ano 2005).....	94
Figura 3.35 – Tipo de fonte de aquecimento de água para banho por região geográfica, em percentual (ano 2005).....	96
Figura 3.36 – Tipo de fonte de aquecimento de água para banho por região geográfica, em percentual, de acordo com Ghisi <i>et al.</i> (2007) .....	96
Figura 3.37 – Usos finais médios de energia elétrica no Brasil (ano 2005).....	97
Figura 3.38 – Usos finais médios de energia elétrica no Brasil no inverno (ano 2005) .....	97
Figura 3.39 – Usos finais médios de energia elétrica no Brasil no verão (ano 2005) .....	98
Figura 3.40 – Consumo de energia elétrica e distribuição da população por região geográfica.....	100
Figura 3.41 – Uso do chuveiro elétrico no Brasil e por região geográfica (ano 2005) .....	103
Figura 3.42 – Consumo de energia do chuveiro por subzonas no verão (2005).....	109
Figura 3.43 – Consumo de energia do chuveiro por subzonas no inverno (ano 2005) .....	109
Figura 4.1 – Projeção estadual do consumo do chuveiro por domicílio em kWh/mês, em 2030 .....	113
Figura 4.2 – Projeção de posse de equipamentos elétricos no Brasil: Cenário A (período 2005-2030).....	116

Figura 4.3 – Projeção de posse de equipamentos elétricos no Brasil: Cenário B1 (período 2005-2030).....	117
Figura 4.4 – Projeção de posse de equipamentos elétricos no Brasil: Cenário B2 (período 2005-2030).....	118
Figura 4.5 – Projeção de posse de equipamentos elétricos no Brasil: Cenário C (período 2005-2030).....	120
Figura 4.6 – Número de domicílios com água quente para banho (2014-2024) .....	121
Figura 4.7 – Participação (%) das fontes no aquecimento de água para banho nos domicílios particulares permanentes (2014-2024).....	122
Figura 4.8 – Número de domicílios com água quente para banho (2013-2023) .....	122
Figura 4.9 – Participação (%) das fontes no aquecimento de água para banho nos domicílios particulares permanentes (2013-2023).....	123
Figura 4.10 – Número domicílios com água quente para banho (2012-2022) .....	123
Figura 4.11 – Participação (%) das fontes no aquecimento de água para banho nos domicílios particulares permanentes (2012-2022).....	124
Figura 4.12 – Participação (%) das fontes no aquecimento de água para banho nos domicílios particulares permanentes (2011-2021).....	124
Figura 4.13 – Projeção do uso de sistemas de aquecimento solar (SAS) em domicílios para aquecimento de água (período 2005-2050) .....	125
Figura 4.14 – Participação das fontes de aquecimento de água para banho (período 2013-2050).....	126
Figura 4.15 – Número de domicílios por fonte de aquecimento de água no setor residencial (período 2013-2050).....	127
Figura 5.1 – Classificação de clima utilizada pelo IBGE .....	129
Figura 5.2 – Temperatura média anual (°C).....	130
Figura 5.3 – Consumo de energia elétrica residencial no Brasil por unidade da federação (ano 2013) .....	131
Figura 5.4 – Consumo residencial no Brasil em percentual, por região geográfica (ano 2013).....	131
Figura 5.5 – População recenseada em milhões e percentual, por região geográfica .....	132
Figura 5.6 – Razão entre consumo e população por região geográfica .....	133
Figura 5.7 – Número de domicílios no Brasil por região geográfica.....	133
Figura 5.8 – População com e sem acesso a saneamento adequado (%) .....	135

Figura 5.9 – Rendimento mensal <i>per capita</i> de pessoas residentes em domicílios particulares por região geográfica, em percentual (ano 2013) .....	136
Figura 5.10 – Rendimento mensal <i>per capita</i> (em relação ao salário mínimo) de pessoas residentes em domicílios particulares por Unidades da Federação, em percentual (ano 2013) .....	137
Figura 6.1 – Correlação entre o consumo médio mensal de energia elétrica e a temperatura média mensal no Brasil (período 2008-2014) .....	139
Figura 6.2 – Correlação entre o consumo médio mensal de energia elétrica e a temperatura média mensal, por região geográfica (período 2008-2014) .....	140
Figura 6.3 - Posse de chuveiro elétrico e consumo médio mensal do chuveiro por domicílio no verão e inverno, por região geográfica (ano 2005).....	141
Figura 6.4 – Correlação entre o consumo residencial anual médio de energia elétrica e a temperatura média anual, por região geográfica (período 1989-2014) .....	142
Figura 6.5 – Correlação entre o consumo médio anual por habitante e a temperatura média anual, por região geográfica (período 1989-2014) .....	143
Figura 6.6 – Domicílios que aquecem água para banho por fonte de aquecimento e consumo de energia elétrica no setor residencial do Brasil (período 2005-2030) ...	144
Figura 6.7 – Domicílios particulares permanentes com água encanada por fonte de aquecimento, por região geográfica (ano 2008).....	145
Figura 6.8 – Percentual de domicílios particulares permanentes por fonte de aquecimento de água (período 2008-2009) .....	146
Figura 6.9 – Número de salários mínimos, de moradores, consumo, rendimento e domicílios que aquecem água, por região geográfica (ano 2008).....	147
Figura 6.10 – Elasticidade-renda no setor residencial do Brasil (período 1970-2014) .....	149
Figura 6.11 – Consumo de energia no setor residencial e o PIB (período 1970-2014) .....	149
Figura 6.12 – Posse de chuveiro elétrico por domicílios no Brasil e consumo médio do chuveiro elétrico .....	150
Figura 6.13 – Correlação entre o consumo de energia elétrica no setor residencial e população no Brasil (período 1970-2014) .....	151
Figura 6.14 - Correlação entre o consumo médio anual de energia elétrica residencial e o número de unidades consumidoras no Brasil (período 2008-2014)	151

Figura 6.15 – Correlação entre o consumo de energia elétrica no setor residencial e número de unidades consumidoras, por região (período 2008-2014).....	152
Figura 6.16 – Correlação entre o consumo final de energia no Brasil e no setor residencial (período 1970-2014).....	153
Figura 6.17– Correlação entre o consumo final de energia elétrica no Brasil e no setor residencial (período 1970-2014).....	153
Figura 7.1 – Evolução do mercado de aquecimento solar no Brasil.....	155
Figura 7.2 – Tipos de coletores: eficiência energética e temperatura .....	155
Figura 7.3 - Vista em perspectiva dos sistemas, sendo o da direita constituído de tubos evacuados .....	159
Figura 7.4 – Horário de banho da família de baixa renda (2005 e 2001) .....	161
Figura 7.5 – Tempo de banho dos grupos Com Solar e Solar Vendido em 2005 ...	162
Figura 7.6 – Tempo de banho dos grupos Com Solar e Sem Solar em 2005 .....	162
Figura 7.7 – Coletores solares no conjunto habitacional.....	163
Figura 7.8 – Vista das unidades habitacionais do residencial estudado .....	164
Figura 8.1 – Evolução da produção específica de energia em coletores solares certificados .....	167
Figura 8.2 – Evolução média das perdas específicas de energia em reservatórios térmicos.....	168
Figura 8.3 – Impacto da aplicação do regulamento no consumo de energia elétrica no setor residencial a partir do ano de 2010 .....	173
Figura 8.4 – Hábitos de uso e potência média do chuveiro elétrico .....	177
Figura 8.5 – Consumo mensal de energia elétrica dos chuveiros elétricos etiquetados e potência .....	179
Figura 8.6 – Consumo mensal máximo de energia elétrica e potência dos chuveiros elétricos, por etiqueta classificatória.....	180
Figura 8.7 – Consumo mensal mínimo de energia elétrica e potência dos chuveiros elétricos, por etiqueta classificatória.....	180
Figura 8.8 – Consumo médio mensal e potência de aquecedores elétricos de passagem (instantâneos) .....	181
Figura 8.9 – Correlação entre eficiência energética e potência de aquecedores de passagem a gás .....	184
Figura 8.10 – Correlação entre eficiência energética, potência e consumo máximo de aquecedores de passagem a gás .....	184

Figura 8.11 – Perdas de energia em reservatórios térmicos SAE de 200l litros.....	185
Figura 8.12 – Correlação entre perda de energia e capacidade de reservatórios OpN .....	186
Figura 8.13 – Correlação entre perda de energia e capacidade de reservatórios BP .....	187
Figura 8.14 – Correlação entre perda de energia e capacidade de reservatórios AP .....	187
Figura 8.15 – Correlação entre perda de energia e a capacidade dos reservatórios certificados .....	188
Figura 8.16 – Correlação entre a eficiência energética e a produção média mensal de energia de modelos de coletores solares para banho .....	189
Figura 8.17 – Correlação entre a eficiência energética e a produção média mensal de energia de modelos de coletores solares para piscina.....	190
Figura 8.18 – Correlação entre a eficiência energética e a produção média mensal de energia em sistemas acoplados .....	191
Figura 8.19 – Percentual de edificações classificadas no PBE Edifica .....	192

## Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Domicílios totais permanentes ocupados (Mil), Brasil e regiões .....	42
Tabela 2.2 – Projeção do consumo de eletricidade por setor (período 2005-2030)..	42
Tabela 2.3 – Estrutura do consumo total de energia no setor residencial por fonte (período 2005-2030).....	43
Tabela 2.4 – Projeção total da população residente no Brasil e regiões geográficas (período 2005-2030).....	46
Tabela 2.5 – Projeção do número total de domicílios permanentes ocupados no Brasil e por região geográfica (período 2005-2030) .....	47
Tabela 2.6 – Participação percentual do setor residencial na demanda de energia total e de energia elétrica do Brasil (período 2005-2030).....	49
Tabela 3.1 – Domicílios que aquecem água para banho no Brasil por classe de consumo (ano 2005) .....	65
Tabela 3.2 – Percentual de uso de equipamentos elétricos para aquecimento de água no Brasil (ano 2005) .....	66
Tabela 3.3 – Percentual de uso de equipamentos a gás para aquecimento de água no Brasil (ano 2005) .....	67
Tabela 3.4 – Percentual de aquecimento solar de água e de aquecimento por meio de outras formas no Brasil (ano 2005) .....	67
Tabela 3.5 – Padrão do domicílio por classe de consumo (ano 2005).....	69
Tabela 3.6 – Consumo estimado de eletricidade para alguns bens duráveis e posse de equipamentos no Brasil (ano 1987).....	81
Tabela 3.7 – Consumo de energia elétrica por região geográfica para refrigeração e aquecimento de água (ano 1997).....	83
Tabela 3.8 – Crescimento (%) estimado para 2020, em relação a 1997, do número de unidades de domicílios e do consumo por domicílio .....	83
Tabela 3.9 – Consumo de energia elétrica (%) para alguns bens duráveis por zona bioclimática, no inverno (ano 1997/1998).....	91
Tabela 3.10 – Consumo de energia elétrica (%) para alguns bens duráveis por zona bioclimática, no verão (ano 1997/1998) .....	91
Tabela 3.11 – Posse média de alguns bens duráveis por domicílio (ano 1997/1998) .....	92
Tabela 3.12 – Consumo médio mensal de energia elétrica por região (ano 2005) ...	94
Tabela 3.13 – Consumo médio mensal por residência por região (ano 2005) .....	95

Tabela 3.14 – Posse de equipamentos por faixa de consumo (ano 2005).....	95
Tabela 3.15 – Uso final de energia elétrica no verão e no inverno (ano 2005) .....	98
Tabela 3.16 – Alguns usos finais de energia elétrica no Brasil por faixa de consumo no inverno (ano 2005) .....	99
Tabela 3.17 – Posse de equipamentos por domicílio, por região geográfica (ano 2005) .....	101
Tabela 3.18 – Comparação de posse média de equipamentos entre 1998 e 2005	101
Tabela 3.19 – Posição da chave que controla o aquecimento da água por estação (ano 2005) .....	102
Tabela 3.20 – Comparação de usos finais de eletricidade entre 1998 e 2005.....	104
Tabela 3.21 – Consumo de energia elétrica por Zona Bioclimática no verão e inverno (ano 2005) .....	105
Tabela 3.22 – Consumo de energia elétrica de alguns equipamentos por Zona Bioclimática no verão e inverno (ano 2005) .....	106
Tabela 3.23 – Consumo de energia elétrica por Subzona em kWh/mês, por estação (ano 2005) .....	107
Tabela 3.24 – Consumo de energia elétrica por Subzona, por estação (ano 2005)	108
Tabela 3.25 – Participação de usos finais de energia elétrica por residência por faixa de consumo médio (ano 2005).....	110
Tabela 4.1 – Domicílios ligados à rede elétrica no Brasil: Cenário A (período 2005- 2030) .....	116
Tabela 4.2 – Domicílios ligados à rede elétrica no Brasil: Cenário B1 (período 2005- 2030) .....	117
Tabela 4.3 – Domicílios ligados à rede elétrica no Brasil: Cenário B2 (período 2005- 2030) .....	119
Tabela 4.4 – Domicílios ligados à rede elétrica no Brasil: Cenário C (período 2005- 2030) .....	119
Tabela 4.5 – Posse média de equipamentos (período 2014-2024).....	121
Tabela 4.6 – Consumo médio de equipamentos no horizonte (período 2014-2024) .....	121
Tabela 5.1 – Distribuição percentual e razão entre domicílios sem e com acesso a saneamento adequado (domicílios particulares permanentes urbanos - 2013) .....	134
Tabela 5.2 – Relação de Índice de Desenvolvimento Humano Municipal do Brasil (ano 2010).....	138

Tabela 8.1 – Cenário tendencial no Brasil: população, domicílios e consumo mensal .....	170
Tabela 8.2 – Consumo médio mensal de energia elétrica por domicílio para 2020, Brasil e regiões geográficas .....	170
Tabela 8.3 – Consumo médio mensal de energia elétrica por domicílio para 2030, Brasil e regiões geográficas .....	171
Tabela 8.4 – Participação do número de domicílios e potencial de economia por faixa de consumo para 2020, Brasil e regiões geográficas.....	171
Tabela 8.5 – Participação do número de domicílios e potencial de economia por faixa de consumo para 2020, Brasil e regiões geográficas.....	172
Tabela 8.6 – Consumo e economia do chuveiro elétrico por domicílio para o ano 2020, região geográfica.....	172
Tabela 8.7 – Consumo e economia do chuveiro elétrico por domicílio para o ano 2030, região geográfica.....	173
Figura 8.8 – Chuveiros elétricos etiquetados pelo PBE .....	178
Tabela 8.9 – Aquecedores elétricos de água por acumulação (boiler elétrico) .....	181
Tabela 8.10 – Potência, consumo mensal, elevação da temperatura e vazão média de aquecedores de passagem etiquetados.....	182
Tabela 8.11 – Modelos de aquecedores de acumulação a gás etiquetados pelo PBE .....	182
Tabela 8.12 – Modelos de aquecedores de passagem a gás etiquetados pelo PBE .....	183
Tabela 8.13 – Eficiência energética de modelos de coletores solares para banho. ....	188
Tabela 8.14 – Eficiência energética de modelos de coletores solares para banho. ....	189
Tabela 8.15 – Eficiência energética média de sistemas de aquecimento de água para banho no Brasil .....	191

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Considerações iniciais

No setor residencial brasileiro, o consumo de energia aumenta juntamente com o crescimento da população, redução do número de pessoas por domicílio, aumento da posse de equipamentos e mudanças nos hábitos de uso final de energia (principalmente devido a mudanças climáticas).

A participação do setor residencial no consumo de eletricidade em 2005 foi de 19%, sendo que o setor residencial foi o terceiro maior consumidor de energia elétrica neste ano (PNE 2030, 2007d). No setor residencial, o chuveiro elétrico é um dos equipamentos de maior participação, que chegou a 24% do consumo médio em 2005, seguido da geladeira, com participação de 22% (PPH, 2007).

Devido a grande participação do chuveiro elétrico no consumo final de energia elétrica do setor residencial, o chuveiro representou 18% do pico de demanda do sistema de abastecimento de energia em 2010 (PNEf, 2011). Em geral, no ano de 2010, os maiores picos de demanda ocorreram entre 7 e 8h da manhã, e 19 e 20h da noite (âmbito nacional), principalmente devido ao uso do chuveiro para banho. Os picos de demanda de energia estabelecem as horas críticas do sistema elétrico, pois em determinados períodos do dia a demanda por energia intensifica ao ponto de originar os conhecidos “apagões”, que foram recorrentes em São Paulo em 2001 (PPH, 2007; MME, 2014d).

As mudanças climáticas dos últimos dez anos e o aumento do fenômeno conhecido por ilha de calor aumentaram a ocorrência de picos de carga mais críticos e mudaram um pouco o cenário de participação no consumo de energia de equipamentos elétricos no setor residencial. Segundo MMA (2014), as altas temperaturas de fevereiro de 2014 culminaram no crescimento da posse de sistemas de condicionamento de ar. Neste mês foram registrados novos picos de demanda de energia, que indicam o grande aumento da participação do ar-condicionado no consumo residencial e, inclusive, houve aumento da demanda em novos períodos do dia, como no meio da tarde.

O estudo sobre aquecimento de água para banho conduz pesquisas e dita diretrizes que visam economia de energia e redução do consumo nas horas de sobrecarga da rede elétrica. Existem diversos fatores que influenciam no consumo

de água quente no Brasil, não somente fatores como condições climáticas e expansão de novas tecnologias, mas também o hábito dos consumidores. O fator “humano” tem grande peso no consumo de energia (PPH, 2007; PROCEL, 2005).

Neste trabalho se verificou que, em geral, o consumo de energia com aquecimento de água é maior nas regiões sul e sudeste, que possuem as menores temperaturas médias anuais. Estas regiões também são as de maior renda por domicílio. O consumo de energia para aquecimento de água pode ser associado tanto à temperatura quanto ao rendimento salarial das famílias, pois as regiões norte e nordeste, que são as mais quentes e com o menor rendimento salarial por domicílio do país, também têm o menor consumo de energia (CENSO, 2001, 2011; BEN, 2015; NORMAIS, 2015).

A posse de chuveiro elétrico é outro fator que caracteriza o consumo de energia para aquecimento de água, o qual é maior nas regiões mais frias do país, que também possuem maior rendimento familiar *per capita* e que consomem mais eletricidade para esta finalidade. A região sudeste possui a maior diferença no consumo de eletricidade do chuveiro entre o verão e o inverno, diferentemente das outras regiões, que possuem o consumo semelhante tanto no verão quanto no inverno, indicando que a população do sudeste muda bastante seu hábito de uso do verão para o inverno.

Já a região sul, que possui temperaturas semelhantes à região sudeste no verão, muda pouco seu hábito de consumo do inverno para o verão, em relação ao aquecimento de água para banho (PPH, 2007). Na região sul o consumo do chuveiro elétrico reduz em menos de 4,0% no verão, indicando que o chuveiro tem participação significativa no consumo de energia no setor residencial, inclusive no verão – mesmo com altas temperaturas (ANURÁRIO, 2013, 2015; EPE 2015b; NORMAIS, 2015).

Além dos fatores geográficos, os fatores econômicos também descrevem o consumo de energia elétrica ao longo dos anos. Entre 1970 e 1999 o consumo de eletricidade cresceu em um ritmo mais acelerado que a economia do Brasil, já entre 2000 e 2007 o PIB cresceu mais que o consumo – período em que ocorreu a “crise do apagão”. A partir de 2011 o crescimento do consumo de energia voltou a ser superior ao do PIB (ANUÁRIO, 2015; BEN, 2015; EPE, 2015).

No Brasil são visíveis grandes diferenças no consumo de energia no setor residencial entre as cinco regiões geográficas, principalmente por fatores

socioeconômicos. O nordeste é responsável por 19,0% do consumo residencial de energia do Brasil, mas possui 27,8% da população brasileira. Em contrapartida, a região sul contém somente 14,4% da população brasileira, mas é responsável por 16,0% do consumo residencial do país. As regiões sul, sudeste e centro-oeste possuem as maiores participações no consumo de energia no setor residencial. As regiões norte e nordeste agrupam 36,1% da população e apresentam as menores participações no consumo de energia elétrica, que somadas correspondem a 25,0%. Aproximadamente 40,0% da região norte não possui abastecimento de água, enquanto na região sul apenas 11,5% dos domicílios não têm acesso à rede de abastecimento de água. Quanto maior o padrão econômico dos domicílios, maior é sua participação nas faixas de maior consumo (acima de 300 kWh/mês) (PNEf, 2011; INDICADORES SOCIAIS, 2014).

O consumo de energia elétrica cresce em uma relação quase linear com o crescimento da população e do número de unidades consumidoras no Brasil e nas regiões geográficas. Novos domicílios tendem a seguir padrões de consumo semelhantes ao de sua região, indicando que os hábitos de cada região prevalecem (ANUÁRIO, 2015; BEN, 2015; EPE, 2015).

A fonte de aquecimento de água também afeta o consumo de energia e os picos de carga do sistema elétrico. Ao se estimular o aumento do uso de outras fontes de energia se reduz a demanda por energia elétrica, principalmente devido ao uso do chuveiro elétrico – que pode ser substituído por chuveiros híbridos termossolares, por exemplo. Embora a maior fonte de aquecimento de água para banho seja a eletricidade, há uma tendência de decréscimo de sua participação em relação às demais fontes. A partir de 2011 houve um crescimento da participação do sistema solar e do gás natural, sendo que a participação solar tem a maior tendência de crescimento até 2024. O decréscimo do uso de eletricidade para aquecimento de água para banho é devido a fatores como o aumento de investimento em tecnologia para aproveitamento do gás natural e principalmente da energia solar, e ao aumento da eficiência energética dos sistemas de aquecimento elétrico (ESTADOS, 2015; MME, 2014b; PDE, 2015, 2014, 2013, 2012; PPH, 2007).

A maior fonte de aquecimento de água no Brasil é a energia elétrica. A segunda maior fonte, ainda que em pequeno percentual, é o gás GLP. As fontes: lenha/carvão e energia solar têm uma participação muito baixa como fonte de aquecimento de água. Outras fontes de energia, como querosene e álcool,

representam menos de 0,5% do cenário nacional. Em quase 25,0% do país não há aquecimento de água (MME, 2015).

As fontes alternativas para aquecimento de água de banho crescem a cada ano no Brasil. Segundo Abrava (2012), a utilização de sistemas de aquecimento solar é mais usual em residências unifamiliares e multifamiliares, em piscinas e no setor hoteleiro. O uso de energia termossolar, além reduzir os picos de carga, abastece a economia do país gerando empregos desde a fabricação dos materiais até a instalação e manutenção de sistemas. As regiões sudeste e centro-oeste apresentam o maior percentual de água aquecida por energia solar, seguidas pelo sul do país (MME, 2015).

A energia destinada ao aquecimento de água no Brasil sofreu grandes mudanças de cenário ao longo dos anos, juntamente com a matriz energética nacional. De acordo com o PNE 2030 (2007a), em 1970 a lenha era a principal fonte de energia do Brasil, correspondendo a 48% do consumo final de energia. A partir da década de 70 o consumo de eletricidade teve um grande incremento na sua participação no consumo final, principalmente devido à crise energética.

Em meio as grandes mudanças da matriz energética nacional surgiram programas, planos do governo e estudos voltados à eficiência energética. Os principais programas brasileiros de eficiência energética são o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural (Conpet), e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) (PNEf, 2015).

O Ministério de Minas e Energia (MME) desenvolveu o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), que visa ser integrado ao Plano Nacional de Energia (PNE) e ao Plano de Expansão Decenal de Energia (PDE). O Ministério de Minas e Energia (MME) possui outros diversos programas e projetos para o estudo da produção, distribuição e consumo de energia no país, todos abordados neste trabalho, tais como: Balanço Energético Nacional (BEN), Boletim Mensal de Monitoramento Elétrico, Resenha Mensal do Sistema Elétrico, Anuário Estatístico de Energia Elétrica, Demanda de Energia, Consumo de Energia no Brasil, entre outros.

Este trabalho agrupa informações sobre aquecimento de água no setor residencial de todas as pesquisas e publicações do Governo Brasileiro disponibilizadas ao público, como também de diversas pesquisas e estudos de fundações e de instituições privadas e públicas. A partir das informações coletadas

foi realizada uma análise das mesmas por meio de correlações a fim de identificar padrões nos hábitos de uso de energia para o aquecimento de água no Brasil, assim como associar o consumo desta energia a fatores socioeconômicos e geográficos.

## 1.2 Estrutura do trabalho

Este trabalho foi estruturado em nove capítulos. O capítulo 1 introduz o tema sobre aquecimento de água no Brasil e contextualiza os fatores que influenciam no consumo de energia para aquecimento de água.

O capítulo 2 apresenta a matriz energética brasileira atual e o consumo do setor residencial, bem como a evolução do consumo de energia final e do setor residencial ao longo do período 1970-2014 em função das fontes de energia. Este capítulo mostra a relação entre a população, número de domicílios, rendimento salarial familiar, PIB, posse de equipamentos e o consumo residencial de energia elétrica, e também apresenta projeções do consumo final de energia no país.

O capítulo 3 apresenta as principais pesquisas brasileiras sobre uso final de energia, bem como publicações relacionadas ao uso final de energia para aquecimento de água. Algumas das pesquisas abordadas são: Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF); Pesquisa Nacional por Amostra em Domicílios (PNAD); e Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso (PPH).

No capítulo 4 são apresentados relatórios, planos e estudos promovidos pelo Ministério de Minas e Energia (MME) através da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), do Departamento de Desenvolvimento Energético, do Operador Nacional do Sistema Elétrico, entre outros, que informam sobre a posse de equipamentos elétricos e aquecimento de água no setor residencial.

No capítulo 5 são mostrados alguns dos fatores geográficos e socioeconômicos condicionantes do uso de aquecimento de água no Brasil. Estes fatores foram agrupados em três categorias: clima; consumo de energia elétrica e população; e distribuição de renda no Brasil, IDHM e saneamento básico.

No capítulo 6 é apresentada uma análise do uso final de energia para aquecimento de água para banho no Brasil por meio de correlações realizadas entre o consumo de energia para aquecimento de água, consumo geral do setor residencial, posse de equipamentos, entre outros, e fatores condicionantes apresentados no capítulo 5.

O capítulo 7 apresenta informações e estudos acerca do aquecimento solar de água no Brasil, onde se abordam incentivos ao uso da tecnologia de aquecimento solar, sobre o rendimento destes sistemas, como também a influência do usuário no manejo desta tecnologia.

No capítulo 8 são apresentadas as formas de certificação de equipamentos para aquecimento de água no Brasil, que visam à avaliação da conformidade de diversos equipamentos em relação a critérios normativos, com foco na eficiência energética. Também são discutidos estudos brasileiros sobre a regulamentação da eficiência energética de sistemas de aquecimento solar, e são apresentadas informações sobre equipamentos para aquecimento de água certificados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem e tabelados pelo Inmetro.

O capítulo 9 apresenta as considerações finais sobre este trabalho, abordando as principais informações levantadas e correlações realizadas.

## 2 MATRIZ ENERGÉTICA E CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR RESIDENCIAL DO BRASIL

A matriz energética brasileira sofreu diversas mudanças ao longo dos anos frente aos cenários históricos. De acordo com o PNE 2030 (2007a), em 1970 a lenha era a principal fonte de energia do Brasil, correspondendo a 48% do consumo final de energia. Nessa época os derivados do petróleo também eram uma grande fonte de energia, respondendo por 36% da demanda, enquanto a eletricidade não ultrapassava 6% da demanda energética.

A partir da década de 70 o consumo final de lenha começou a reduzir e o consumo de derivados de petróleo a aumentar, junto com o aumento da eletricidade. A eletricidade teve um grande incremento na sua utilização no consumo final, principalmente devido à crise energética dos anos 70.

Em 2005, em relação à matriz do consumo final de energia, os derivados de petróleo correspondiam a 41% do consumo, devido à prevalência do modal rodoviário, seguido da eletricidade, que correspondia a 19% do consumo final de energia do país (PNE 2030, 2007a).

Após a crise energética dos anos 70 e do grande aumento da participação da eletricidade no consumo final de energia, o país enfrentou outra crise no setor de geração de energia, principalmente devido à falta de investimentos neste setor. De acordo com Ghisi *et al.* (2007), entre os anos 2000 e 2001 houve um déficit de produção de energia elétrica em relação à demanda que causou uma recessão do consumo. O próprio governo brasileiro solicitou à população que reduzisse seu consumo. Neste período se verificou uma redução de 9,4% do consumo médio nacional, chegando a quase 15,0% na região sudeste, a qual mais sofreu com a crise dos “apagões”.

Em meio as grandes mudanças que o setor energético brasileiro enfrentou surgiram programas, planos do governo e estudos voltados à eficiência energética. Os principais programas brasileiros de eficiência energética são o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural (Conpet), e o Plano Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Estes programas realizam estudos e tomam iniciativas que estimulam o desenvolvimento tecnológico e o uso eficiente da energia (PNEf, 2015).

Recentemente o país desenvolveu o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), que visa ser integrado ao Plano Nacional de Energia (PNE) e ao Plano de Expansão Decenal de Energia (PDE). Além do PNE e do PNEf, o Ministério de Minas e Energia (MME) possui diversos programas e projetos para estudo e controle da produção, distribuição e consumo de energia no país. Alguns dos estudos elaborados pelo Ministério de Minas e Energia, em parceria com o PBE, Conpet, Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) são: Balanço Energético Nacional (BEN), Boletim Mensal de Monitoramento elétrico, Resenha Mensal do Sistema Elétrico, Anuário Estatístico de Energia Elétrica, Demanda de Energia, Consumo de Energia no Brasil, dentre outros.

Um grande incentivo para a economia de energia no Brasil foi a “Lei da Eficiência Energética”, instituída em 2001. De acordo com o PNE 2030 (2007b), esta lei estabelece valores mínimos de eficiência energética para equipamentos elétricos, como o chuveiro. A “Lei da Eficiência Energética” é um grande avanço no que concerne a medidas de eficiência energética no Brasil, pois devido à grande carência de dados até o presente momento torna-se difícil a tomada de medidas eficazes.

## **2.1 Consumo final de energia no Brasil no horizonte 1970-2014**

Ao analisar a evolução do consumo de energia elétrica no Brasil, deve-se observar também a evolução da economia do país. Na década de 70 houve uma grande expansão do consumo de eletricidade, cerca de 12% ao ano, ao passo que a economia brasileira estava passando por um crescimento intenso de 8,6% ao ano.

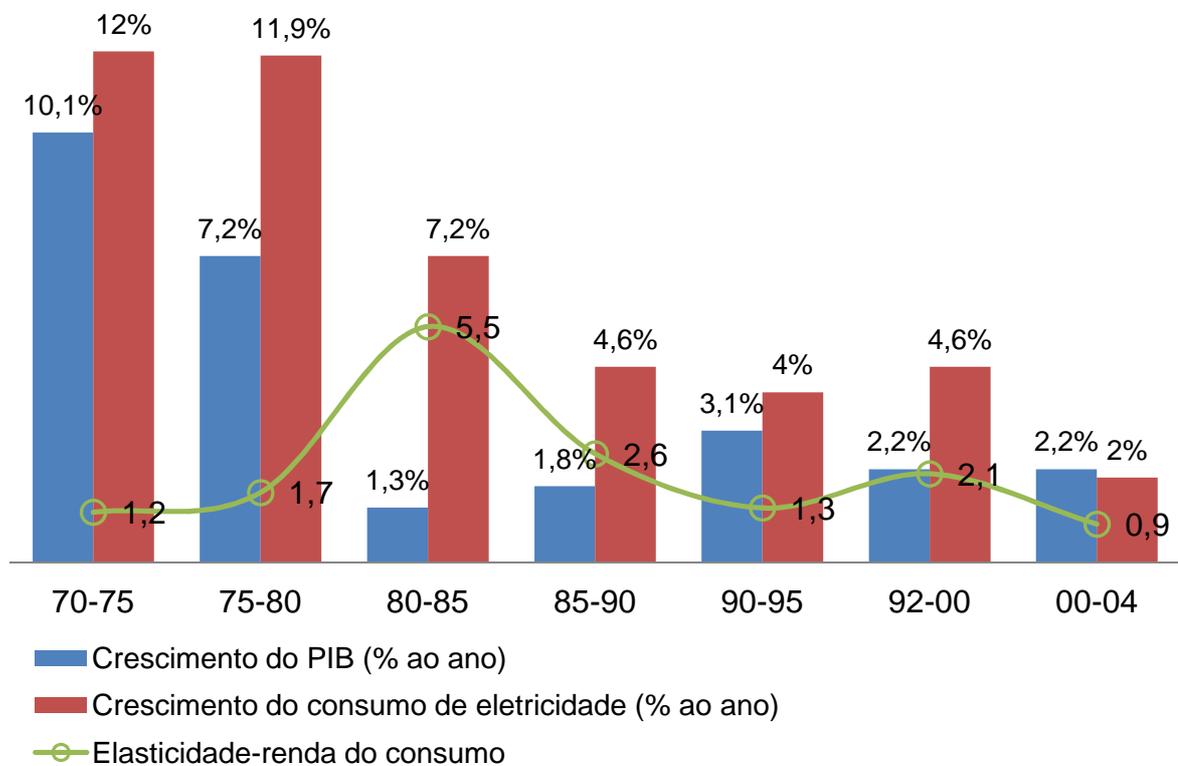
Segundo PNE 2030 (2007c), na década de 70 a elasticidade-renda foi de 1,40 (razão entre o crescimento percentual de energia elétrica e o crescimento percentual da economia). Nos anos 80, diferentemente da década de 70, a economia teve um comportamento instável, com média de crescimento anual de 1,6%. Neste período, o consumo de energia elétrica continuou crescendo, consolidando cerca de 5,9% ao ano de taxa de crescimento, atingindo-se uma elasticidade-renda de 3,69.

Na década de 90 a elasticidade-renda caiu, pois a economia teve um crescimento médio maior que o crescimento do consumo de eletricidade. No período de 2000 a 2004 observou-se um aumento no consumo de energia elétrica de 2,0% ao ano, com uma elasticidade-renda de 0,91, a menor de todos os períodos

analisados. Isso ocorreu principalmente devido ao racionamento ocorrido em 2001, que durou nove meses e afetou as regiões norte, nordeste e sudeste (PNE 2030, 2007b).

Na Figura 2.1 são mostradas as taxas médias anuais de crescimento do PIB e do consumo de energia elétrica, bem como a elasticidade-renda do consumo de períodos entre 1970 e 2004. A elasticidade-renda do consumo é a razão entre a taxa de crescimento do consumo de eletricidade e a taxa de crescimento do PIB.

Figura 2.1 – Elasticidade-renda do consumo de energia elétrica



Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007c)

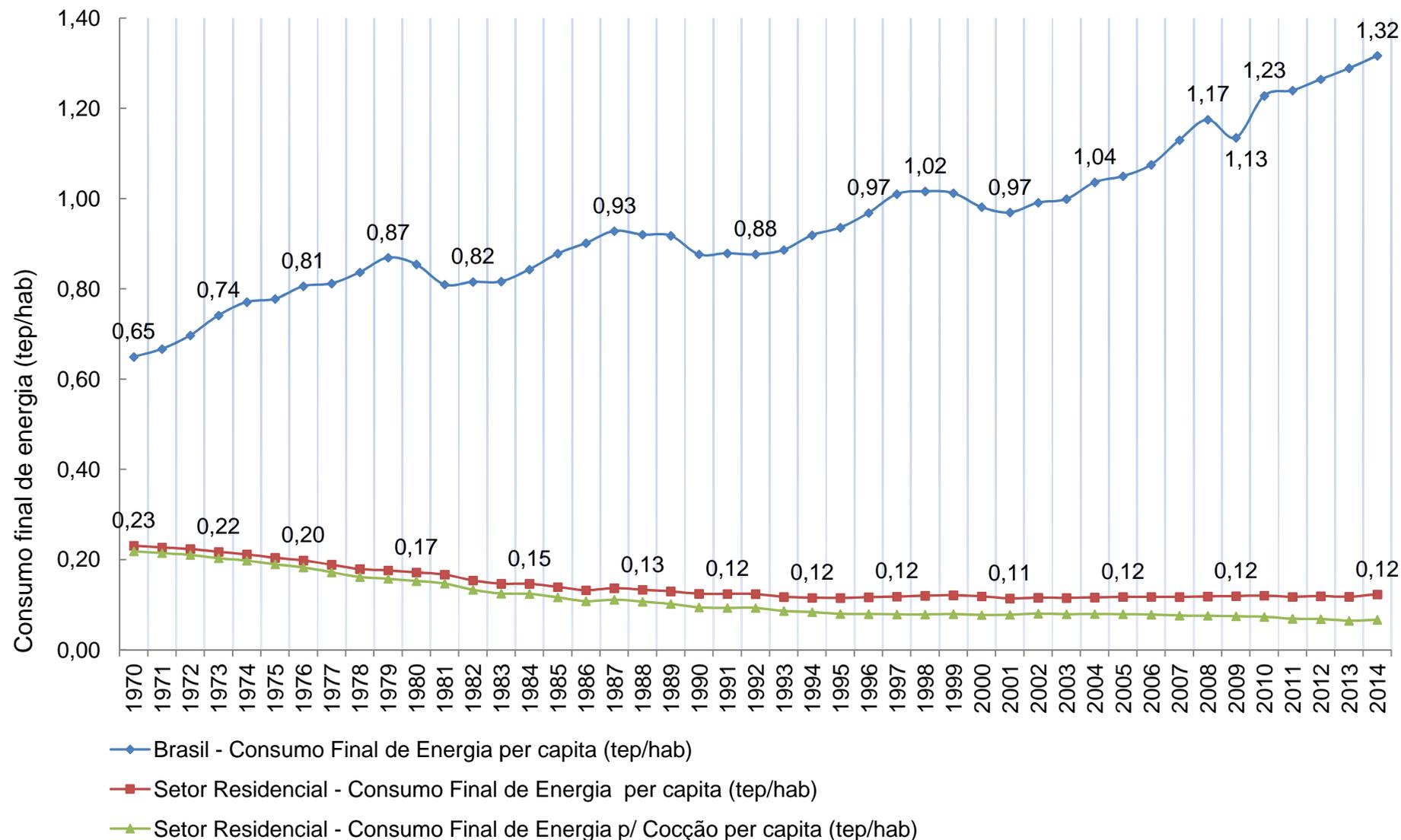
A variação do consumo final de energia no Brasil pode ser observada na Figura 2.2, onde são mostrados o consumo final do setor residencial e o consumo final total do Brasil no período 1970-2014. Para o setor residencial é mostrado separadamente o consumo final de energia para cocção. No consumo para cocção se considera o GLP (engarrafado no botijão), gás canalizado (vindo da rua por canalização), lenha, carvão vegetal e inclusive o gás natural. Nas séries históricas do Balanço Energético Nacional é encontrado o consumo em  $10^3$  tep (tonelada equivalente de petróleo) por ano e no Anuário (2015) é encontrado o número de

habitantes por ano. A unidade original de  $10^3$  tep foi passada para tep e dividida pelo número de habitantes do ano em questão, ou seja, se elaborou o consumo per capita em tep/hab por ano.

Na Figura 2.2 nota-se que o consumo final de energia no Brasil dobrou de 1970 para 2014, passando de 0,65 para 1,32 tep/hab, enquanto que o consumo final residencial (exceto cocção) reduziu quase pela metade de 1970 (0,23 tep/hab) para 2014 (0,12 tep/hab). O consumo para cocção no setor residencial seguiu um comportamento semelhante ao consumo de energia final residencial ao longo dos 44 anos analisados. Na Figura 2.2 também se observa que diferentemente do consumo residencial de energia, que reduziu desde 1970 com pequenas variações, o consumo final de energia do Brasil aumentou sofrendo várias oscilações entre cristas e vales.

A parcela de energia consumida no setor residencial referente à cocção é significativa em relação ao consumo total de energia deste setor, uma vez que o consumo final energético para cocção considera GLP, lenha, carvão vegetal e inclusive o gás natural. A lenha era a principal fonte de energia do setor residencial (assim como do Brasil) na década de 1970, justificando o alto consumo na cocção.

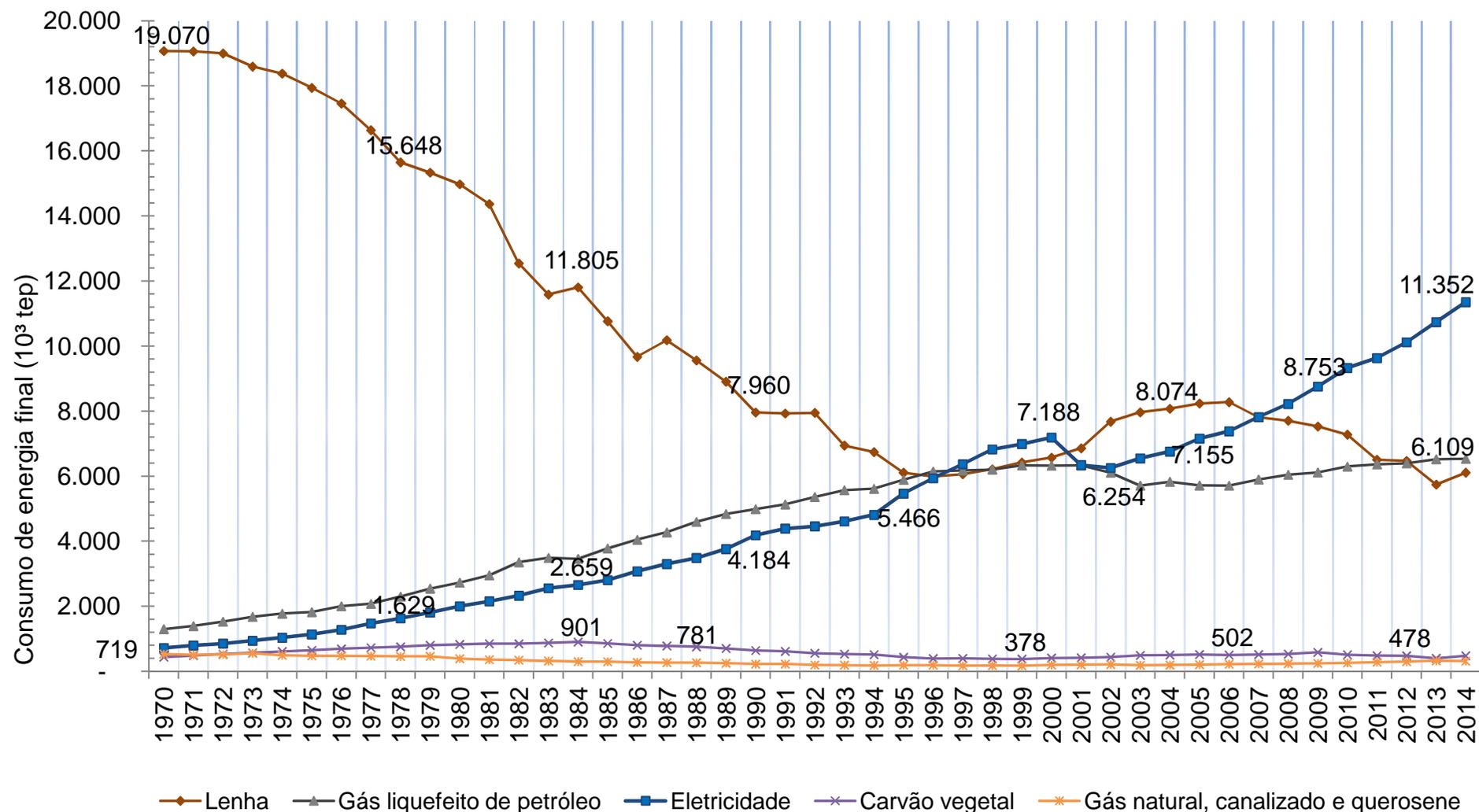
Figura 2.2 – Consumo final de energia no Brasil e no setor residencial (período 1970-2014)



Fonte: Adaptado de Anuário (2015); BEN (2015); EPE (2015a)

Na Figura 2.3 é mostrado o consumo final de energia do setor residencial por fonte para o período 1970-2014. Observa-se que a lenha era a principal fonte de energia do setor residencial (assim como do Brasil) na década 70. A partir de meados da década de 70 o consumo de lenha como fonte de energia começou a reduzir bruscamente até 1995, quando estabilizou até 1999. O consumo de lenha cresceu modestamente de 2000 a 2006, quando voltou a cair até 2014. Enquanto o consumo final de lenha reduziu de 19.070 para 6.109  $10^3$  tep, de 1970 a 2014, o consumo de eletricidade cresceu de 719 para 11.352 tep no mesmo período. Desde 2007 a eletricidade é a principal fonte de energia do setor residencial. Segundo BEN (2015), a eletricidade é a principal fonte de energia do Brasil desde 1989. Também se observa na Figura 2.3 que em “gás natural, canalizado e querosene”, somente o consumo do gás natural continua crescendo (desde 1987), enquanto que consumo de querosene e do gás canalizado (vem da rua) decrescem desde 1970.

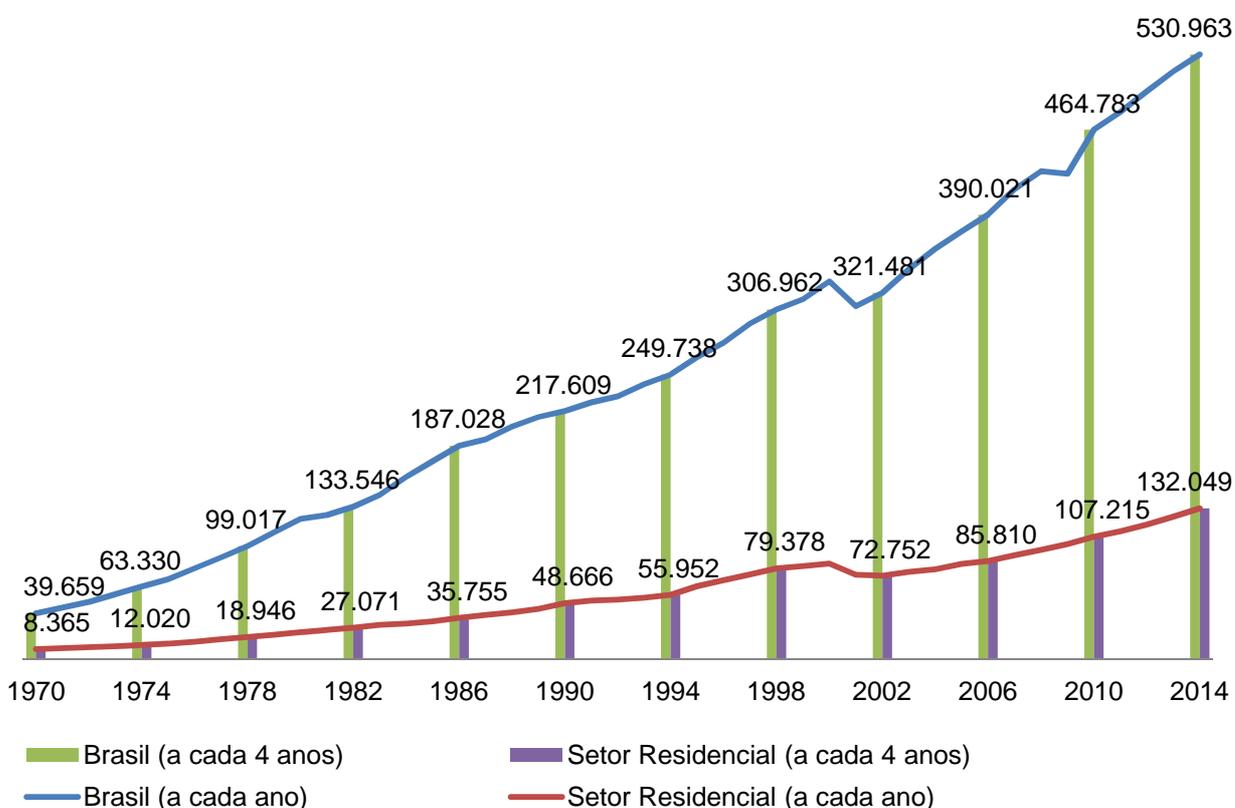
Figura 2.3 – Consumo final de energia por fonte no setor residencial (período 1970-2014)



Fonte: Anuário (2015); BEN (2015); EPE (2015a)

Na Figura 2.4 é mostrado o consumo de energia elétrica no Brasil e no setor residencial, em GWh. Observa-se que o consumo de energia elétrica no país aumentou aproximadamente treze vezes de 1970 para 2014. O consumo de energia elétrica no setor residencial aumentou em cerca de dezesseis vezes no mesmo período. Embora em 2014, por exemplo, o consumo do Brasil seja quatro vezes maior que o consumo residencial, o crescimento do consumo do setor residencial foi maior ao longo das últimas quatro décadas.

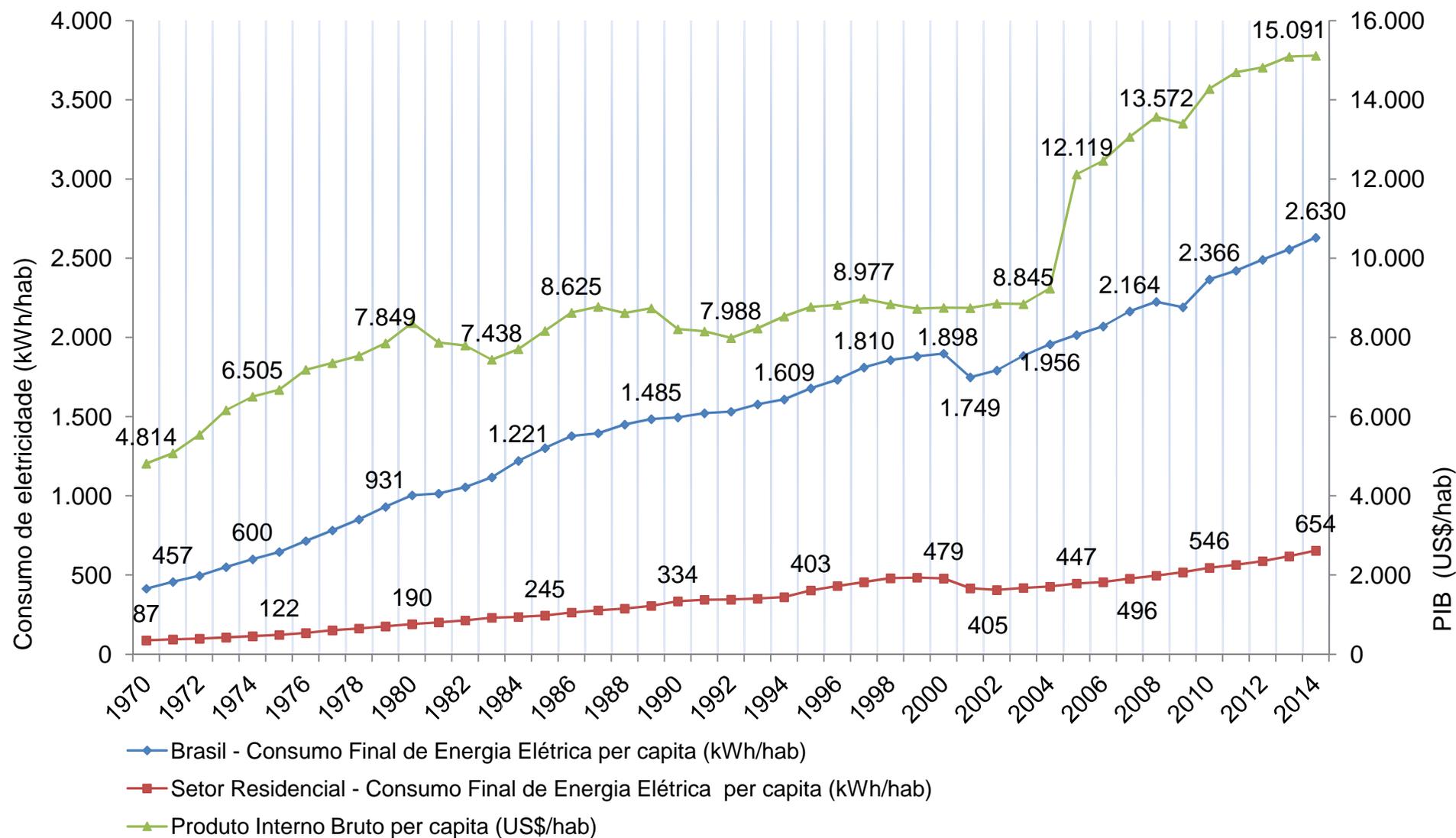
Figura 2.4 – Consumo de energia elétrica no Brasil e no setor residencial, em GWh (período 1970-2014)



Fonte: Anuário (2015); BEN (2015); EPE (2015a)

Na Figura 2.5 é mostrado o consumo final de energia elétrica no Brasil e no setor residencial por habitante. A unidade original, tep, foi convertida para kWh. A base de conversão é 1 tep igual a 11630 kWh. Na Figura 2.5 também é mostrado o PIB estimado de acordo com o sistema de contas nacionais do IBGE, com valores constantes de 2010 convertidos para dólares em paridade do poder de compra (ppc) de 2010.

Figura 2.5 – Consumo final de energia elétrica e PIB, *per capita* (período 1970-2014)

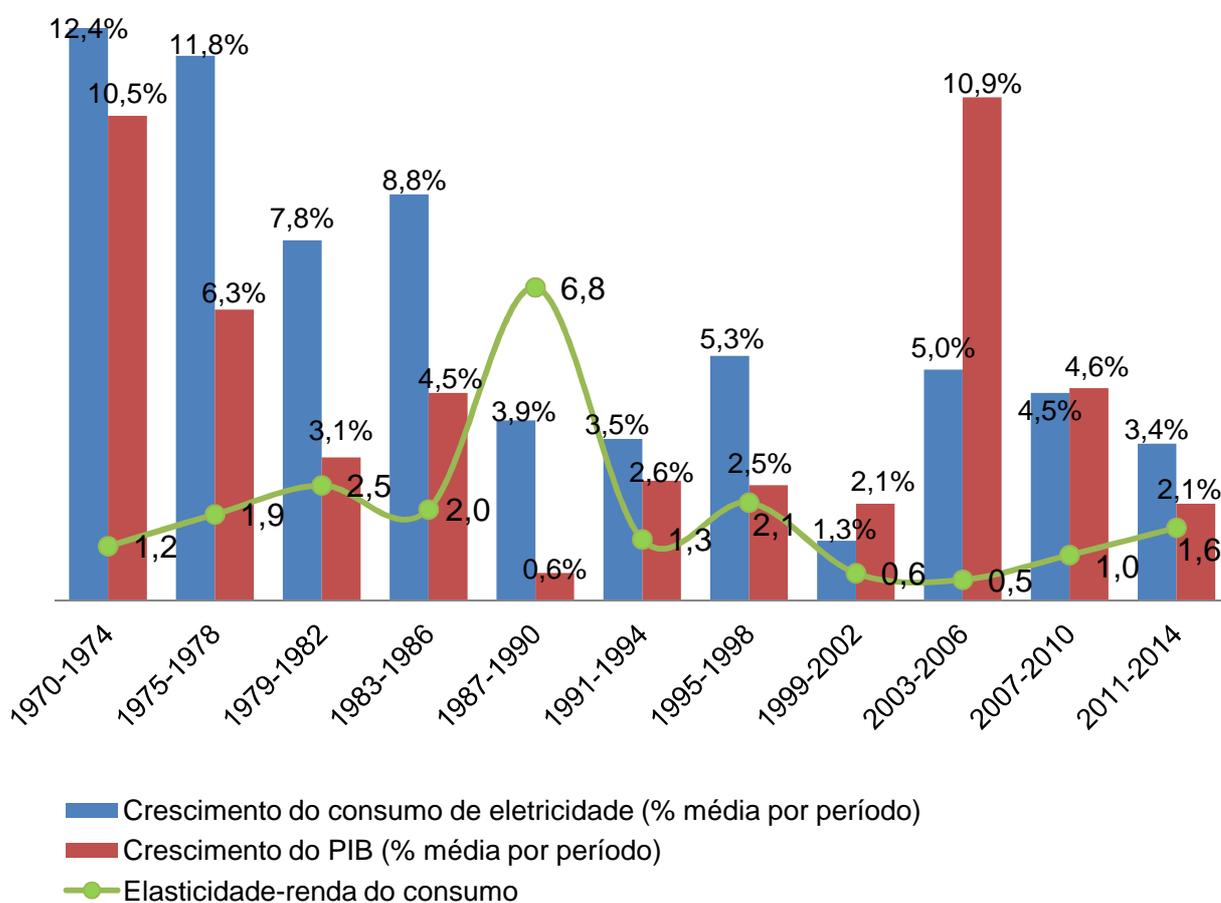


Fonte: Adaptado de Anuário (2015); BEN (2015); EPE (2015a)

Na Figura 2.5, assim como na Figura 2.4, se observa a evolução do consumo de energia elétrica no Brasil e no setor residencial, onde houve um grande crescimento no consumo nos dois parâmetros no período 1970-2014, sendo que o crescimento relativo do setor residencial foi maior que o do país.

Na Figura 2.6, também é mostrado o crescimento do PIB, que em meio a grandes variações no período analisado cresceu cerca de três vezes de 1970 a 2014. Por meio da análise da Figura 2.5 nota-se que o PIB cresceu em uma taxa menor, em geral, que o consumo de energia elétrica no Brasil e no setor residencial. Contudo, na Figura 2.6, onde é mostrada a elasticidade-renda do consumo residencial de energia elétrica, observa-se que entre 1999 e 2006 o crescimento do PIB foi maior que o crescimento do consumo de eletricidade. Entre 2007 e 2010 a elasticidade-renda foi quase 1,0 e em 2011 o consumo voltou a crescer em uma taxa maior que a do crescimento do PIB.

Figura 2.6 – Economia no Brasil e consumo de energia elétrica no setor residencial (período 1970-2014)

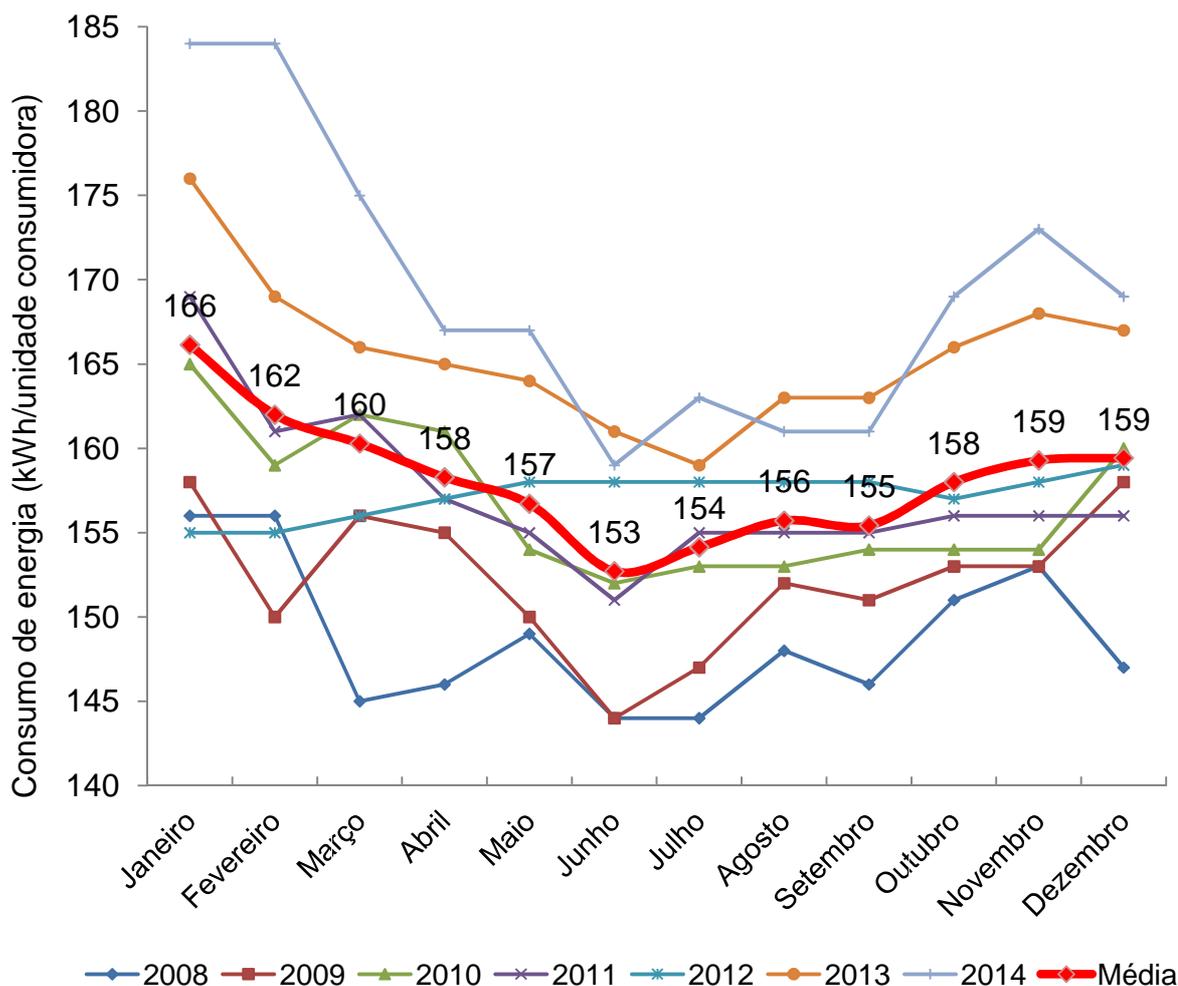


Fonte: Adaptado de Anuário (2015); BEN (2015); EPE (2015)

Na Figura 2.6, o crescimento médio do consumo e do PIB foi obtido através da média aritmética do crescimento anual do consumo e do PIB dentro dos períodos analisados de quatro anos.

O consumo residencial médio mensal de energia elétrica no Brasil, no período de 2008-2014, é mostrado na Figura 2.7. Neste período, os meses de maior consumo de eletricidade por unidade consumidora são de janeiro a março, com 166 a 160 kWh por unidade consumidora, respectivamente. Os meses de menor consumo foram junho (menor de todos), julho e setembro. Também se observa que o consumo residencial de eletricidade cresce a cada ano no Brasil, sendo que em janeiro de 2014 o consumo de 184 kWh por unidade consumidora foi bem maior que o consumo médio do mês para o período de 2008-2014.

Figura 2.7 – Consumo residencial médio mensal de energia elétrica por unidade consumidora, no Brasil (período 2008-2014)

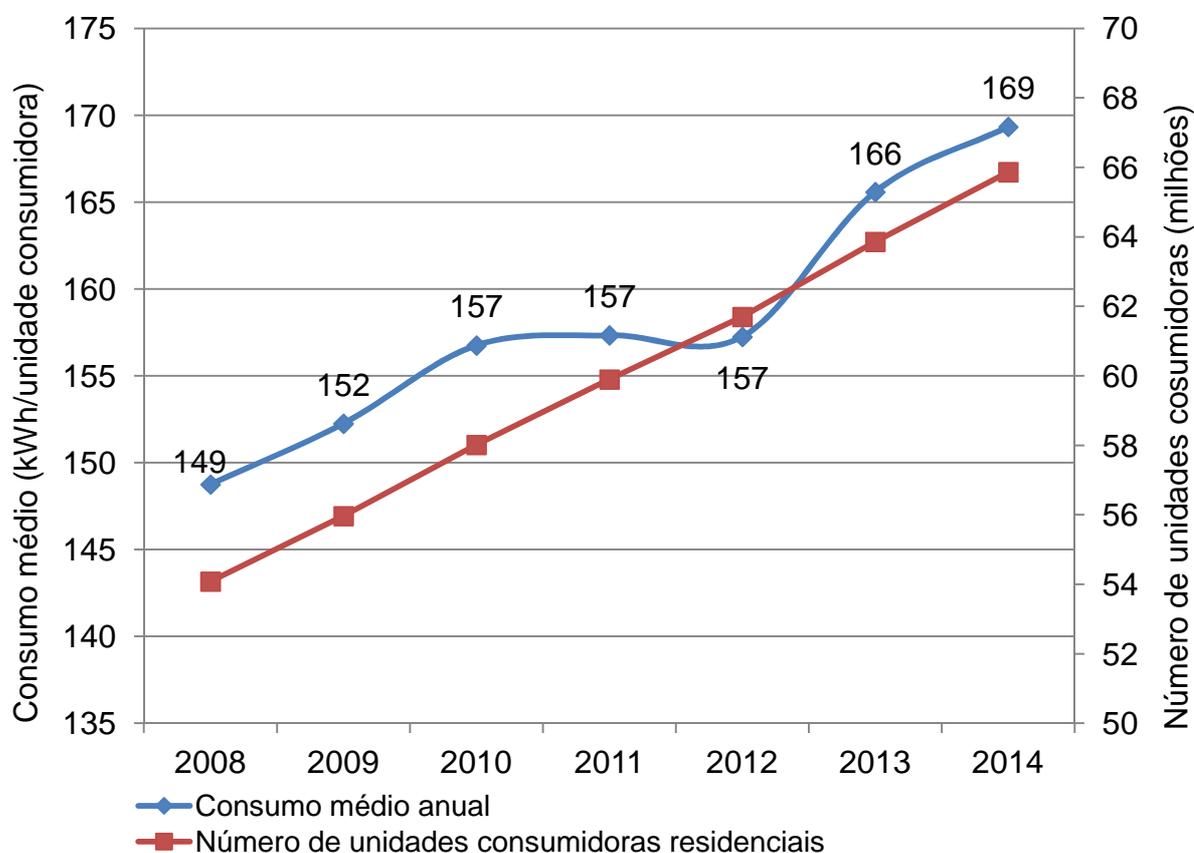


Fonte: Adaptado de MME (2015)

Na Figura 2.7, os dados utilizados foram encontrados no Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico dos anos de 2008 a 2014. A partir deste boletim, que mostra o consumo médio mensal residencial de energia elétrica, foi feita a média aritmética do consumo mensal deste período para obter o consumo mensal residencial médio de todos os meses de 2008 a 2014.

Na Figura 2.8 é mostrado o consumo residencial médio anual de energia elétrica no Brasil por unidade consumidora. Nota-se que no período 2008-2014 o consumo cresceu de 2008 a 2010, estagnando em 2011 e 2012, voltando a crescer em 2013. Este gráfico também foi feito a partir do Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico, que publica mensalmente o consumo de energia elétrica do setor residencial e o número de unidades consumidoras. Desta vez foi feita a média aritmética do consumo dos doze meses de cada ano para obter o consumo residencial médio anual. Nota-se que o número de unidades consumidoras residenciais no Brasil cresceu ano a ano quase que a uma taxa constante.

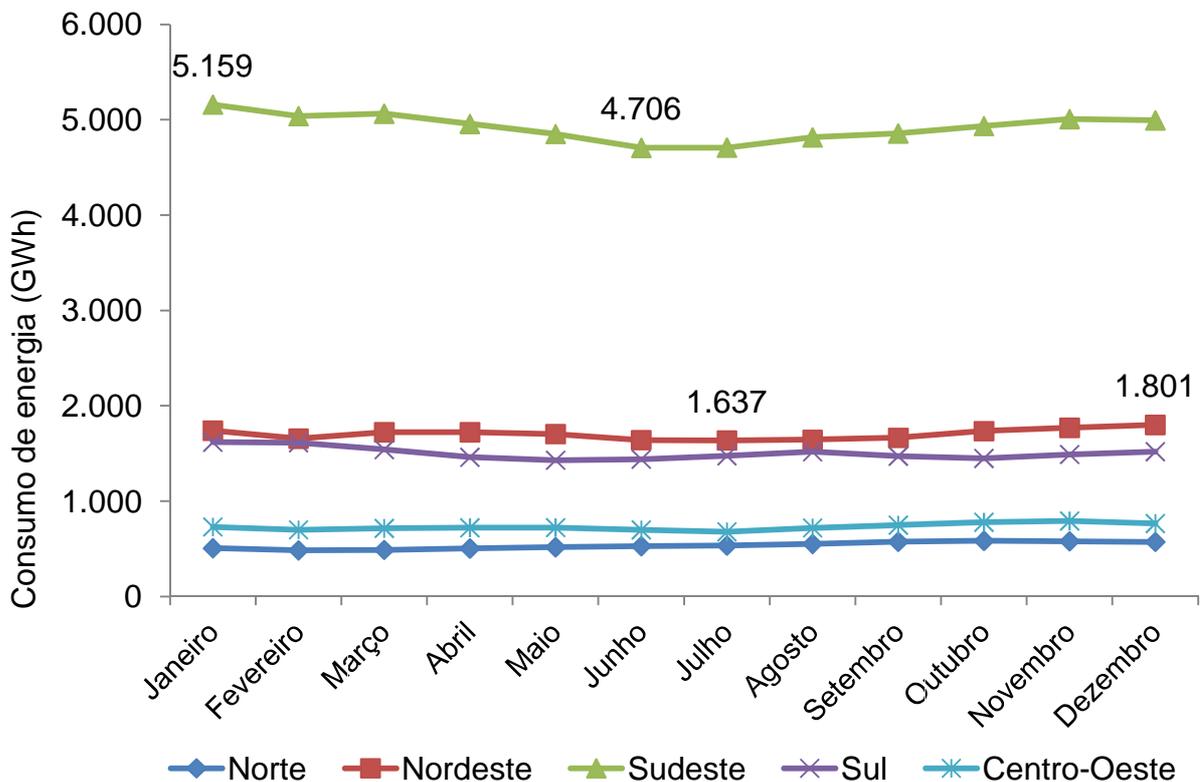
Figura 2.8 – Consumo residencial médio anual de energia elétrica no Brasil e número de unidades consumidoras residenciais (período 2008-2014)



Fonte: Adaptado de MME (2015)

Na Figura 2.9 é mostrado o consumo residencial médio mensal de energia elétrica por região geográfica para o período de 2008-2014. A região que mais consumiu foi a sudeste, seguida da nordeste e da sul. O consumo máximo da região sudeste foi de 5.159 GWh em janeiro, e o da região nordeste foi de 1.801 GWh em dezembro. O consumo residencial médio mensal de energia foi calculado a partir do banco de dados da Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica (EPE, 2015b) dos anos de 2008 a 2014, que mostra o consumo mensal de eletricidade em GWh para o Brasil e regiões geográficas. Para se obter o consumo médio mensal foi feita a média aritmética do consumo dos meses de 2008 a 2014.

Figura 2.9 – Consumo residencial médio mensal de energia elétrica por região geográfica (período 2008-2014)

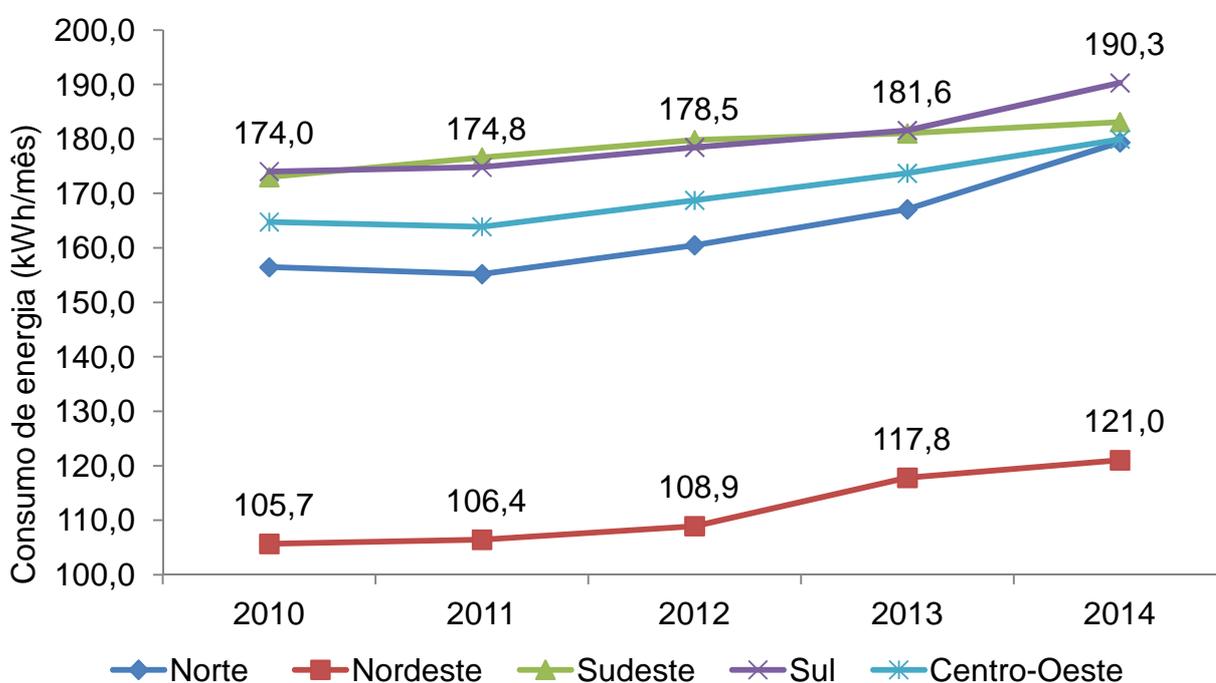


Fonte: Adaptado de EPE (2015b)

Na Figura 2.10, que mostra o consumo médio por unidade consumidora (domicílio) para cada região geográfica, nota-se que o nordeste, embora tenha o segundo maior consumo de energia em GWh pela Figura 2.9, tem o menor consumo de energia por domicílio. Isto indica que o grande consumo total residencial da região é devido à grande parcela da população brasileira que reside no nordeste, pois o consumo por domicílio atingiu o máximo de 121,0 kWh/mês em

2014. Por outro lado, as regiões sudeste e sul apresentaram os maiores valores de consumo, com a região sul atingindo 190,3 kWh/mês em 2010. Pelo fato de as regiões sul e nordeste possuírem consumo semelhante de energia no setor residencial, segundo a Figura 2.9, a Figura 2.10 indica que o sul tem um consumo em kWh/mês por domicílio consideravelmente maior que o nordeste, pois a região consome mais e possui menos domicílios. O consumo médio mensal por domicílio da região sul é aproximadamente 60% maior que o consumo do nordeste.

Figura 2.10 – Consumo médio mensal residencial por domicílio, por região (período 2008-2014)

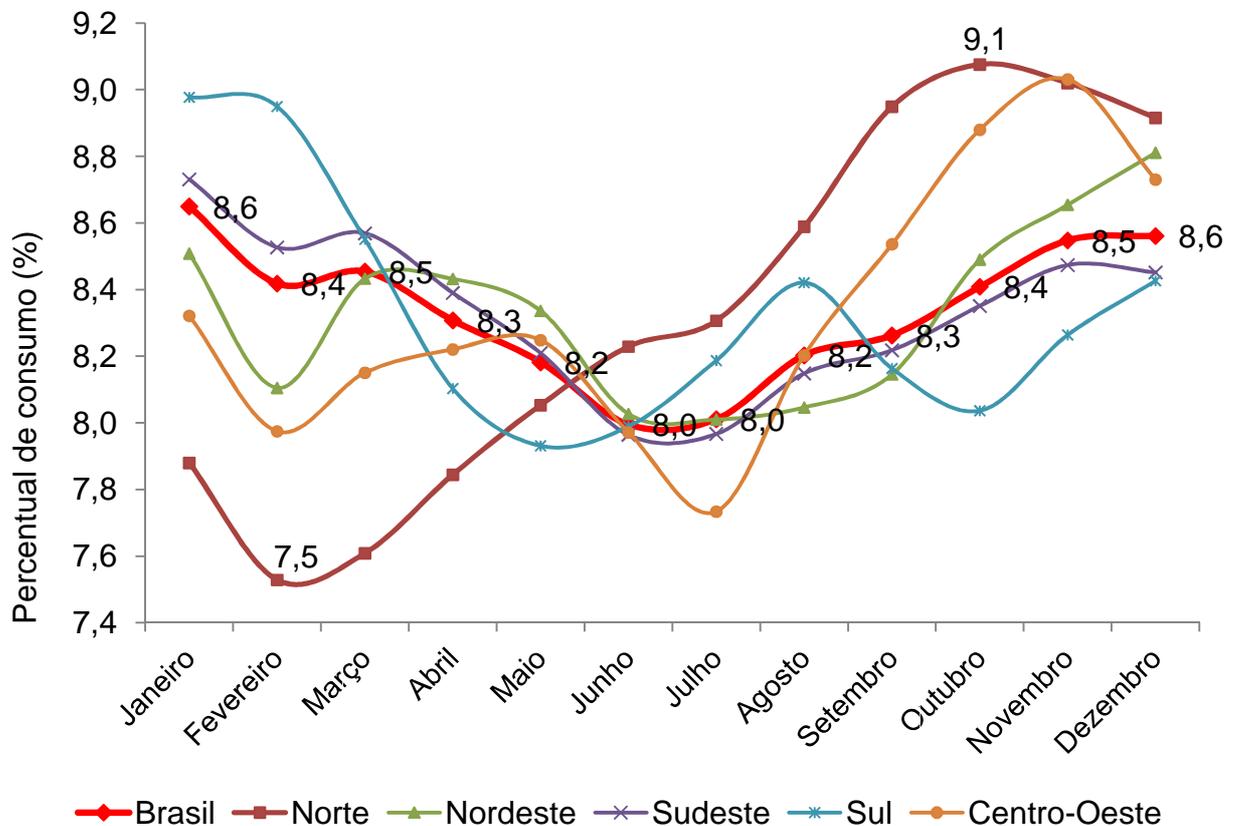


Fonte: Adaptado Anuário (2015)

Na Figura 2.11 é mostrado o consumo residencial de energia elétrica por mês em relação ao consumo total do ano para o Brasil e regiões geográficas no período de 2008-2014. A partir da Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica (EPE, 2015b), que mostra o consumo residencial de energia elétrica em GWh para o Brasil e regiões geográficas, foi feita a média aritmética para cada mês do ano para o período de 2008 a 2014. Assim, a partir da média aritmética para cada mês do ano, foi somado o consumo médio em GWh de janeiro a dezembro, obtendo-se o consumo total médio anual para cada ano do período de 2008-2014. Deste modo foi possível se calcular o percentual de consumo, em relação ao ano, de cada mês para

as cinco regiões geográficas e para o Brasil. Essa forma de visualização dos dados permitiu observar que o norte tem um consumo diferenciado das demais regiões do país. O norte apresenta o menor percentual de consumo de energia em fevereiro, 7,5%, em relação aos doze meses do ano, aumentando o gradativamente até outubro. Por outro lado as demais regiões têm um padrão comum de consumo, consumindo relativamente mais nos meses de janeiro a março e de outubro a dezembro, com uma redução no consumo nos meses de maio a agosto.

Figura 2.11 – Consumo residencial de energia elétrica por mês em relação ao consumo total do ano para o Brasil e regiões geográficas (período 2008-2014)

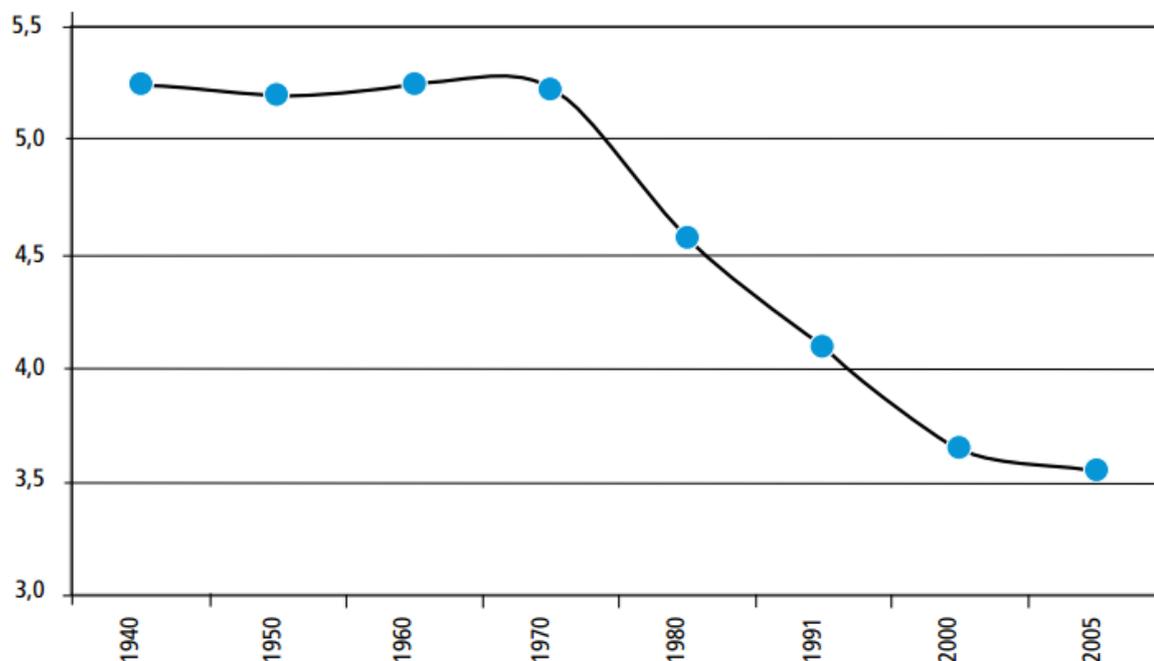


Fonte: Adaptado de EPE (2015b)

O Plano Nacional de Energia 2030 também possui informações da população e do número de domicílios para o período 1940-2005. Segundo PNE 2030 (2007c), durante aproximadamente 30 anos o indicador “habitantes por domicílio” manteve um nível constante entre 5,0 e 5,5 habitantes por domicílio. Na Figura 2.12 observa-se que a partir da década de 70 ocorre uma queda nesse valor estagnando em um patamar inferior a 4 habitantes por domicílio. A tendência decrescente de habitantes por domicílio é explicada pelo fato de a taxa de crescimento da população ser

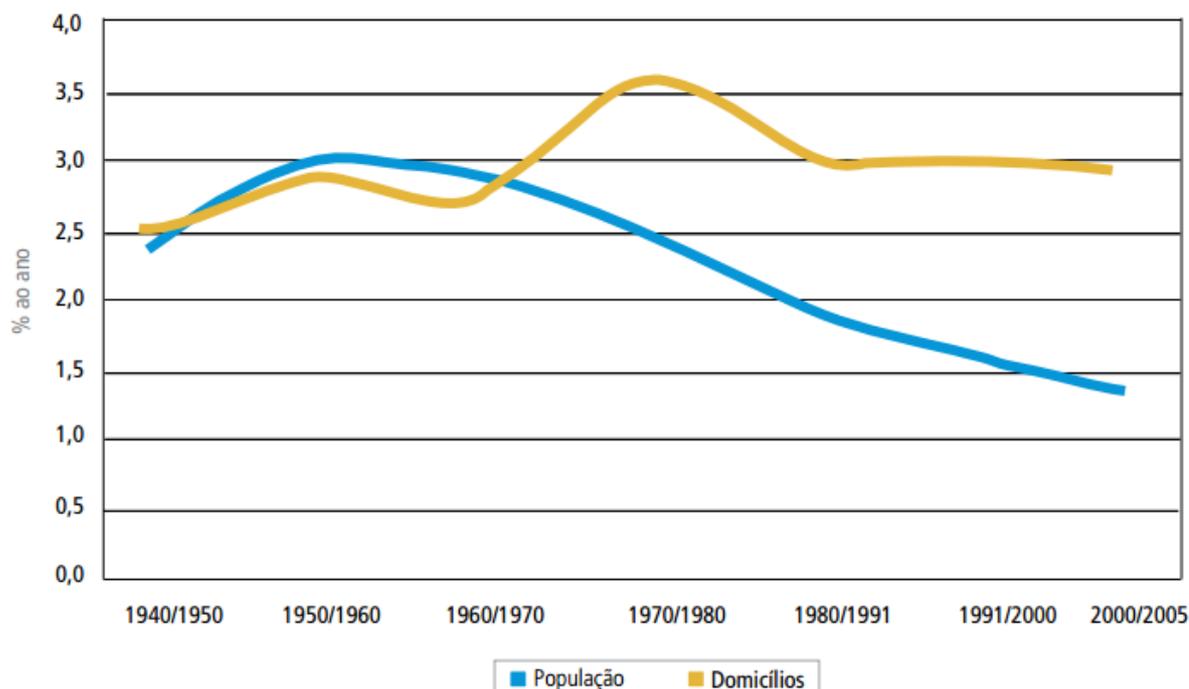
decrecente, como mostra a Figura 2.13, enquanto que a taxa de crescimento dos domicílios ser crescente durante as décadas de 60 a 80, e quase ser constante a partir da década de 80.

Figura 2.12 – Número de habitantes por domicílio (período 1940-2005)



Fonte: PNE 2030 (2007c)

Figura 2.13 – Taxa de crescimento da população e dos domicílios (período 1940-2005)



Fonte: PNE 2030 (2007c)

Na Tabela 2.1 é mostrada a distribuição dos domicílios permanentes ocupados no Brasil e nas grandes regiões. Embora a região norte tenha o menor número de unidades permanentes ocupadas, apresentou a maior variação percentual ao ano.

Tabela 2.1 - Domicílios totais permanentes ocupados (Mil), Brasil e regiões

Região/ ano	1970		2005		Variação (% ao ano)
	Mil	Participação %	Mil	Participação %	
Norte	584	3,31	3.470	6,68	5,22
Nordeste	5.141	29,16	13.101	25,23	2,71
Sudeste	7.901	44,82	23.291	44,85	3,14
Sul	3.086	17,51	8.244	15,87	2,85
Centro-Oeste	917	5,20	3.829	7,37	4,17
Brasil	17.629	100	51.935	100	3,14

Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007c)

## 2.2 Projeção do consumo final de energia no Brasil no horizonte 1970-2030

Além da análise do consumo nos anos passados, o Brasil também realiza projeções do consumo através de estudos como o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE) e o PNE 2050, este último ainda em construção.

Na Tabela 2.2, é mostrada uma das projeções do consumo final de energia elétrica no país por setor. Nota-se que o setor residencial apresenta o maior crescimento entre 2005 e 2030. Nesta projeção se considera um aumento da renda familiar e sua maior distribuição, principalmente entre a população de baixa renda, havendo crescimento na posse de equipamentos elétricos. Também se considerou uma taxa de crescimento maior de domicílios do que da população (PNE 2030, 2007d).

Tabela 2.2 – Projeção do consumo de eletricidade por setor (período 2005-2030)

Setor/ Ano	2005 (TWh)	2010 (TWh)	2020 (TWh)	2030 (TWh)	Variação ao ano (%)
Residencial	83,2	105,2	169,1	283,3	5,0
Industrial	145,1	199,8	275,2	361,5	3,7
Comercial e Público	86,2	107,3	159,6	267,3	4,6
Agropecuária e outros	16,9	19,0	26,1	38,3	3,3
Subtotal	331,4	431,3	630,0	950,4	4,3
Setor Energético	13,5	17,6	25,8	39,1	4,3
Total	344,9	448,9	655,8	989,5	4,3

Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007d)

Na Tabela 2.3 é mostrada a estrutura do consumo total de energia, por fonte, no setor residencial para o horizonte 2005-2030. O consumo de eletricidade apresenta um forte crescimento, seguido do gás natural e GLP com um crescimento moderado. As fontes como lenha, querosene e carvão vegetal tendem a ter seu consumo reduzido ao longo do tempo.

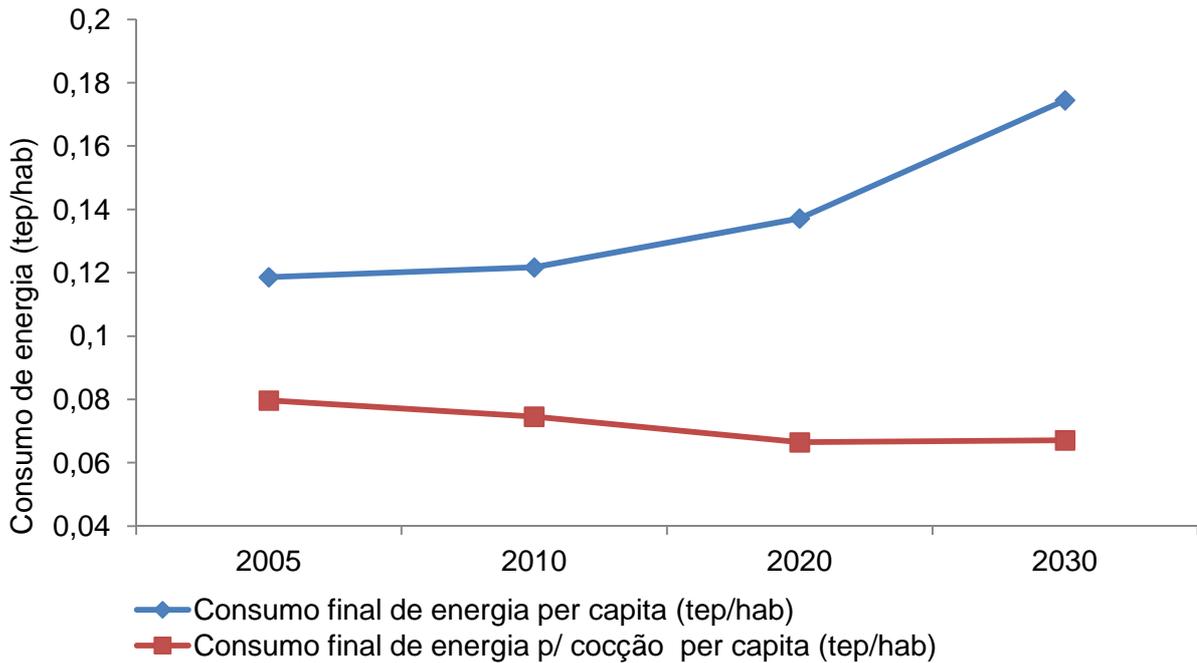
Tabela 2.3 – Estrutura do consumo total de energia no setor residencial por fonte (período 2005-2030)

Ano	2005		2010		2020		2030	
	10 <sup>3</sup> tep	%						
Lenha	8.235	37,7	7.522	31,6	5.220	17,9	4.890	12,1
GLP	5.713	26,2	6.631	27,8	8.672	29,7	10.277	25,4
Querosene	17	0,1	17	0,1	28	0,1	47	0,1
Gás natural	191	0,9	380	1,6	586	2,0	715	1,8
Eletricidade	7.155	32,8	9.062	38,0	14.560	49,8	24.385	60,3
Carvão vegetal	517	2,4	226	0,9	157	0,5	147	0,4
Total	21.828	100,0	23.838	100,0	29.223	100,0	40.461	100,0

Fonte: Adaptado de PNE2030 (2007d)

Nas Figuras 2.14 e 2.15 é mostrada a evolução, no horizonte 2005-2030, do consumo final residencial de energia e do Produto Interno Bruto, por habitante. O consumo final para cocção, mostrado nestas tabelas, considera: Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), gás canalizado, lenha, carvão vegetal e gás natural. O PIB empregado nas projeções para o horizonte 2030 foi ajustado com base no dólar americano no ano de 2005.

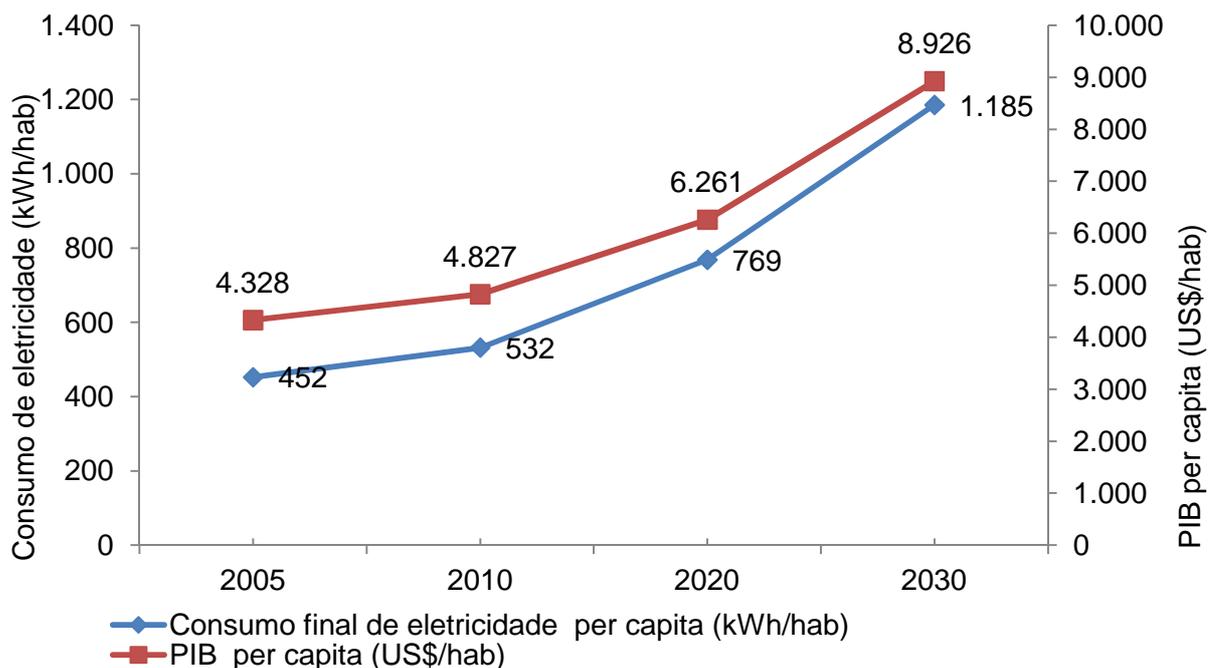
Figura 2.14 – Consumo final energético no setor residencial (período 2005-2030)



Fonte: Adaptado de PNE2030 (2007d)

Na Figura 2.15 observa-se que o Plano Nacional de Energia 2030 (2007d) estima um aumento de quase três vezes do consumo de energia elétrica de 2005 para 2030.

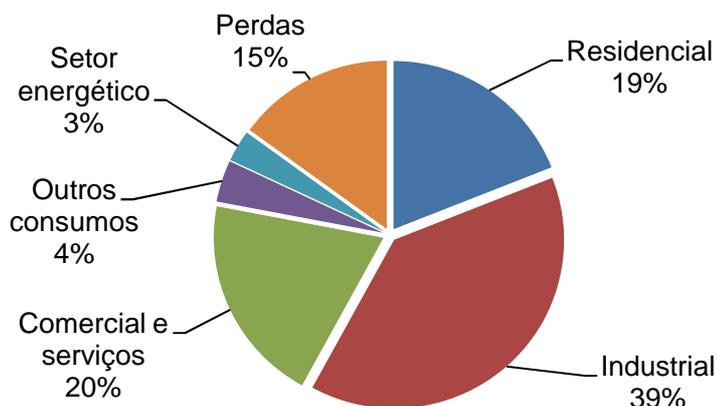
Figura 2.15 – Consumo residencial de energia elétrica e do PIB (período 2005-2030)



Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007d)

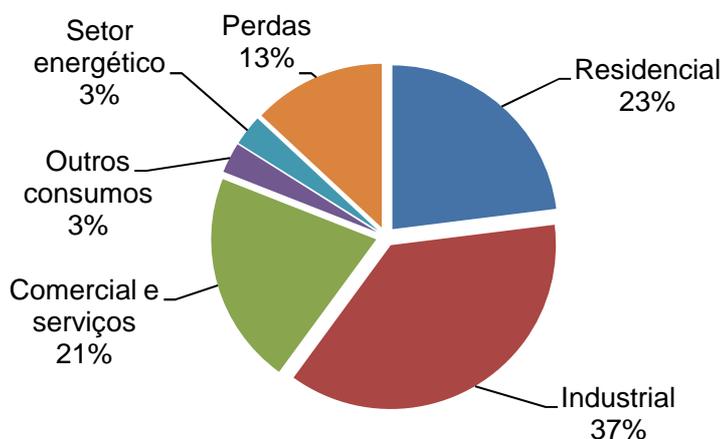
Nas Figuras 2.16 e 2.17 é mostrada a estrutura do consumo de eletricidade em 2005 e em 2030, respectivamente. Enquanto o consumo industrial reduziu, o consumo residencial foi o que mais aumentou.

Figura 2.16 – Estrutura do consumo de eletricidade em 2005



Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007d)

Figura 2.17 – Estrutura do consumo de eletricidade em 2030



Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007d)

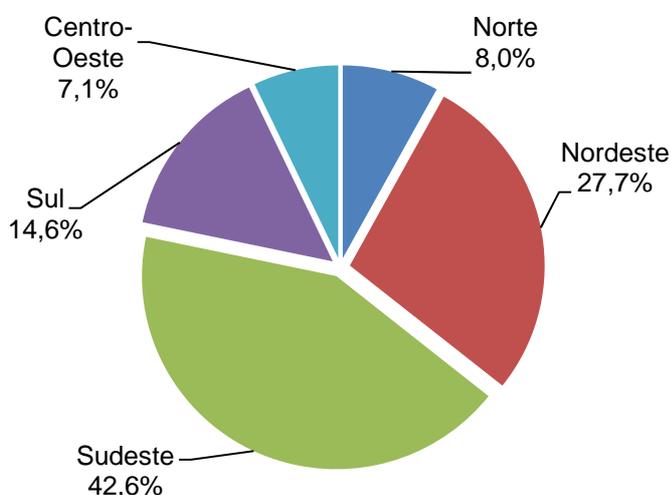
Na Tabela 2.4 é mostrada a projeção da população total residente e desagregada por região geográfica. As regiões norte e centro-oeste têm uma tendência de crescimento acima do estimado para as demais regiões e Brasil. Nas Figuras 2.18 e 2.19 é apresentada a projeção da distribuição espacial da população residente no país em percentual.

Tabela 2.4 – Projeção total da população residente no Brasil e regiões geográficas (período 2005-2030)

Região/ano	2005	2010	2015	2020	2025	2030
	(mil habitantes)					
Norte	14.859	16.430	17.870	19.185	20.398	21.492
Nordeste	51.313	54.179	56.808	59.208	61.427	63.427
Sudeste	79.014	84.306	89.158	93.589	97.678	101.363
Sul	27.140	28.770	30.264	31.628	32.887	34.020
Centro-Oeste	13.144	14.353	15.461	16.473	17.408	18.249
Brasil	185.472	198.040	209.563	220.085	229.800	238.554

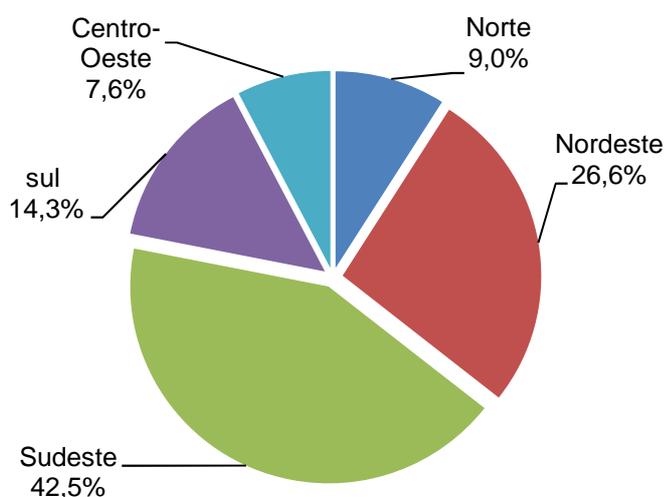
Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007d)

Figura 2.18 – População total residente por região em 2005



Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007d)

Figura 2.19 – População total residente por região em 2030



Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007d)

Na Tabela 2.5 é apresentada a projeção do número de domicílios permanentes ocupados no Brasil e regiões para o horizonte 2005-2030. O número de domicílios considerados é o de permanentes e ocupados, pois estes influenciam na contagem de residências com acesso à rede elétrica, enquanto outros que são domicílios fechados ou ocasionalmente ocupados têm menos impacto no consumo de eletricidade (PNE 2030, 2007d). Pela Tabela 2.5 as regiões com o maior aumento no número de domicílios em 2030 são a norte e a centro-oeste, sendo que o crescimento do número de domicílios dessas regiões foi maior do que no Brasil.

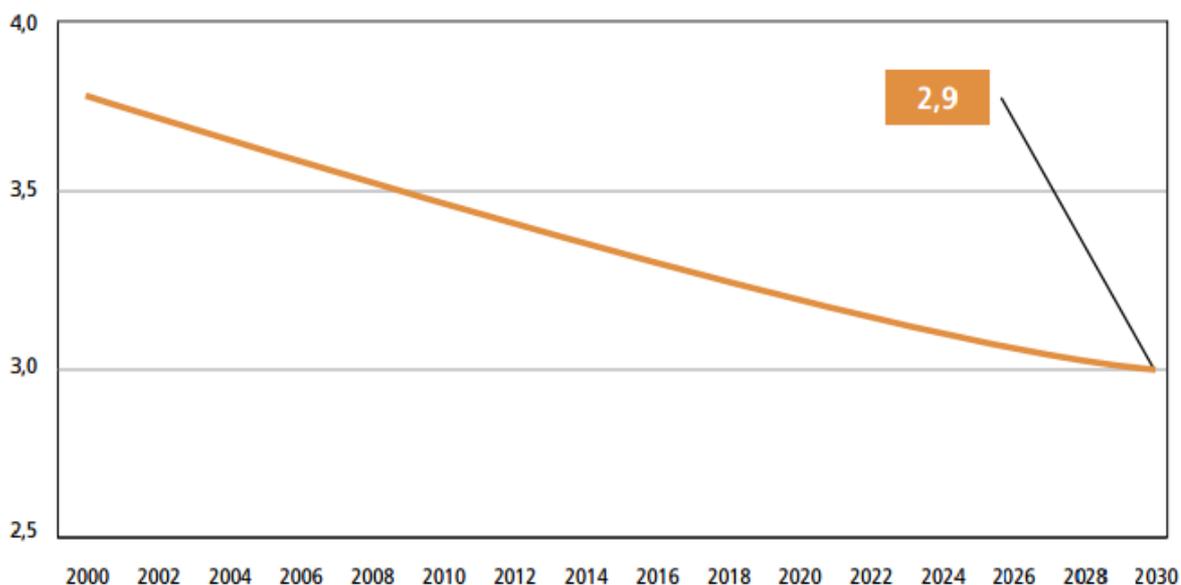
Tabela 2.5 – Projeção do número total de domicílios permanentes ocupados no Brasil e por região geográfica (período 2005-2030)

Região/ano	2005	2010	2015	2020	2025	2030
	(mil domicílios)					
Norte	3.379	3.895	4.410	4.921	5.430	5.929
Nordeste	12.748	13.973	15.187	16.385	17.571	18.728
Sudeste	23.227	26.004	28.801	31.602	34.410	37.182
Sul	8.282	9.307	10.348	11.394	12.446	13.484
Centro-Oeste	3.768	4.329	4.889	5.442	5.987	6.513
Brasil	51.406	57.511	63.637	69.746	75.846	81.837

Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007d)

Na Figura 2.20 é mostrada a relação habitante por domicílio, projetada no horizonte 2005-2030, para o Brasil. A tendência é que se tenham menos habitantes por domicílio no decorrer dos anos, principalmente devido ao aumento do número de domicílios permanentes.

Figura 2.20 – Relação habitante por domicílio no Brasil (período 2000-2030)



Fonte: PNE 2030 (2007d)

O PNE 2030 também fez estimativas do consumo de energia elétrica no setor residencial por cenários de desenvolvimento econômico e social do Brasil. Nestes cenários são considerados fatores sociais como densidade demográfica regional, tipo e posse de equipamentos elétricos nos domicílios, e fatores socioeconômicos como desenvolvimento de certas indústrias ou setores econômicos e política nacional para transporte. Também são considerados fatores puramente econômicos, como mudança de preço de combustível fóssil, e fatores tecnológicos, como melhorias na eficiência de equipamentos, inserção de novas tecnologias e formas de energia no mercado (PNE 2030, 2007d).

Os quatro principais cenários de desenvolvimento econômico e social, em ordem do mais promissor para o menos promissor, das estimativas realizadas pelo PNE 2030 são:

Cenário A: é o cenário de mais elevado nível de desenvolvimento econômico e social, marcado por uma gestão macroeconômica mais eficaz. Neste cenário destaca-se a melhor distribuição de renda e aumento do poder aquisitivo da população;

Cenário B1: neste cenário o país tem um crescimento econômico superior ao crescimento moderado da economia mundial. Contudo, o processo de consolidação da estabilidade macroeconômica é mais longo. A desigualdade sócio-regional avança modestamente, mas com uma pequena melhoria no quadro de instabilidade

social. Neste cenário, o crédito é limitado tanto para a população quanto para o parque produtivo;

Cenário B2: neste cenário o crescimento do país é proporcional ao do cenário mundial. Marcado por uma gestão microeconômica não muito eficiente, e conseqüentemente uma gestão macroeconômica turbulenta. Também há um baixo desenvolvimento tecnológico e um mercado de crédito de difícil acesso, gerando baixo consumo e baixa produtividade. Este cenário tem um quadro social pouco estável e não apresenta melhoras em relação à desigualdade social;

Cenário C: neste cenário o crescimento da economia mundial é baixo, e o crescimento do Brasil é no máximo igual à média mundial. Este cenário é marcado por más condições da infraestrutura do país, pela falta de investimento em todos os setores da economia e por um quadro de crédito escasso e caro, impedindo qualquer processo de modernização do parque produtivo nacional. A desigualdade sócio-regional é muito elevada, marcada pela histórica má distribuição de renda e concentração regional de crescimento.

Na Tabela 2.6 é mostrada a participação percentual do setor residencial na demanda total de energia do Brasil em 2005 e sua projeção para 2030. Na Tabela 2.6 também é indicada a participação percentual do setor residencial na demanda de energia elétrica do país.

Tabela 2.6 – Participação percentual do setor residencial na demanda de energia total e de energia elétrica do Brasil (período 2005-2030)

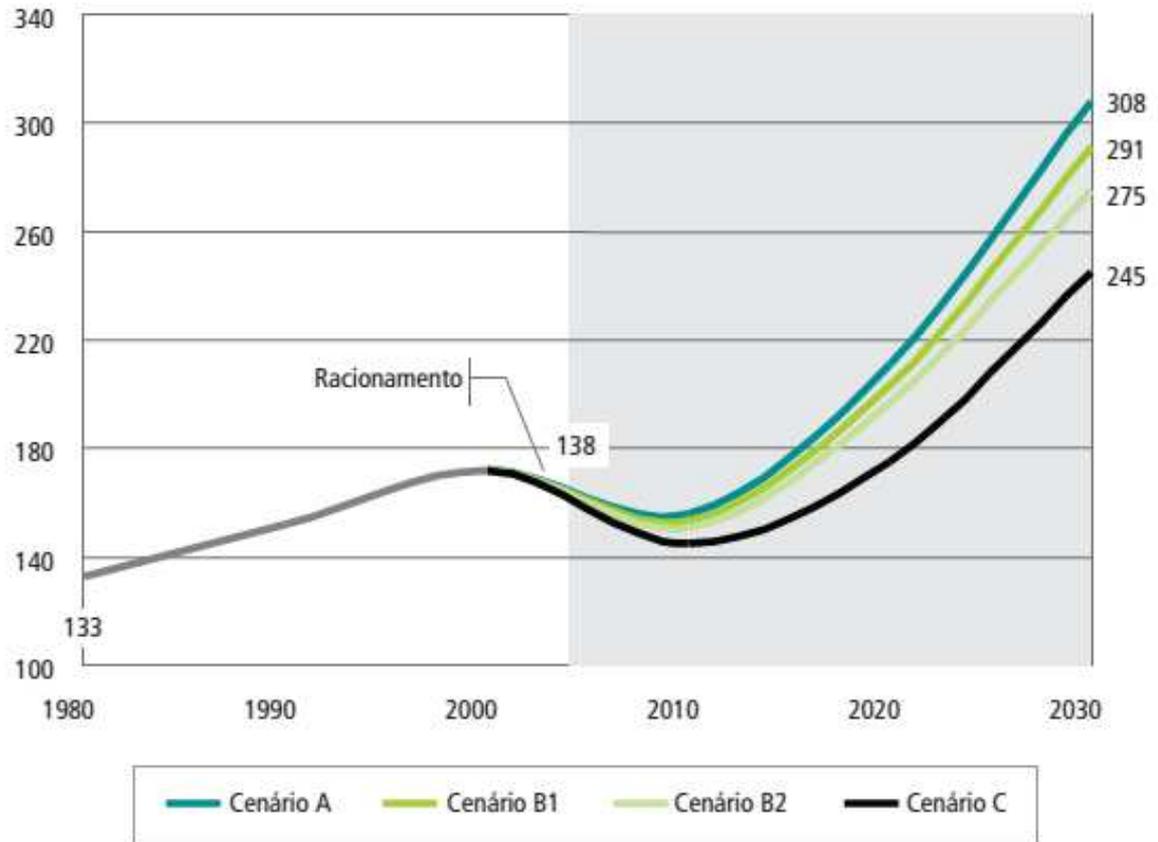
Ano/cenário	2005		2030	
	Energia total	Energia elétrica	Energia total	Energia elétrica
	Percentual de participação (%)			
Cenário A	13,2	22,6	8,9	24,3
Cenário B1	13,2	22,6	10,2	27,3
Cenário B2	13,2	22,6	12,1	28,7
Cenário C	13,2	22,6	12,8	28,4

Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007d)

Na Figura 2.21 é apresentado o comportamento previsto para o consumo médio residencial de eletricidade para os quatro principais cenários considerados pelo PNE 2030. Embora se observe um aumento para todos os cenários, os valores

projetados do consumo médio residencial são muito baixos em relação aos padrões internacionais (PNE 2030, 2007a).

Figura 2.21 – Evolução do consumo residencial médio por cenário no período 1980-2030 (kWh/domicílio/mês)



Fonte: PNE 2030 (2007a)

### 3 PESQUISAS BRASILEIRAS SOBRE USO FINAL DE ENERGIA

Neste capítulo são mostradas pesquisas de instituições brasileiras sobre o uso final de energia para o aquecimento de água. As principais instituições subsidiadas pelo governo brasileiro, e únicas a fazer este tipo de pesquisa até o presente momento, são o IBGE e a Eletrobras/Procel. Existe uma diversidade de publicações que utilizam estas pesquisas como fonte de levantamento de dados.

#### 3.1 Pesquisa de Orçamentos Familiares

A Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) é realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A pesquisa visa investigar os orçamentos familiares e apurar as condições da família brasileira. Uma das variáveis desta pesquisa é a caracterização dos domicílios, onde são levantados os hábitos de consumo da população. Na pesquisa, além de características econômico-financeiras, são consideradas características socioambientais. No âmbito ambiental, sobre a temática de consumo de energia no Brasil, um dos indicadores levantados no ano de 2008 foram as principais fontes de aquecimento de água residencial (IBGE CES, 2015; IBGE INDICADORES, 2015).

A variável da pesquisa do POF, “aquecimento de água”, foi considerada somente na ocorrência de 2008-2009. A pesquisa é chamada oficialmente de POF 2008-2009, pois o ano base de coleta de dados foi em 2008, e sua publicação foi no ano de 2009 (IBGE INDICADORES, 2015).

Ao todo, foram realizadas quatro pesquisas até o ano de 2015. A primeira POF foi realizada em 1987-1988. A pesquisa analisada neste trabalho é a quinta e mais recente pesquisa do IBGE sobre orçamento familiar (POF 2008-2009). A periodicidade da coleta é eventual, porém a expectativa é que estas pesquisas sejam realizadas a cada cinco anos. A cada nova pesquisa são incluídos novos indicadores (IBGE METADADOS, 2015; IBGE SIDRA, 2015).

As informações sobre aquecimento de água, da Pesquisa de Orçamento Familiar, são somente de domicílios particulares permanentes. A pesquisa é realizada a partir de questionário. Portanto, não há relações de consumo em unidades de energia por hora e fonte de energia. As variáveis do questionário são aquecimento de água por energia elétrica (chuveiros), aquecimento a gás (indica se

o gás é encanado ou de botijão), e aquecimento por meio de energia solar. O questionário também apresenta a opção “outra forma de aquecimento”, onde se indicam as formas diferenciadas de energia para aquecimento de água. Exemplos desta opção são: querosene, álcool, gerador próprio, etc. (IBGE BME, 2015; IBGE CES, 2015).

A Pesquisa de Orçamentos Familiares, uma das mais onerosas do IBGE, encontra-se defasada e sem perspectiva de próxima ocorrência. O IBGE adiou a pesquisa prevista para 2014 e informou que não há previsão de nova ocorrência, uma vez que houve um congestionamento de recursos do orçamento da União (ECONOMIA, 2015).

As classificações para o aquecimento de água do POF 2008/2009, conforme questionário aplicado (POF, 2008), são:

Energia elétrica: aquecimento de água através da rede geral de energia elétrica (caso do chuveiro elétrico);

Gás: Aquecimento da água através da utilização de gás (seja encanado ou de botijão);

Energia solar: aquecimento da água através da captação de energia solar;

Lenha/Carvão: aquecimento da água por meio da utilização de lenha ou carvão;

Outra forma: aquecimento de água realizado de outra forma, que não sejam as anteriores. Por exemplo: uso de querosene, álcool, gerador, etc.;

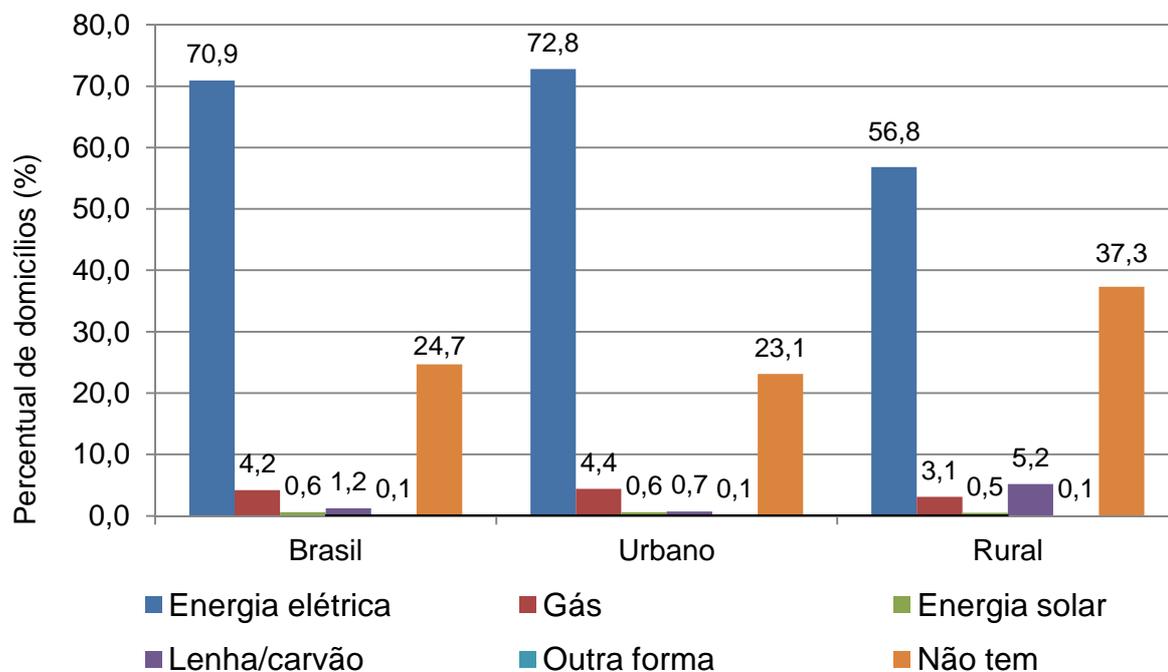
Não tem: quando não há forma alguma de aquecimento de água canalizada no domicílio, ou quando o domicílio não possui água canalizada.

Segundo IBGE (2012), o indicador aquecimento de água (características dos domicílios) da POF 2008/2009, mostrou o percentual de domicílios por fonte de aquecimento de água no período base 2008-2009. O percentual de domicílios por fonte de aquecimento de água do Brasil, e por local “Urbano” e “Rural”, é mostrado na Figura 3.1.

Na Figura 3.1 é perceptível a discrepância entre os percentuais de fonte de aquecimento da água no cenário “Brasil”, “Rural” e “Urbano”. A maior fonte de aquecimento de água no Brasil é a energia elétrica. A segunda maior fonte, ainda que em pequeno percentual, é o gás. As fontes: lenha/carvão e energia solar têm uma participação muito baixa como fonte de aquecimento de água. Outras fontes de energia, como querosene e álcool, representam menos de 0,5% do cenário nacional.

É notório que em quase 25,0% do país não há aquecimento de água canalizada – ou muitas vezes não há sistema de água encanada.

Figura 3.1 – Percentual de domicílios particulares permanentes por fonte de aquecimento de água no Brasil (ano 2008)



Fonte: Adaptado de IBGE (2012)

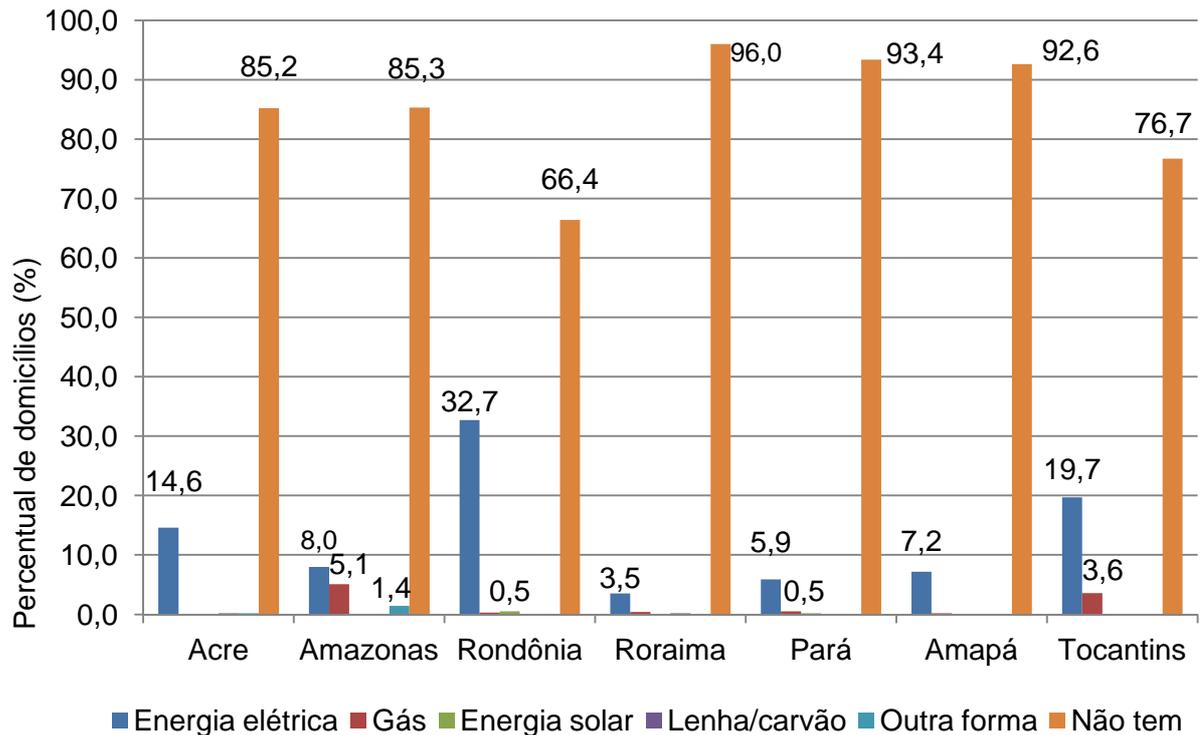
Os percentuais de fonte de aquecimento de água no meio urbano e rural refletem as características do Brasil. Exceto pela considerável participação, de 5,0%, do consumo de lenha/carvão no meio rural, em contraste com a baixa participação de 1,2% no meio urbano. Outra característica observada no meio rural é o grande percentual de domicílios sem aquecimento de água (ou sem água canalizada). Este percentual tem participação de 24,7% no Brasil, e quase 40,0% na zona rural. Os diferentes percentuais entre o meio urbano e rural mostram a defasada implantação de saneamento básico e de energia à população rural.

Nas Figuras 3.2 a 3.6 é mostrado o percentual de domicílios particulares permanentes com água encanada por fonte de aquecimento em todos os estados da federação, agrupados por região (IBGE ESTADOS, 2015).

Na Figura 3.2 é mostrado o percentual de domicílios particulares permanentes com água encanada por fonte de aquecimento nos estados da região norte. Observa-se que todos os estados apresentam um grande déficit no percentual de domicílios com água aquecida e ou encanada. Os estados de Roraima e Pará

atingem os piores percentuais, chegando a 96,0 e 93,4%, respectivamente, de domicílios sem água aquecida. Rondônia foi o estado com melhor resultado, com aproximadamente 33,0% da população com aquecimento de água, o que ainda é muito baixo (IBGE ESTADOS, 2015).

Figura 3.2 – Percentual de domicílios com água encanada por fonte de aquecimento nos estados da região norte (ano 2008)



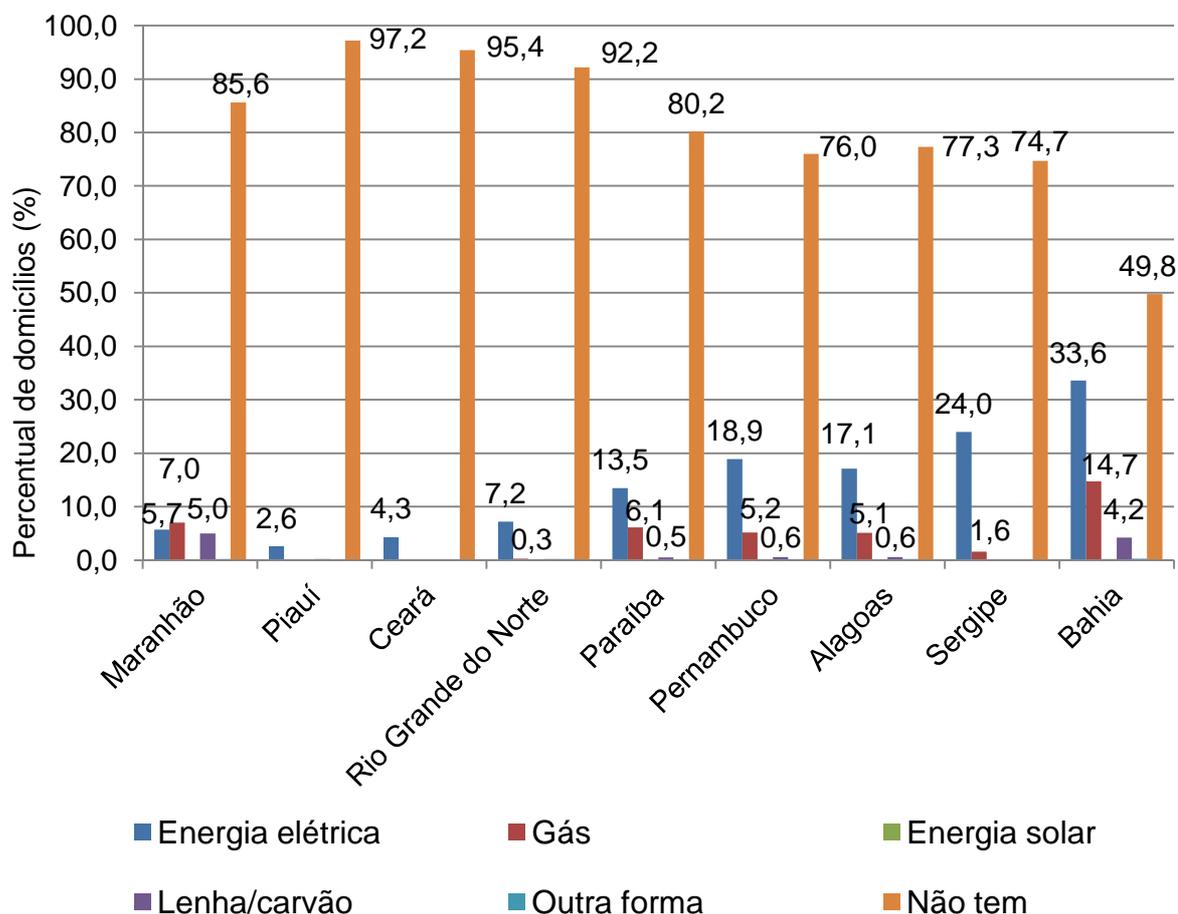
Fonte: Adaptado de IBGE Estados (2015)

Sobre a distribuição do tipo de fonte de energia, nas residências com água aquecida, se segue a tendência do Brasil, ou seja, maior percentual de energia elétrica, seguido de gás. A energia solar, carvão/lenha e outras formas possuem um percentual muito baixo de participação, menor que 0,5%, ao ponto de não serem visíveis no gráfico.

Na Figura 3.3 é mostrado o quadro de fontes de energia para aquecimento de água no nordeste do país. A situação é mais grave. A região nordeste possui o maior número de estados da federação, e todos os estados atingem altos percentuais de domicílios sem aquecimento de água. E, nos domicílios com aquecimento de água, a região nordeste segue a mesma tendência que todo o País. Contudo, vale ressaltar que o uso de gás e lenha/carvão é maior do que na maioria

dos estados. No caso do gás, o nordeste é a região que mais aquece água em domicílios permanentes com energia proveniente da combustão de gás.

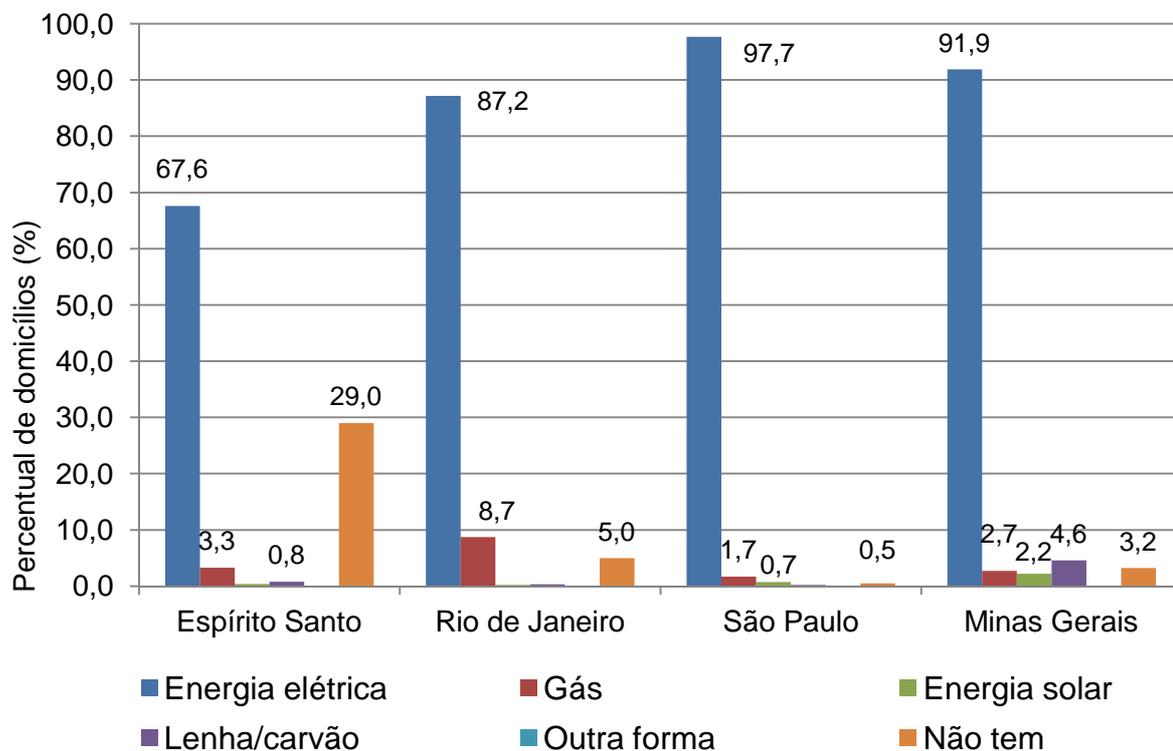
Figura 3.3 – Percentual de domicílios com água encanada por fonte de aquecimento nos estados da região nordeste (ano 2008)



Fonte: Adaptado de IBGE Estados (2015)

Na Figura 3.4 se observa a grande mudança nos percentuais de residências com alguma forma de aquecimento de água; representa a região sudeste, sendo que a mesma tendência se aplica ao centro-oeste e sul. No sudeste é notório que o percentual de domicílios sem aquecimento de água é baixo, exceto para o Espírito Santo, onde é de 29,0%. Minas Gerais é o estado com maior consumo de lenha/carvão da região e do Brasil. Minas Gerais também é o estado com maior uso de energia solar no aquecimento de água. O sudeste é uma das regiões com maior aproveitamento da energia solar para o fim de aquecimento de água.

Figura 3.4 – Percentual de domicílios com água por fonte de aquecimento nos estados da região sudeste (ano 2008)

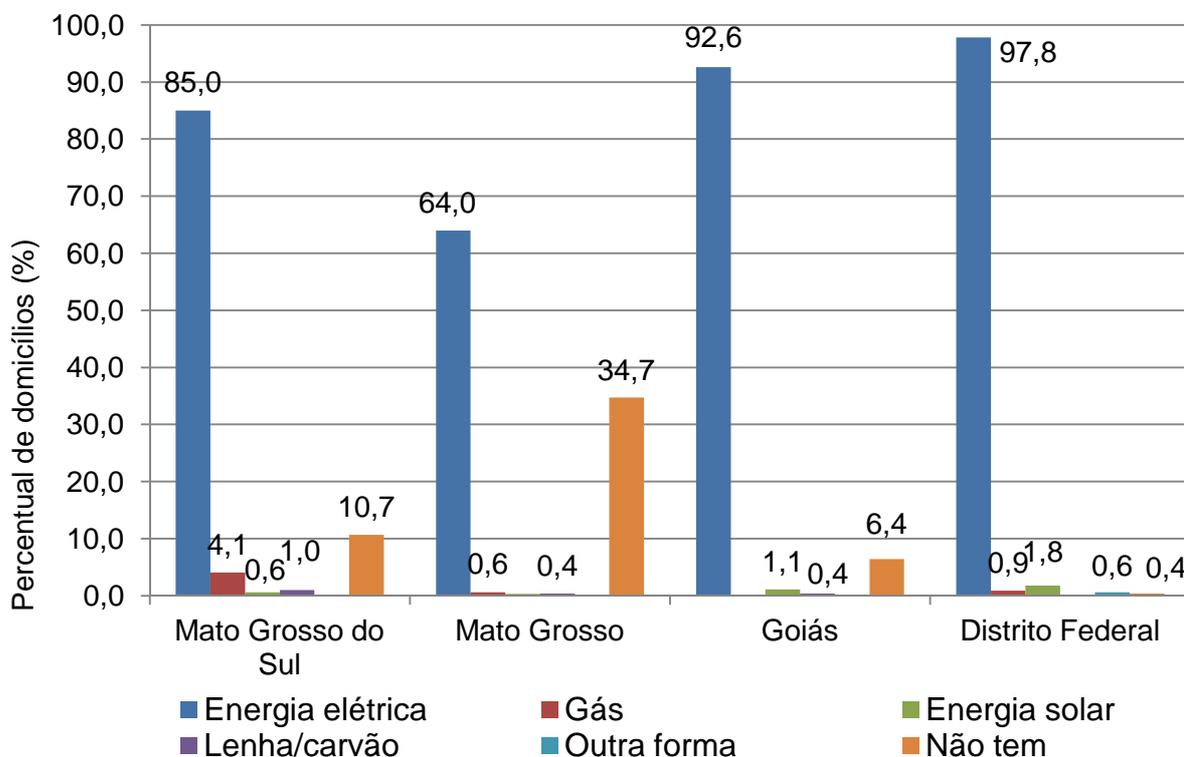


Fonte: Adaptado de IBGE Estados (2015)

A Figura 3.5 mostra a configuração do quadro de aquecimento de água por tipo de energia na região centro-oeste. A caracterização do consumo de energia por tipo de fonte segue as tendências nacionais. É importante notar que esta região possui um dos menores percentuais de emprego de lenha/carvão, e um dos maiores percentuais de uso da energia solar no aquecimento de água.

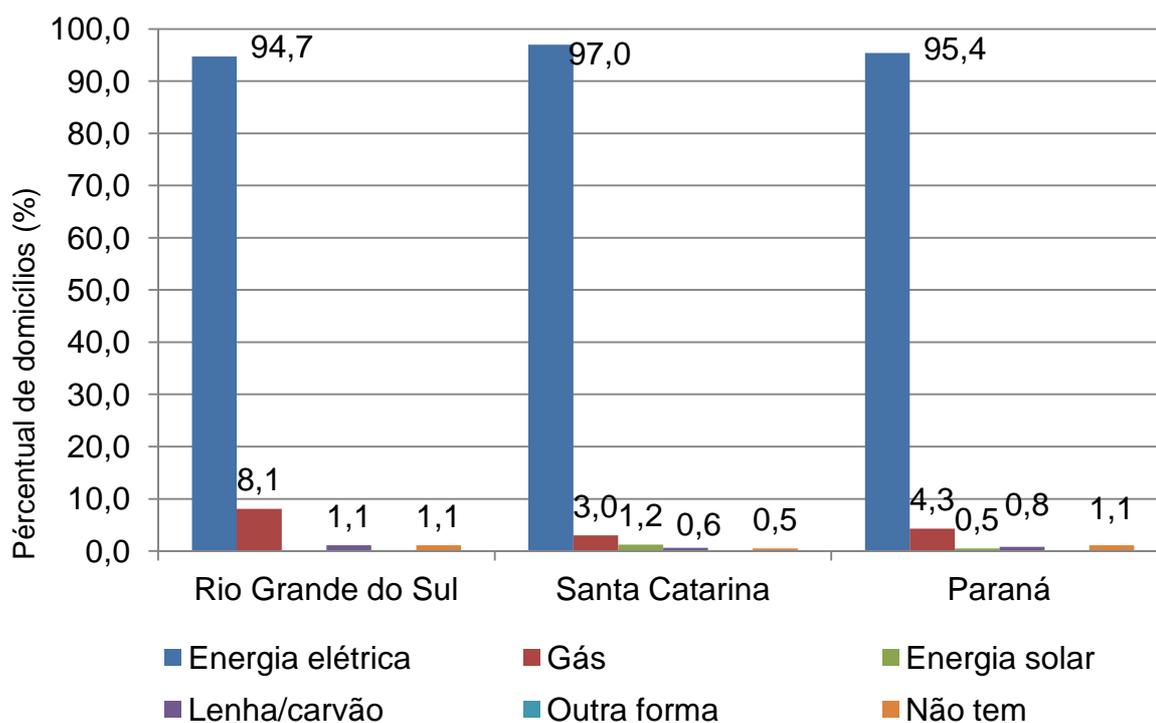
Na Figura 3.6, observa-se que no sul do Brasil todos os estados possuem baixos percentuais de domicílios sem fonte de aquecimento de água. Os três estados seguem a tendência nacional de distribuição do tipo de fonte de aquecimento de água. O sul apresenta os maiores percentuais de aquecimento de água por energia elétrica.

Figura 3.5 – Percentual de domicílios com água por fonte de aquecimento nos estados da região centro-oeste (ano 2008)



Fonte: Adaptado de IBGE Estados (2015)

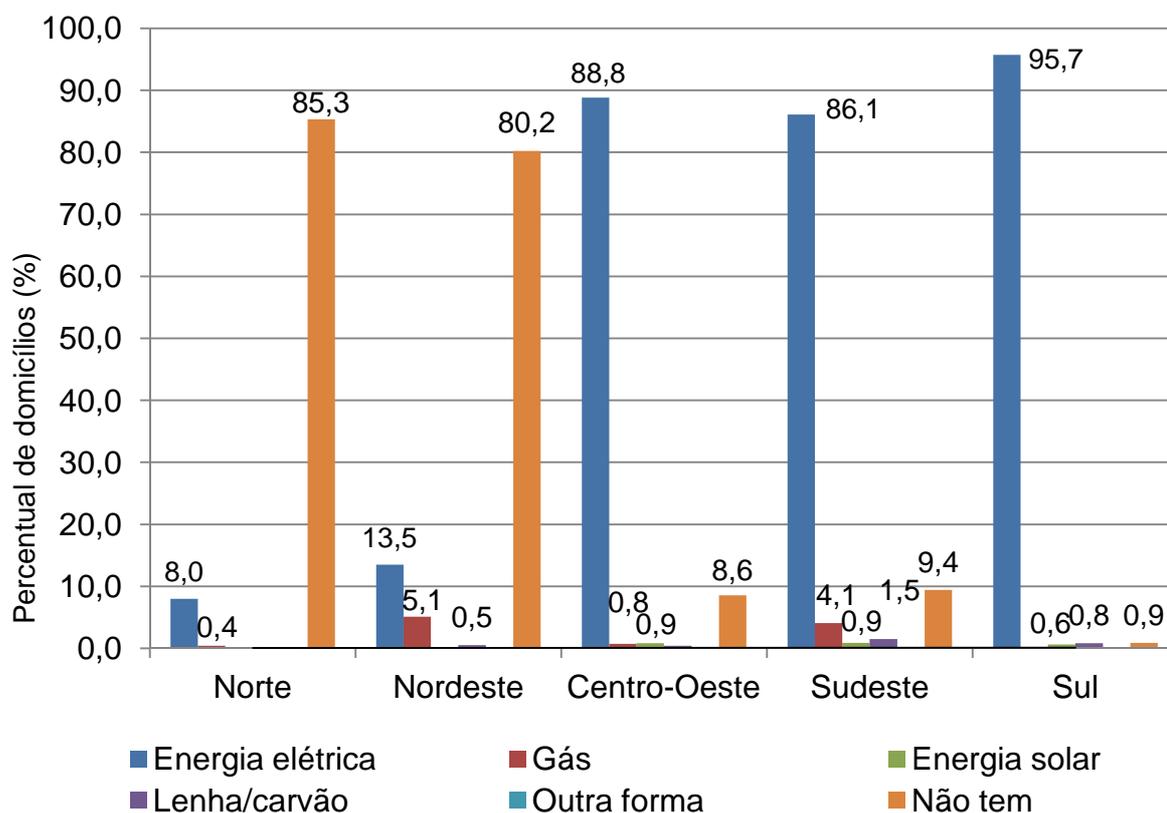
Figura 3.6 – Percentual de domicílios com água encanada por fonte de aquecimento nos estados da região sul (ano 2008)



Fonte: Adaptado de IBGE Estados (2015)

Na Figura 3.7, é mostrada a média do percentual de domicílios particulares permanentes com água encanada por fonte de aquecimento nas regiões do Brasil. É visível a discrepância de valores nos percentuais analisados do norte ao sul do país. As regiões norte e nordeste apresentam o pior quadro, com os maiores números de domicílios sem água aquecida por qualquer fonte. Por outro lado, as regiões do centro ao sul do país mostram um grande aumento do percentual de domicílios com água aquecida, sendo energia elétrica a fonte predominante. As regiões sudeste e centro-oeste apresentam o maior percentual de água aquecida por energia solar, seguidas pelo sul do país.

Figura 3.7 – Percentual médio de domicílios com água encanada por fonte de aquecimento de água nas regiões do Brasil (ano 2008)



Fonte: Adaptado de IBGE Estados (2015)

### 3.2 Pesquisa Nacional por Amostra em Domicílios

A Pesquisa Nacional por Amostra em Domicílios – PNAD tem por objetivo o levantamento de informações essenciais para o estudo do desenvolvimento socioeconômico do Brasil. O PNAD coleta informações anuais sobre características

demográficas e socioeconômicas da população, como: educação, trabalho, rendimento e características dos domicílios, entre outros. De acordo com os manuais e resultados do PNAD, somente as pesquisas de 1977 e 1988 incluíram tópicos sobre aquecimento de água no país (PNAD, 2015a; PNAD, 2013).

O PNAD iniciou em 1967, teve algumas interrupções, mas retornou na década de 70. As pesquisas do IBGE são disponibilizadas no banco de dados SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática), e na Biblioteca *online* do IBGE. No banco de dados SIDRA são disponibilizadas as pesquisas de 2001 a 2013. Na Biblioteca *online* estão disponibilizados para consulta somente o PNAD de 1988 e o PNAD de 1977 (ATLAS, 2015; PNAD, 2015b).

O PNAD de 1977 dividiu o Brasil em sete regiões socioeconômicas (PNAD, 1979), as quais são:

- I – Rio de Janeiro;
- II – São Paulo;
- III – Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul;
- IV – Minas Gerais e Espírito Santo;
- V – Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia;
- VI – Distrito Federal;
- VII – Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará, Amapá, Mato Grosso e Goiás.

Das sete regiões listadas, a Biblioteca do IBGE somente disponibiliza *online* os resultados das regiões I, da Metrópole de Porto Alegre (pertencente à região III) e da região VII do PNAD de 1977 (IBGE BIBLIOTECA, 2015; PNAD, 1980a).

De acordo com o manual do PNAD (1977), as indagações acerca do aquecimento de água, no campo características do domicílio do PNAD de 1977, são sobre o tipo de chuveiro:

Gás: chuveiro ligado a um aquecedor a gás, do domicílio ou central – incluindo aquecimento a carvão e lenha;

Elétrico: chuveiro elétrico ou ligado a um boiler, do domicílio ou central;

Somente frio: quando houver chuveiro, mas sem sistema de aquecimento;

Não tem: quando o domicílio não possuir chuveiro de qualquer espécie.

Contudo, nos resultados disponibilizados na Biblioteca do IGBGE somente consta o levantamento da informação se havia ou não chuveiro nos domicílios, sem mais detalhes como previsto no manual (PNAD, 1979).

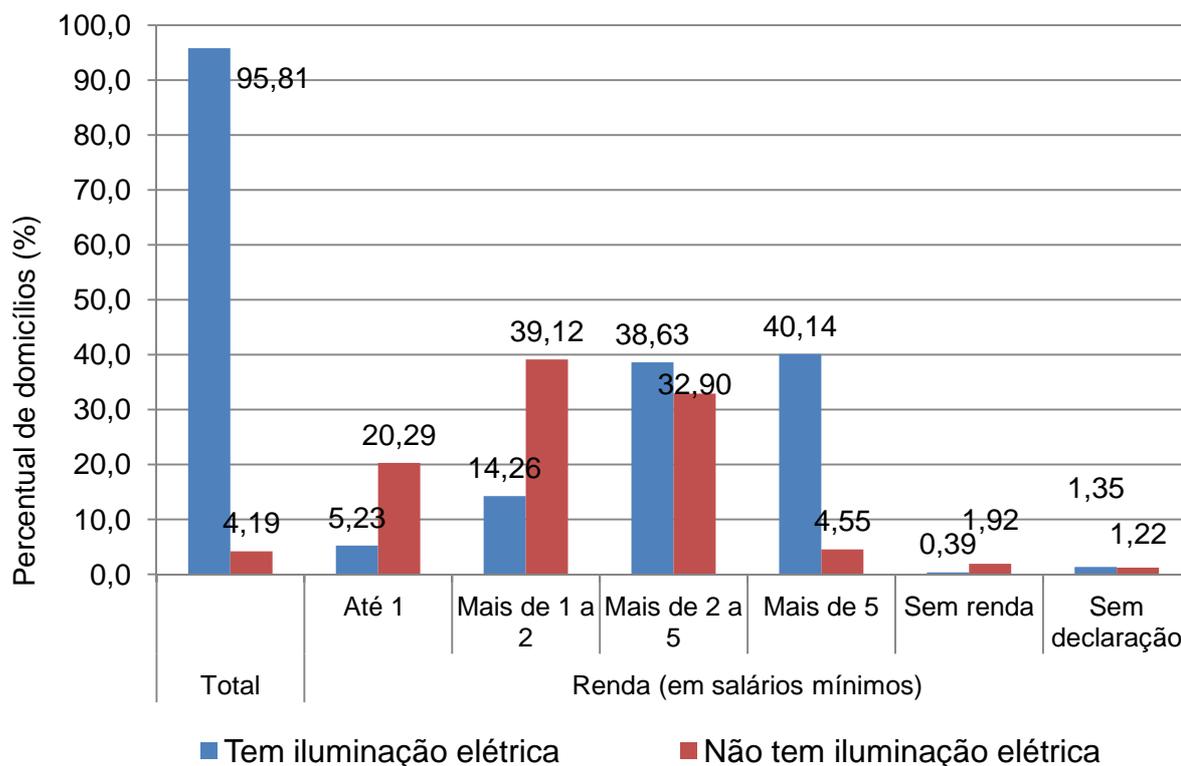
No PNAD de 1977 além do levantamento acerca do aquecimento de água, se pesquisou outras condições do domicílio: abastecimento de água, instalação sanitária, equipamentos elétricos, iluminação elétrica, entre outros. Para a região VII não foram encontrados resultados sobre aquecimento de água, somente para região I e para Área Metropolitana de Porto Alegre (PNAD, 1980b).

Na Figura 3.8 observa-se que a maior parte dos domicílios da região I (cidades da Metrôpole do Rio de Janeiro) possuía iluminação elétrica, com apenas cerca de 4% sem energia. Também nota-se que a maior participação dos domicílios com iluminação está concentrada nas famílias com renda mensal maior que dois e que cinco salários mínimos.

A maior participação dos domicílios sem iluminação elétrica foi verificada para as famílias com os menores rendimentos (até um, mais de um a dois, e mais de dois a cinco salários mínimos). O salário mínimo vigente em 1977 era de Cr\$ 1.106,40 (unidade monetária em Cruzeiro).

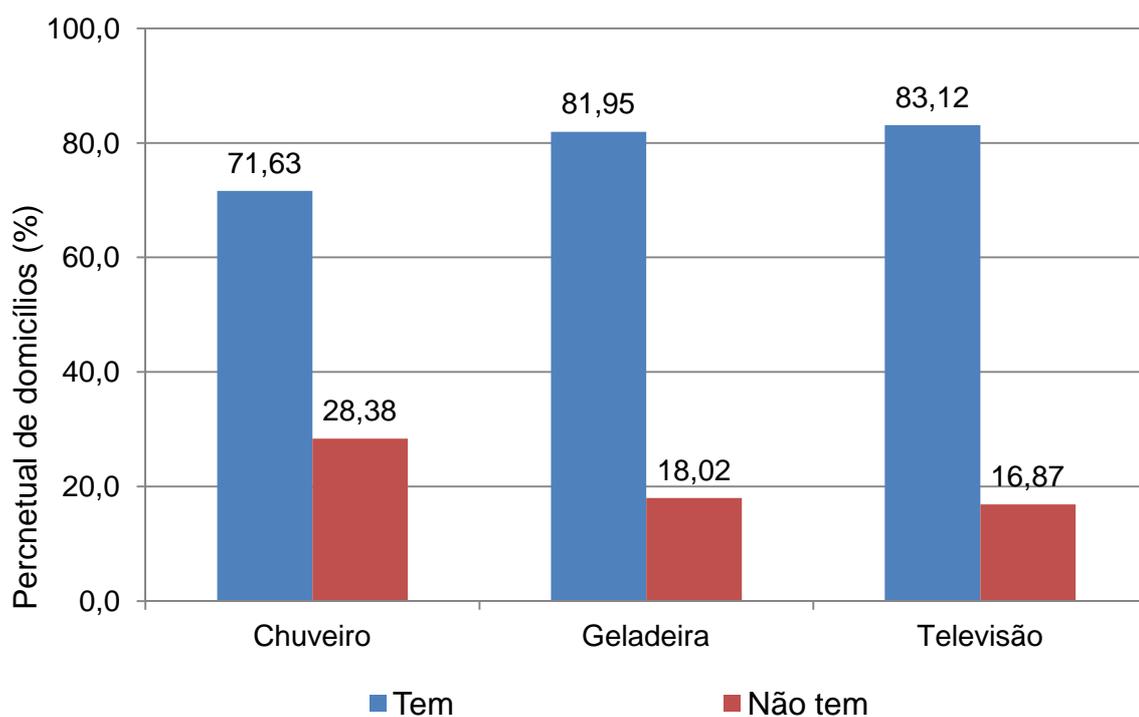
Na Figura 3.9, onde são apresentados alguns dos principais bens duráveis encontrados nos domicílios, observa-se que o bem de maior posse é o chuveiro, seguido da geladeira. Na Figura 3.10, onde é mostrada a posse de chuveiro por renda mensal dos domicílios, verifica-se que quanto maior é a renda mensal da faixa analisada maior é o percentual de domicílios com chuveiro. A participação dos domicílios sem chuveiro segue uma tendência semelhante ao dos com chuveiro. Contudo, para até mais de dois a cinco salários mínimos a participação de domicílios sem chuveiro é maior. Para mais de cinco salários mínimos há uma concentração de aproximadamente 50,0% dos domicílios com chuveiro, em contraste aos 11,0% sem chuveiro.

Figura 3.8 – Percentual de domicílios com iluminação elétrica por renda mensal (por domicílio) na região I (ano 1977)



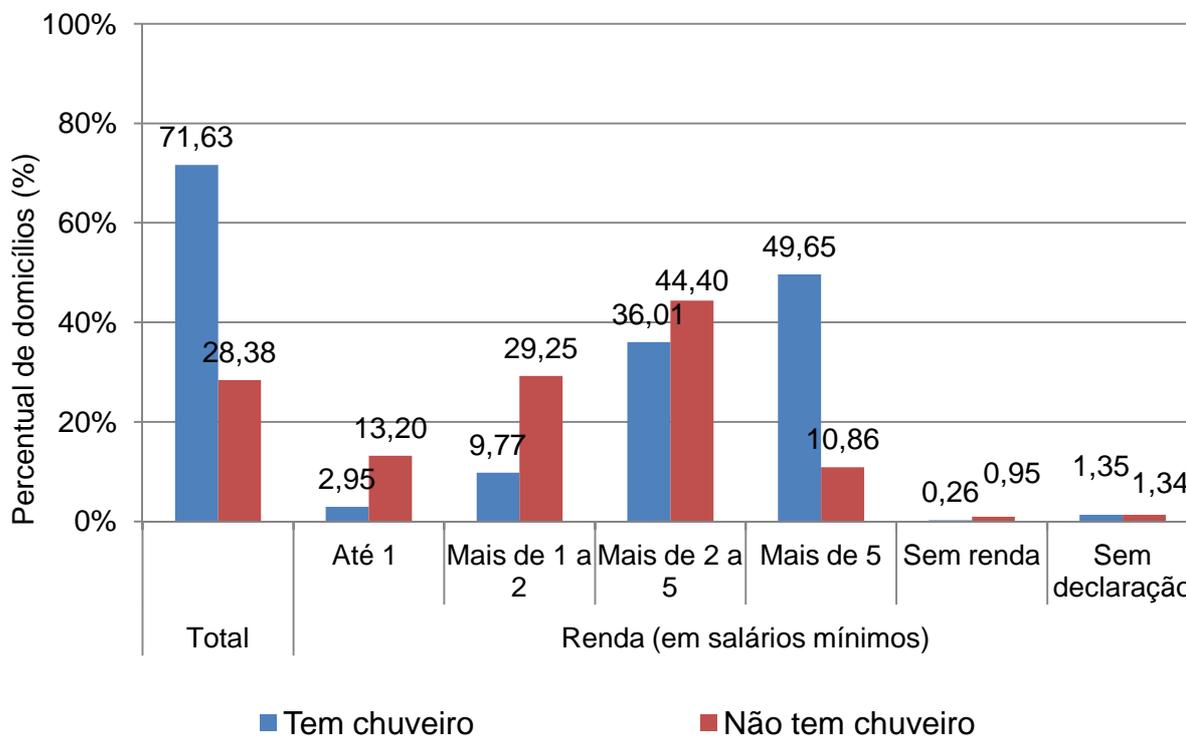
Fonte: Adaptado de PNAD (1980b)

Figura 3.9 – Percentual de domicílios com posse de alguns bens duráveis na região I (ano 1977)



Fonte: Adaptado de PNAD (1980b)

Figura 3.10 – Percentual de domicílios com posse de chuveiro elétrico por renda mensal (por domicílio), região I (ano 1977)



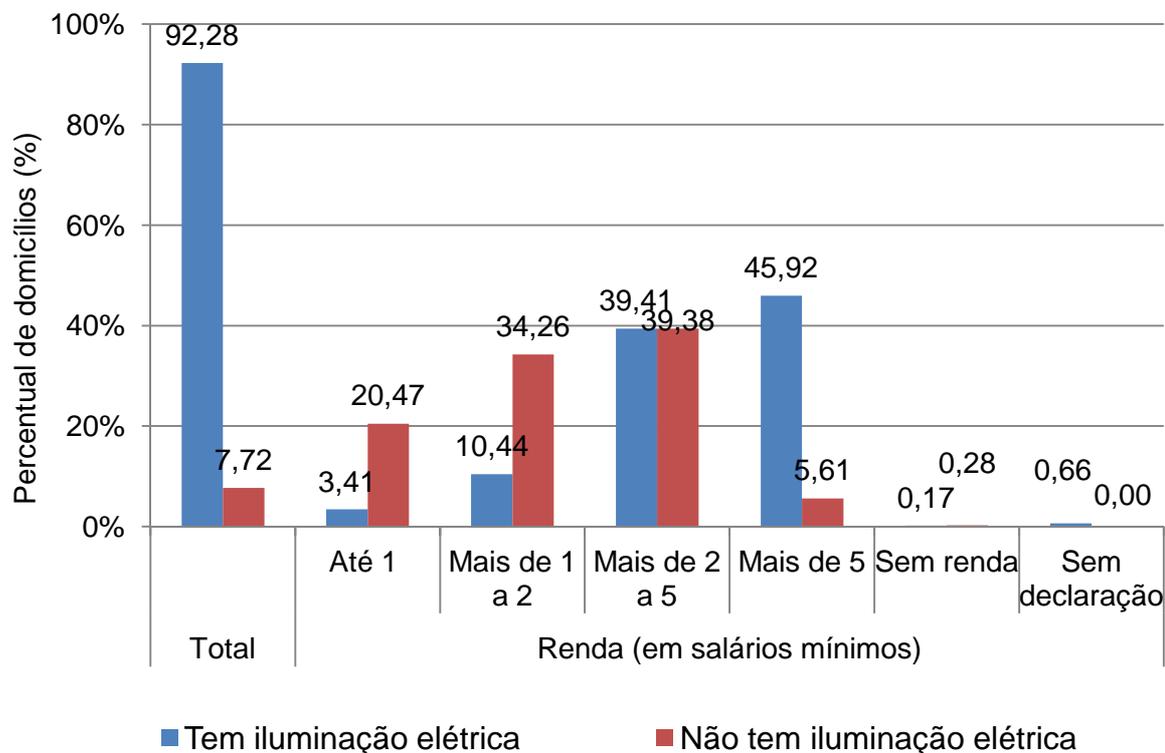
Fonte: Adaptado de PNAD (1980b)

Para a região metropolitana de Porto Alegre também não foram encontrados resultados para todos os detalhes descritos no PNAD (1977), assim como para a região I. Nos resultados do levantamento que aborda o aquecimento de água, somente existem informações se os domicílios possuíam ou não chuveiro elétrico. A Área Metropolitana de Porto Alegre compreende um total de 14 municípios (PNAD, 1980a).

Na Figura 3.11 são observados os percentuais de participação dos domicílios com e sem iluminação elétrica na Metrópole de Porto Alegre. As participações seguem a mesma tendência que a região I. Entretanto, possui um maior percentual de domicílios sem iluminação na faixa de renda mais de dois a cinco salários mínimos e um maior percentual de domicílios com iluminação na faixa mais de cinco salários mínimos.

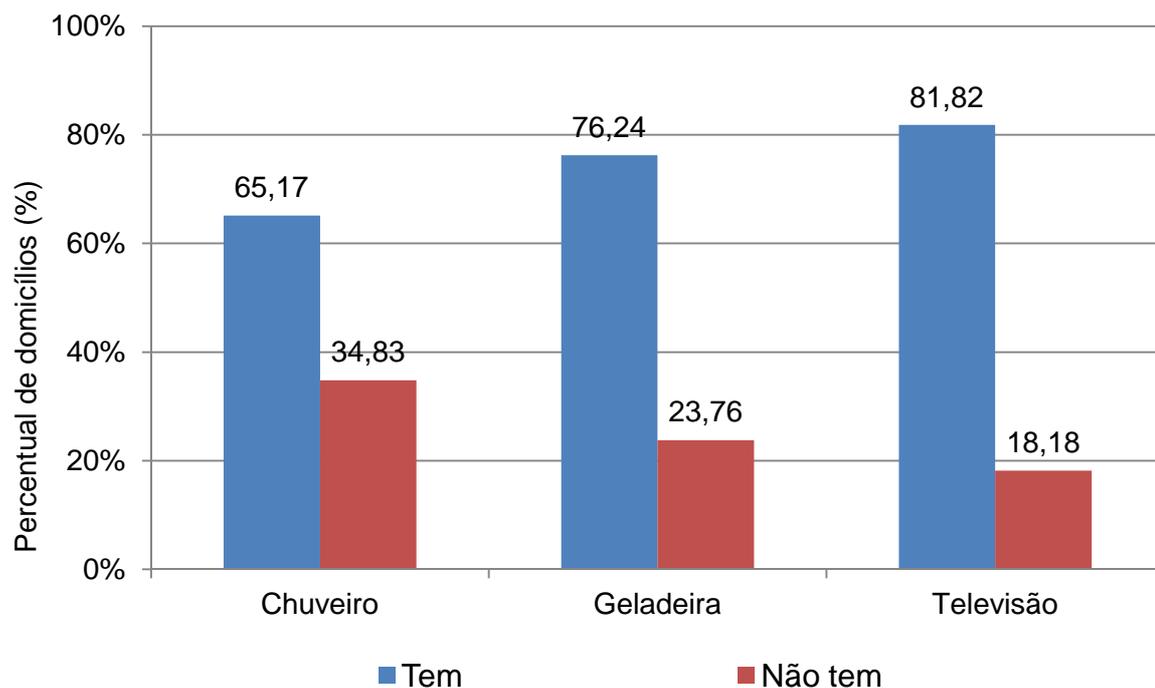
Nas Figuras 3.12 e 3.13, onde são mostrados alguns bens de posse e o percentual dos domicílios com e sem chuveiro, respectivamente, observa-se uma tendência muito semelhante à da região I. O chuveiro é o bem de maior posse e possui maior percentual de aquisição entre os domicílios de maior renda.

Figura 3.11 – Percentual de domicílios com iluminação elétrica por renda mensal (por domicílio) na Metrópole de Porto Alegre (ano 1977)



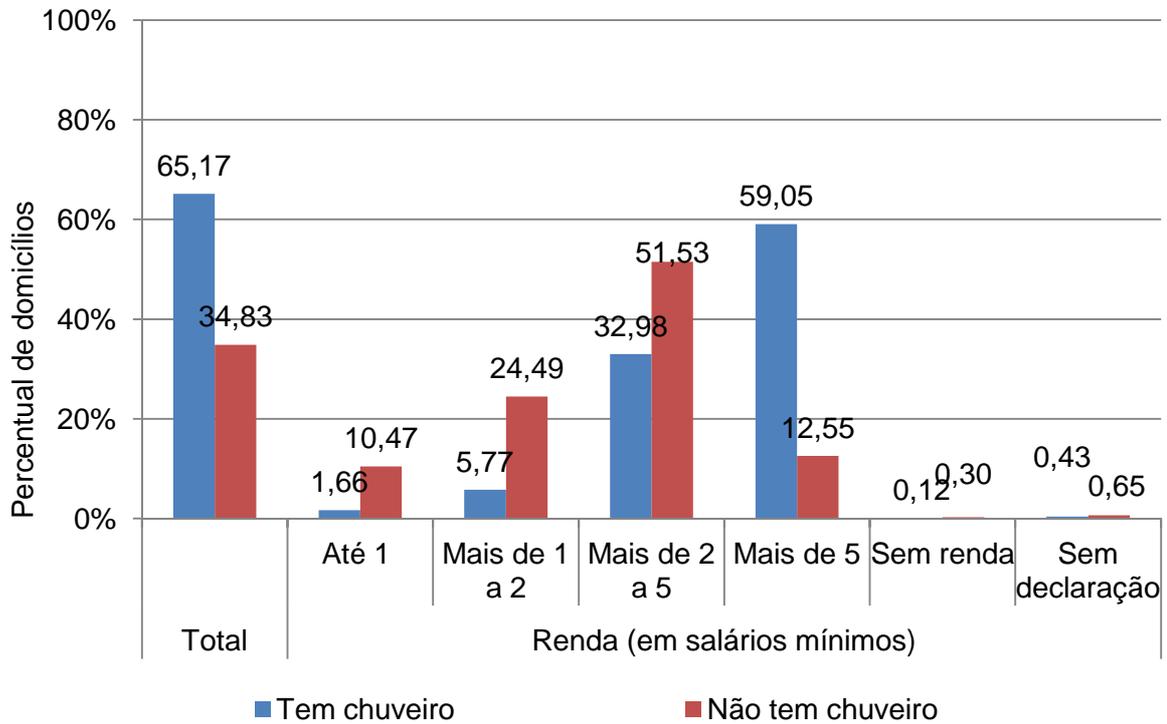
Fonte: Adaptado de PNAD (1980a)

Figura 3.12 – Percentual de domicílios com posse de alguns bens duráveis na Metrópole de Porto Alegre (ano 1977)



Fonte: Adaptado de PNAD (1980a)

Figura 3.13 – Percentual de domicílios com posse de chuveiro elétrico por renda mensal (por domicílio), na Metrópole de Porto Alegre (ano 1977)



Fonte: Adaptado de PNAD (1980a)

Para o PNAD de 1988, segundo o manual de instruções (PNAD, 1988b), sobre aquecimento de água, foi previsto o levantamento dos equipamentos e aparelhos existentes nos domicílios que utilizassem energia elétrica. As opções levantadas foram: aquecedor de água (boiler); aquecedor de passagem ou chuveiro. Também foi previsto o levantamento de equipamentos a gás para o aquecimento de água, diferenciando gás canalizado (vem da rua) de gás engarrafado (em botijão). Contudo, nos acervos de dados disponibilizados pelo IBGE em sistema *online* não foram encontrados resultados de aquecimento de água na pesquisa de 1988 (PNAD, 1988b; PNAD, 1988a).

### 3.3 Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), através de seu relatório de Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso (PPH), avalia o Mercado de Eficiência Energética no Brasil. O objetivo do Procel é a avaliação do mercado potencial para implantação de medidas de eficiência energética nos setores

residencial, comercial, industrial e prédios públicos. Para a pesquisa de posse e hábitos de 2005, no setor residencial, foram realizadas pesquisas diretas com consumidores de 21 concessionárias de distribuição de energia elétrica, nas cinco regiões do país. Esta pesquisa, publicada em 2007 – com ano base 2005, foi contratada pela Eletrobrás, com apoio do PNUD e com recursos da *Global Environment Facility* (ELETROBRÁS, 2015; PROCEL, 2005).

Embora tenham sido realizadas pesquisas em 1988, 1997/1998 e 2004/2006, no site do Procel são encontradas informações das Pesquisas de Posse e hábitos de Consumo de Energia somente para o período de 2004/2006. O Procel disponibiliza para consulta, em seu portal eletrônico, relatórios e o Sistema de Informações de Posses de eletrodomésticos e Hábitos de Consumo (SINPHA), o qual permite manipular os dados e indicadores de consumo de energia elétrica do setor residencial (PROCEL, 2015a).

Os principais resultados da pesquisa, em termos de aquecimento de água, são mostrados nas Tabelas 3.1 a 3.4 e na Figura 3.14. Na pesquisa, os domicílios foram divididos por faixa de consumo mensal, sendo: faixa 1 (0 a 50 kWh); faixa 2 (51 a 100 kWh); faixa 3 (101 a 200 kWh); faixa 4 (201 a 300 kWh); faixa 5 (301 a 500 kWh); e faixa 6 (>500 kWh). Contudo, para simplificação e melhor visualização dos resultados, no relatório de PPH (2007), os dados foram apresentados em três classes de consumo mensal: 0 a 200 kWh; 201 a 300 kWh; e maior que 300 kWh. Nas tabelas deste capítulo a opção NS/NR significa “Não sabe/Não respondeu” (PPH, 2007).

Segundo a Tabela 3.1, a pesquisa de posse realizada pelo Procel, no ano de 2005, mostrou que cerca de 80,0% dos domicílios brasileiros utilizavam algum meio de aquecimento de água para o banho, e que 18,2% não aqueciam água.

Tabela 3.1 – Domicílios que aquecem água para banho no Brasil por classe de consumo (ano 2005)

Classe de consumo (kWh)	Aquece (%)	Não aquece (%)	NS/NR (%)
0 a 200	77,0	21,2	1,8
201 a 300	88,0	10,8	1,2
Maior que 300	85,7	12,9	1,4
Total	80,1	18,2	1,6

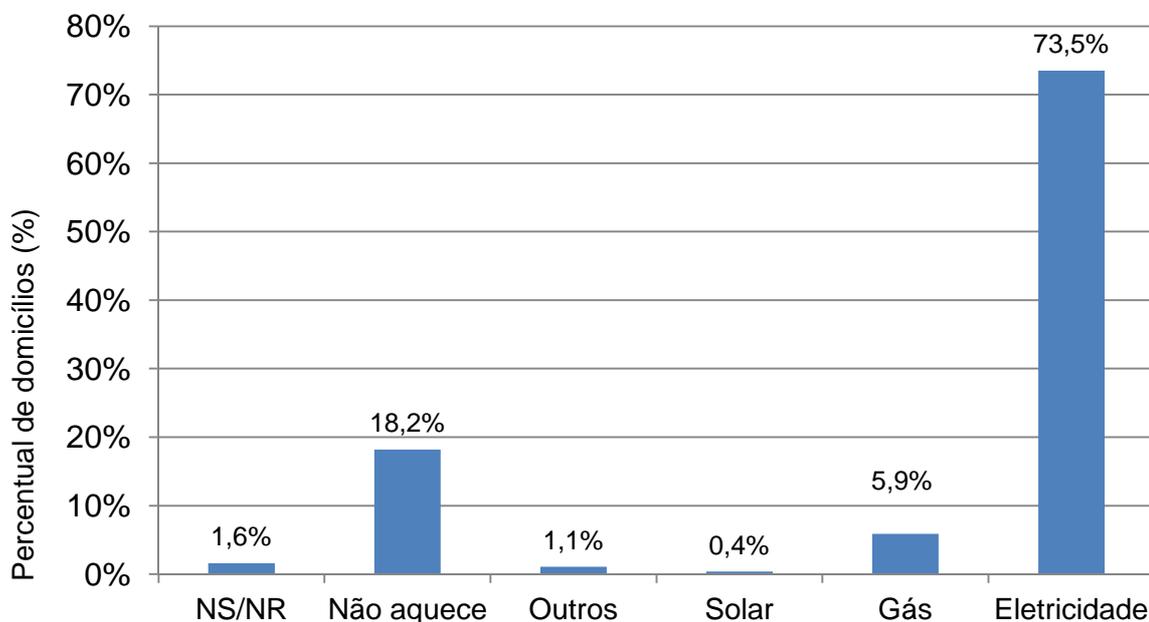
Fonte: Adaptado de PPH (2007)

Na Figura 3.14 observa-se que o tipo de aquecimento mais utilizado no Brasil foi o elétrico, com aproximadamente 74,0%, enquanto que o menos utilizado foi o

solar, com somente 0,4%. Também se verificou que cerca de 18,0% dos domicílios não aqueciam a água em 2005.

Na Tabela 3.2 verifica-se que dos 73,5% dos domicílios que aquecem água com eletricidade, 73,3% aquecem por meio de chuveiro elétrico; enquanto que os outros 0,2% aquecem por meio de boiler e aquecedor de passagem. As modalidades boiler e aquecimento central somente foram encontradas nos domicílios pertencentes à classe de consumo “maior que 300 kWh”. A participação dos demais tipos de equipamentos foi irrisória.

Figura 3.14 - Percentual de domicílios que aquecem água por fonte de energia (ano 2005)



Fonte: Adaptado de PPH (2007)

Tabela 3.2 – Percentual de uso de equipamentos elétricos para aquecimento de água no Brasil (ano 2005)

Classe de consumo (kWh)	Chuveiro (%)	Aquecedor de passagem (KDT) (%)	Boiler (%)	Aquecimento central (%)	Não possui (%)	NS/NR (%)
0 a 200	70,0	0,1	-	-	28,1	1,8
201 a 300	83,2	0,3	-	-	15,2	1,2
Maior que 300	77,5	-	0,5	0,2	20,5	1,4
Total	73,3	0,1	0,1	-	24,8	1,6

Fonte: Adaptado de PPH (2007)

Nas Tabelas 3.3 e 3.4 observa-se que nas modalidades de aquecimento: gás, solar e outros; as maiores participações em percentual foram dos domicílios

pertencentes à classe de consumo “maior que 300 kWh”. Para a fonte de aquecimento a gás, os equipamentos mais empregados foram o gás canalizado e o gás de botijão. Estes são utilizados significativamente nas três classes de consumo, enquanto que o aquecimento solar somente é representativo na classe “maior que 300 kWh”.

Tabela 3.3 – Percentual de uso de equipamentos a gás para aquecimento de água no Brasil (ano 2005)

Classe de consumo (kWh)	Gás de rua (%)	GLP (Gás de botijão) (%)	Boiler (%)	Aquecimento central (%)	Não possui (%)	NS/NR (%)
0 a 200	3,3	2,7	0,1	-	92,1	1,8
201 a 300	2,5	1,8	-	-	94,5	1,2
Maior que 300	4,6	1,7	0,3	0,2	91,8	1,4
Total	3,4	2,4	0,1	-	92,4	1,6

Fonte: Adaptado de PPH (2007)

Tabela 3.4 – Percentual de aquecimento solar de água e de aquecimento por meio de outras formas no Brasil (ano 2005)

Classe de consumo (kWh)	Aquecedor Solar (%)	Outras formas de aquecimento (%)	Não Possui (%)	NS/NR (%)
0 a 200	0,1	1,5	96,5	1,8
201 a 300	0,3	0,3	98,2	1,2
Maior que 300	1,5	-	97,1	1,4
Total	0,4	1,1	96,9	1,6

Fonte: Adaptado de PPH (2007)

Alguns indicadores refletem ou comparam a defasagem da eficiência energética no país, com relação ao cenário mundial, tais como renda, saneamento e consumo de energia elétrica (PROCEL, 2005).

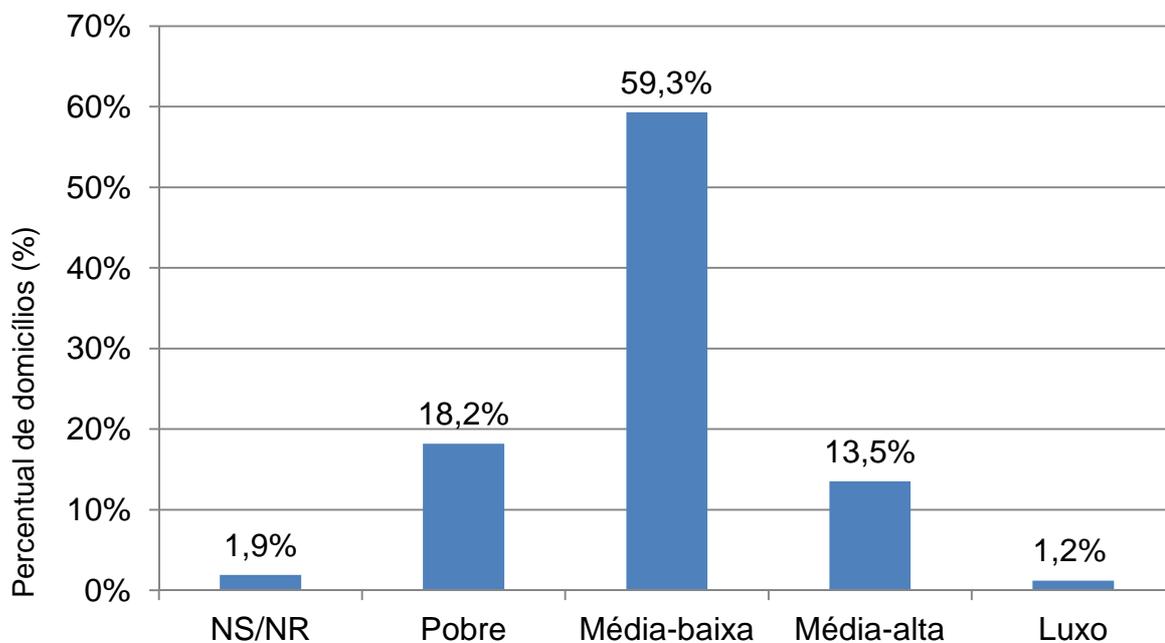
A partir das Figuras 3.15 e 3.16 e da Tabela 3.5, onde são mostrados os percentuais de domicílios por classe socioeconômica no Brasil, é possível comparar o consumo da população em relação às suas condições de vida.

De acordo com PPH (2007), na Figura 3.15 observa-se que 59,3% dos domicílios dos consumidores são caracterizados por classe média-baixa. Em contraste, 1,2% pertence à classe luxo. As classes pobre e média-alta têm participação semelhante.

Na Figura 3.16 se observa que existe uma grande diferença de desenvolvimento entre as regiões do país, seja por falta de recursos minerais ou

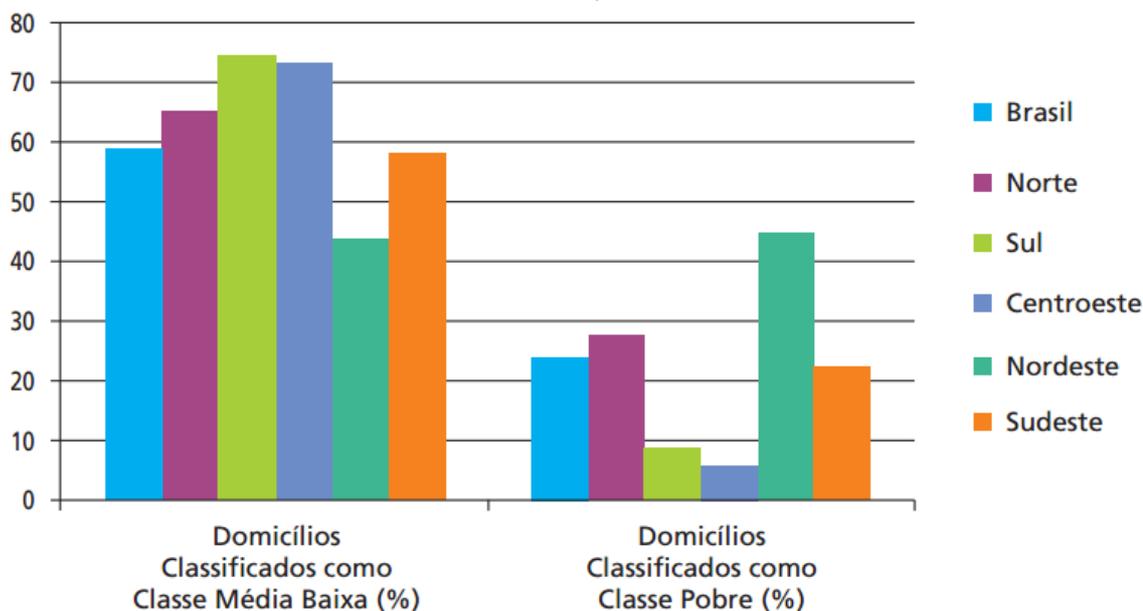
devido às políticas governamentais dos estados. É notável que o norte e nordeste tenham os maiores percentuais de pobreza. As regiões do centro-sul têm melhores condições socioeconômicas, com destaque para o sul e centro-oeste (PPH, 2007).

Figura 3.15 – Percentual de domicílios no Brasil por classe (ano 2005)



Fonte: Adaptado de PPH (2007)

Figura 3.16 – Percentual de domicílios nas por classe por região geográfica (ano 2005)



Fonte: Procel (2005)

A partir da Tabela 3.5 se verifica que quanto maior a classe social, considerando a classe pobre a mais baixa e a luxo a mais alta, em termos de condições de vida, maior é o consumo do domicílio. O padrão “luxo” tem aproximadamente 56,0% de seus domicílios inseridos na classe de consumo “maior que 300 kWh”. Em contraste, o padrão pobre tem o menor percentual de domicílios pertencentes classe de consumo “maior que 300 kWh”, sendo 6,3%.

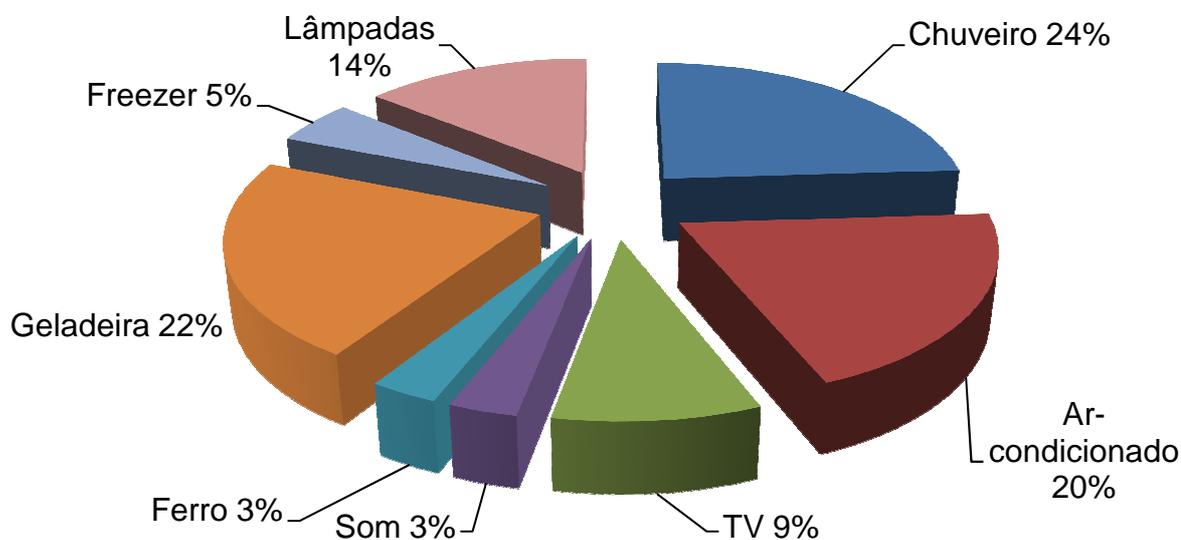
Tabela 3.5 – Padrão do domicílio por classe de consumo (ano 2005)

Classe de consumo (kWh)	Luxo (%)	Classe média-alta (%)	Classe média-baixa (%)	Pobre (%)
0 a 200	26,9	34,5	70,4	83,6
201 a 300	17,3	24,8	17,6	10,1
>300	55,8	40,7	12,0	6,3
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: Adaptado de PPH (2007)

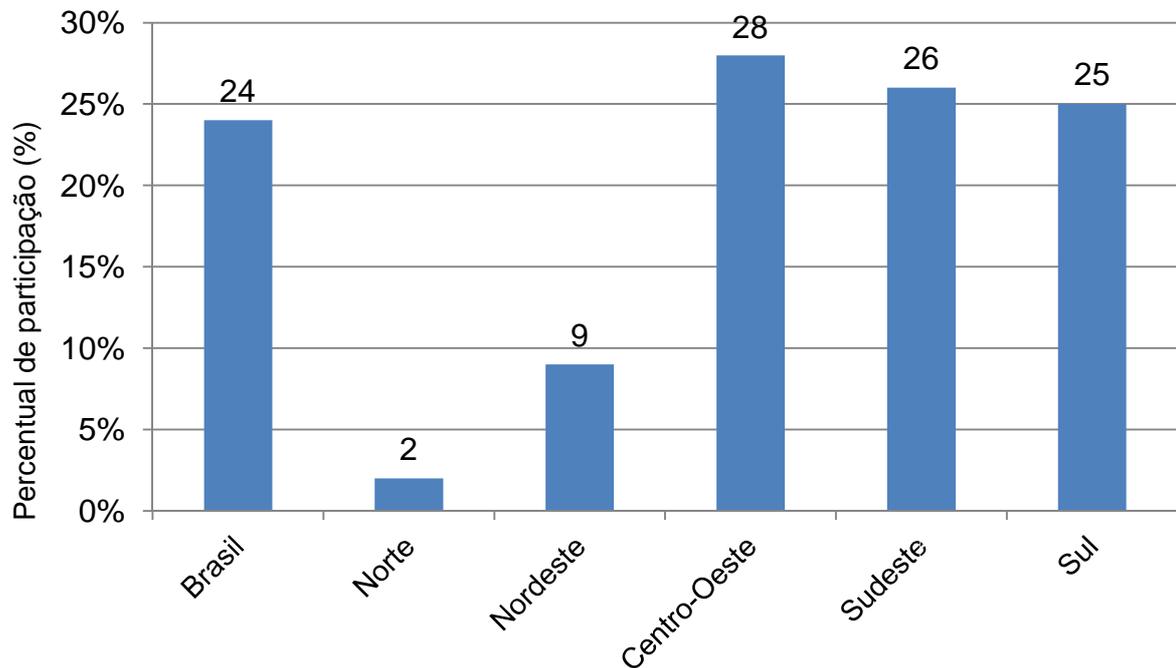
Na Figura 3.17 é mostrada a participação dos eletrodomésticos de maior uso no consumo médio domiciliar no Brasil. O chuveiro tem a maior participação – 24% do consumo médio, seguido da geladeira, com 22%. Na Figura 3.18 é mostrada a participação do chuveiro, um dos eletrodomésticos de maior consumo médio domiciliar, por região geográfica.

Figura 3.17 - Percentual de participação dos principais equipamentos eletrodomésticos no consumo de energia elétrica no Brasil (ano 2005)



Fonte: Adaptado de PPH (2007)

Figura 3.18 – Percentual de participação do chuveiro elétrico no consumo final de energia, no país e por região geográfica (ano 2005)



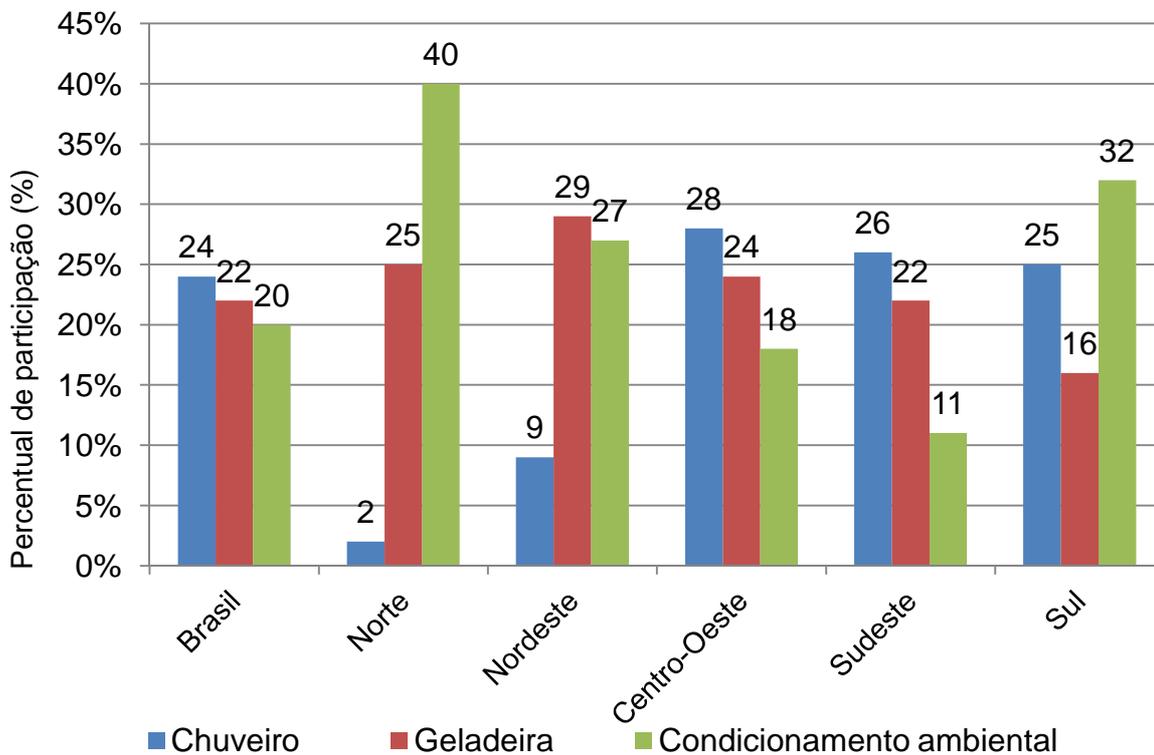
Fonte: Adaptado de Procel (2005)

Ao observar a Figura 3.18, nota-se que o uso do chuveiro elétrico no norte e nordeste tem a menor participação no consumo de energia. Estas regiões também tiveram a maior parte de seus domicílios classificados como classe média-baixa e pobre.

Além do chuveiro, os equipamentos de participação significativa no consumo de energia elétrica no setor residencial são: lâmpada, televisor, refrigerador, freezer e ar-condicionado. Na Figura 3.19 é mostrado o percentual de participação do chuveiro elétrico, geladeira e condicionamento ambiental no consumo final de energia, de modo a comparar o uso desses equipamentos. No Brasil, o responsável pelo maior consumo é o chuveiro, seguido da geladeira, e então do condicionamento ambiental. O condicionamento ambiental lidera o consumo no norte e no sul do Brasil, e é representativo em todas as cinco regiões. O sul é a região que menos consome energia por uso de geladeira.

A Figura 3.19 mostra que a participação do chuveiro tem grande peso no consumo final de energia elétrica no Brasil, no setor residencial. Ao comparar o consumo do chuveiro com o da geladeira, item essencial nos dias correntes, observa-se que o chuveiro tem um forte destaque na carga residencial de energia do Brasil, salvo a região norte, onde o mesmo pouco influencia no consumo de energia.

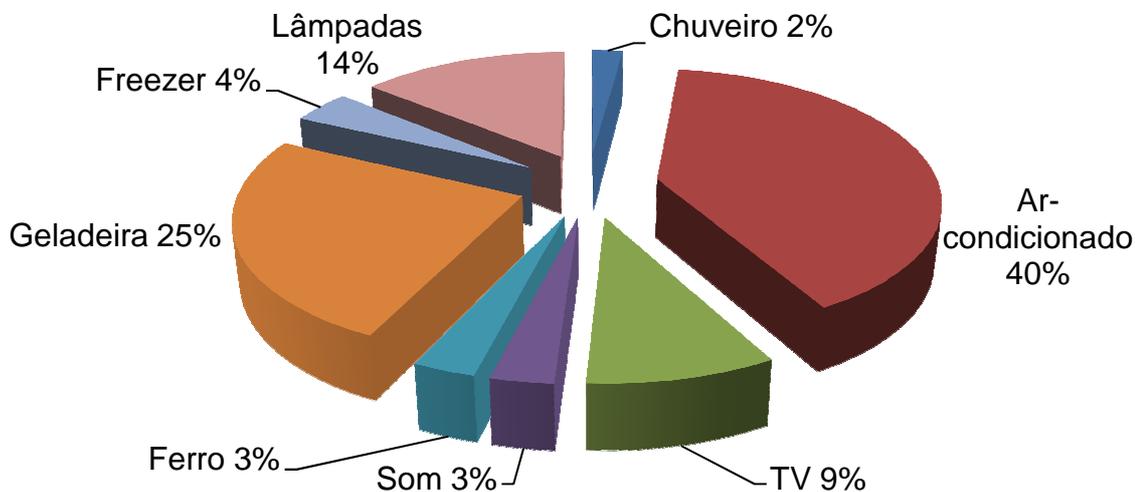
Figura 3.19 - Percentual de participação de alguns equipamentos elétricos no consumo final de energia, no país e por região geográfica (ano 2005)



Fonte: Adaptado de Procel (2005)

Na Figura 3.20 são mostrados, de modo mais detalhado, os percentuais de participação dos eletrodomésticos de maior representatividade no consumo médio domiciliar, por região. A região norte apresenta o menor uso de chuveiro elétrico, conforme Figura 3.20(a).

Figura 3.20(a) – Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial na região norte (ano 2005)



Fonte: Adaptado de PPH (2007)

A região nordeste apresenta quase cinco vezes mais participação do chuveiro no consumo de energia do que o norte do país. Contudo, o percentual de 9% de participação do chuveiro no consumo de energia elétrica do nordeste ainda é muito baixo em relação às participações do mesmo equipamento nas regiões sul, sudeste e centro-oeste, sendo 25%, 26% e 28%, respectivamente (PPH, 2007).

Figura 3.20(b) – Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial na região nordeste (ano 2005)

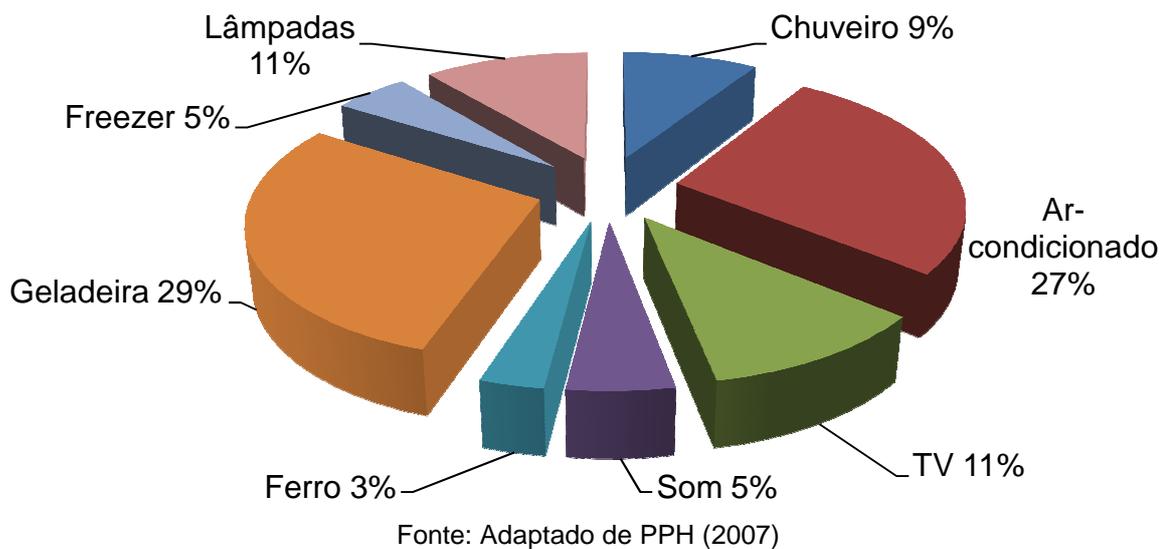


Figura 3.20(c) – Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial na região centro-oeste (ano 2005)

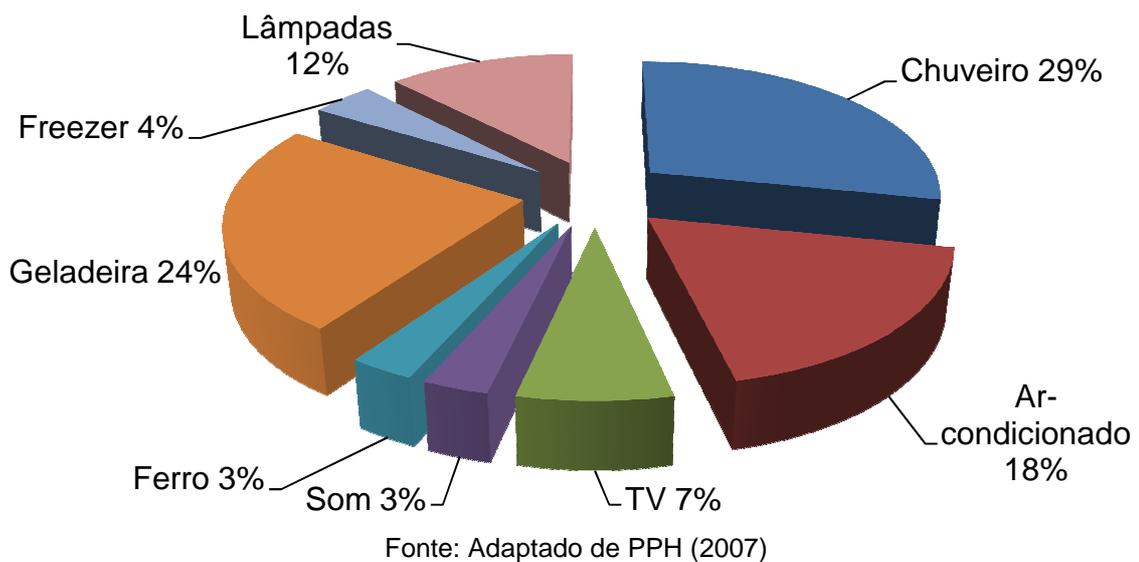


Figura 3.20(d) – Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial na região sudeste (ano 2005)

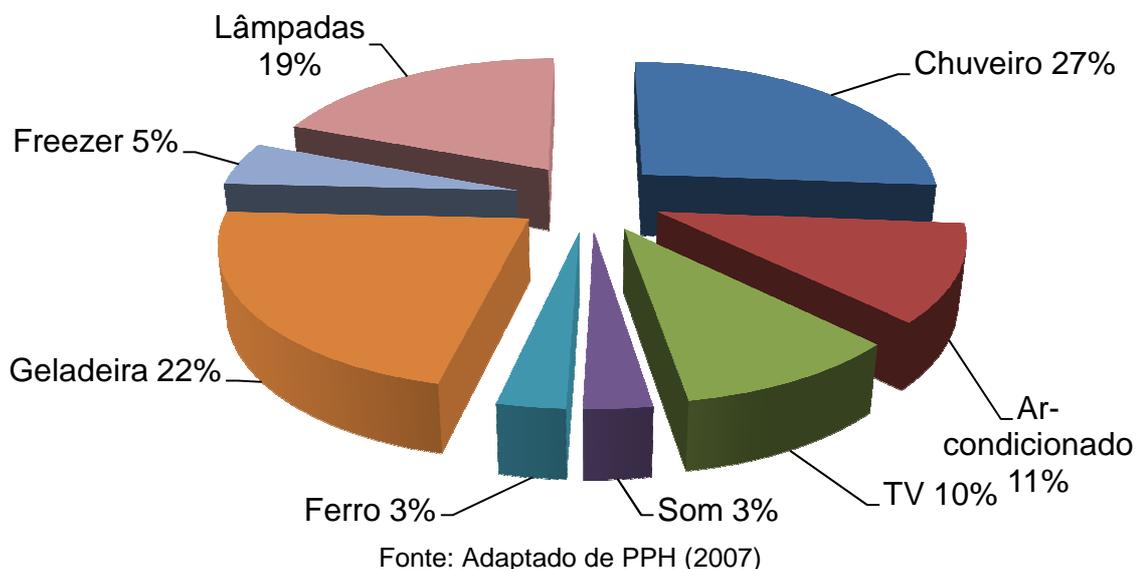
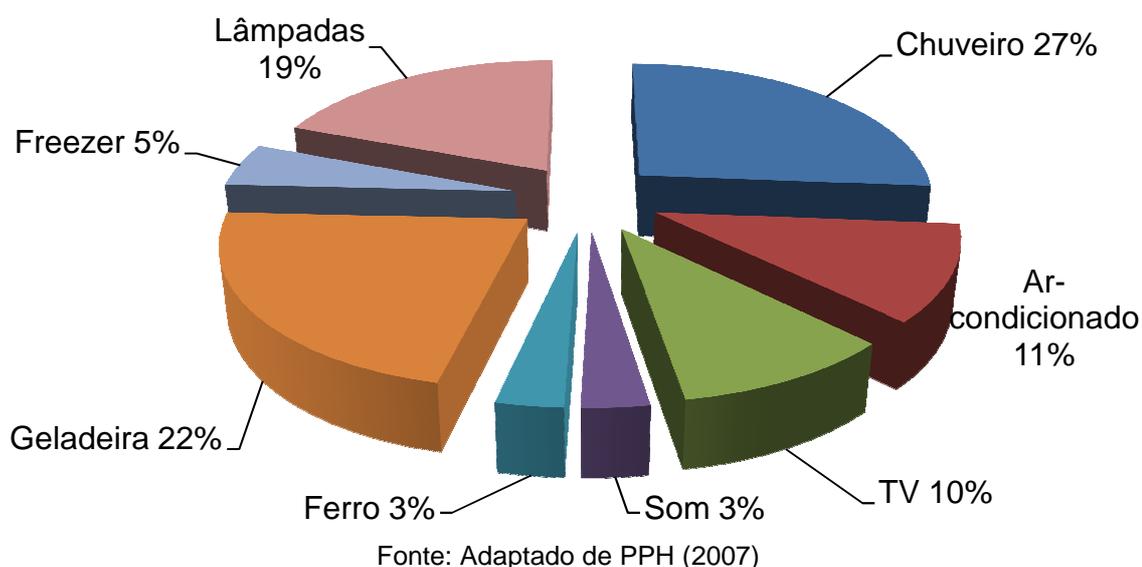


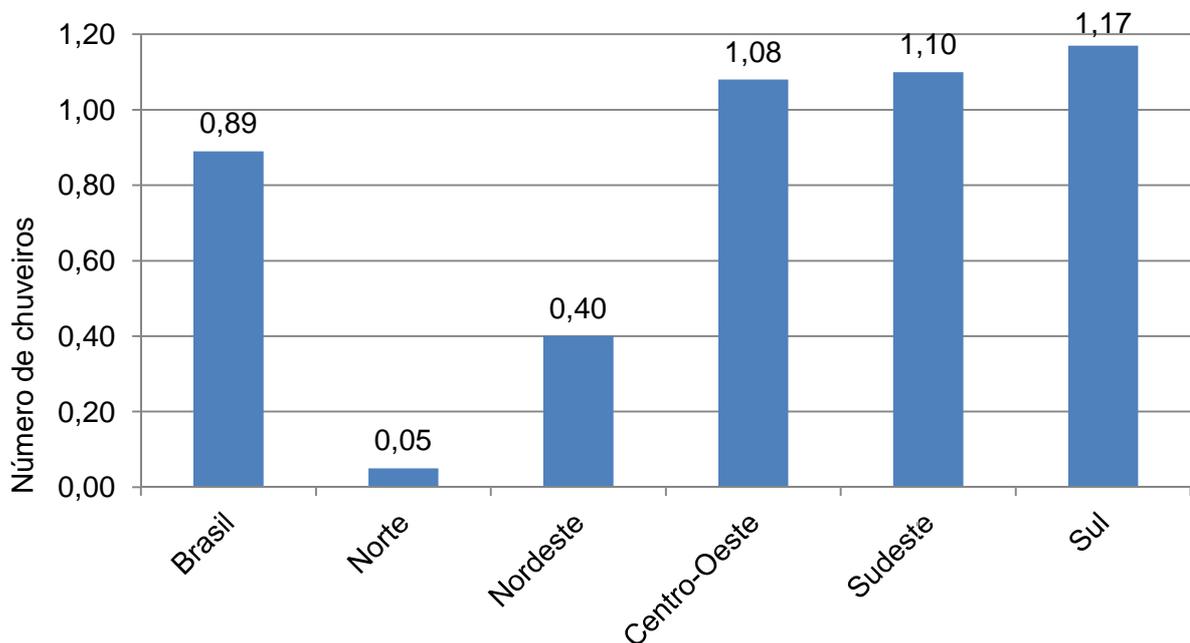
Figura 3.20(e) – Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial na região sul (ano 2005)



Na pesquisa de PPH (2007) foram realizados estudos sobre o potencial de conservação de energia elétrica no setor residencial, também em termos de aquecimento de água. Tendo em vista que o chuveiro elétrico é o principal equipamento de aquecimento de água, foram propostos modelos médios de chuveiro elétrico, considerando informações como: idade, posse e potência média do chuveiro. Foram consideradas informações de tempo médio de utilização e posse de chuveiros para o cálculo do consumo de energia elétrica destinada ao aquecimento de água (PROCEL, 2005).

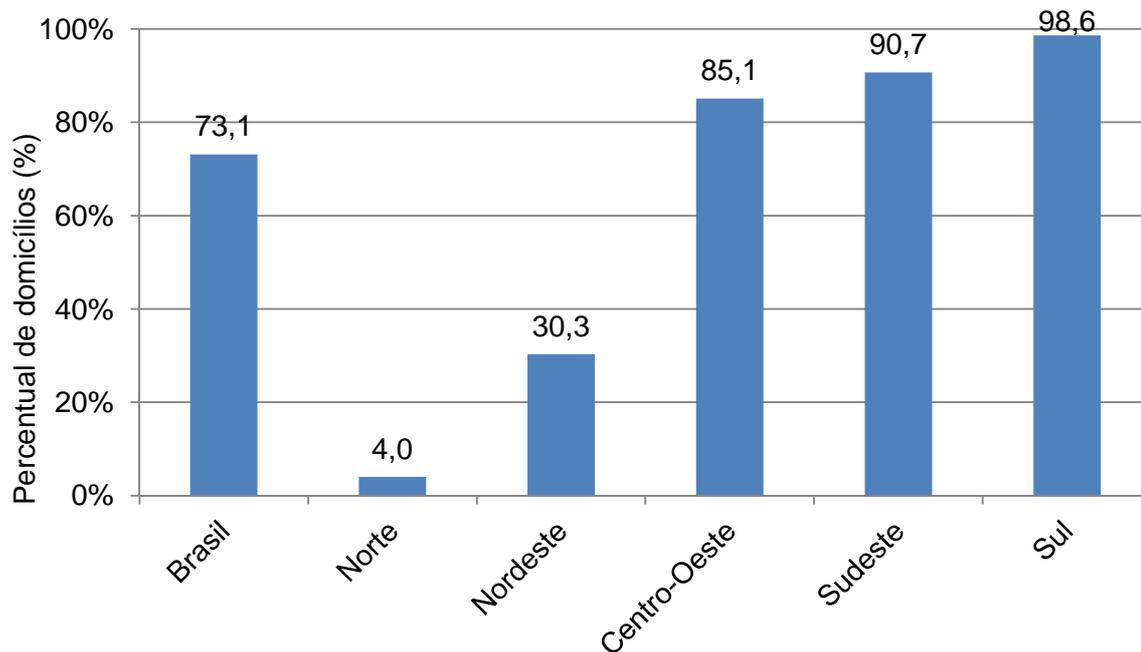
Na Figura 3.21, observa-se que a região sul possui o maior número de unidades de chuveiro por domicílio (1,17 unidade/domicílio), seguida da sudeste. O norte apresenta o valor mais baixo, 0,05 unidades por domicílio. As observações quanto à Figura 3.21 valem para a Figura 3.22. Na Figura 3.23 se verifica que aproximadamente 50,0% da população brasileira usufrui de um banho de duração menor que 10 minutos.

Figura 3.21 - Posse média de chuveiro elétrico (unidades por domicílio), por região geográfica (ano 2005)



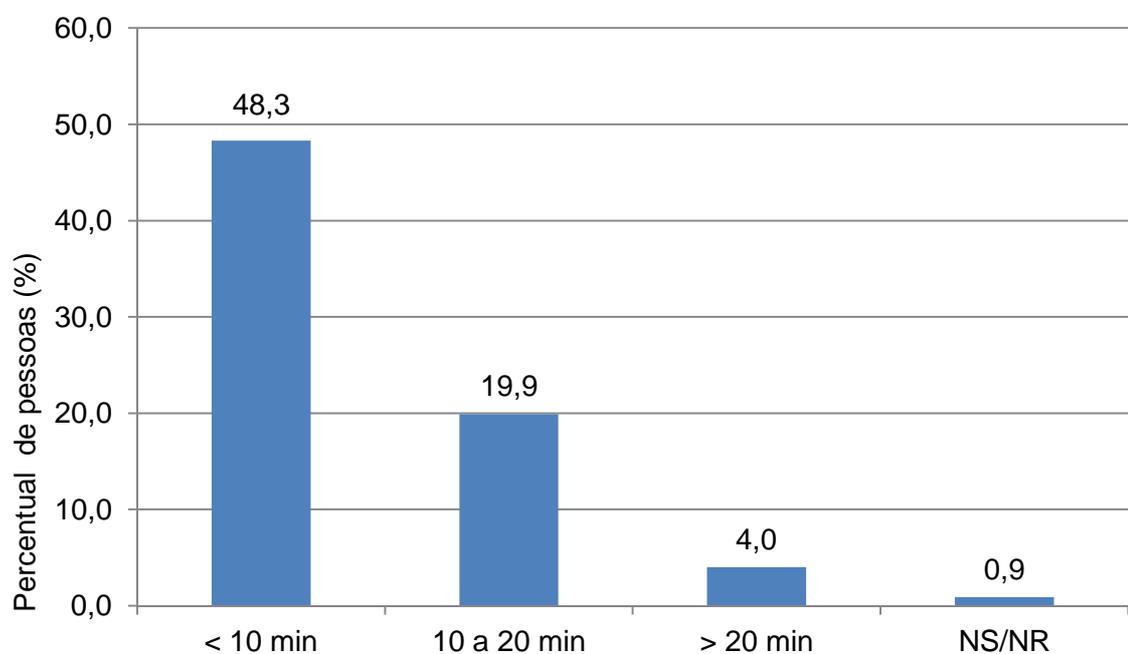
Fonte: Adaptado de PPH (2007)

Figura 3.22 - Percentual de domicílios que possuem pelo menos um chuveiro elétrico (ano 2005)



Fonte: Adaptado de PPH (2007)

Figura 3.23 - Tempo médio de duração do banho por pessoa utilizando chuveiro elétrico no Brasil (ano 2005)

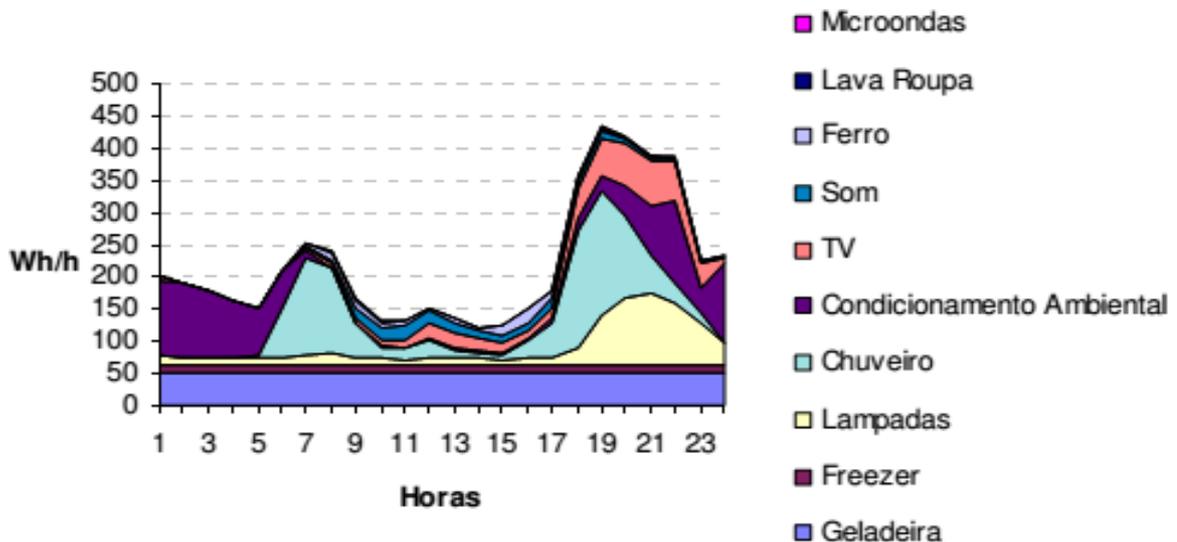


Fonte: Adaptado de PPH (2007)

Outro parâmetro para análise da eficiência energética no Brasil é a curva de carga. Na Figura 3.24 são mostradas as curvas de carga em nível nacional e

regional no ano de 2005. Para estas curvas foi considerado um consumidor hipotético, onde a curva de carga diária típica do setor residencial é dividida pelo número de consumidores atendidos. As curvas também refletem hábitos de uso e o consumo diário de energia elétrica, considerando que o percentual de cada equipamento pode ser expandido para o universo de todos os consumidores (PROCEL, 2005).

Figura 3.24(a) - Curva de carga diária média no Brasil (ano 2005)

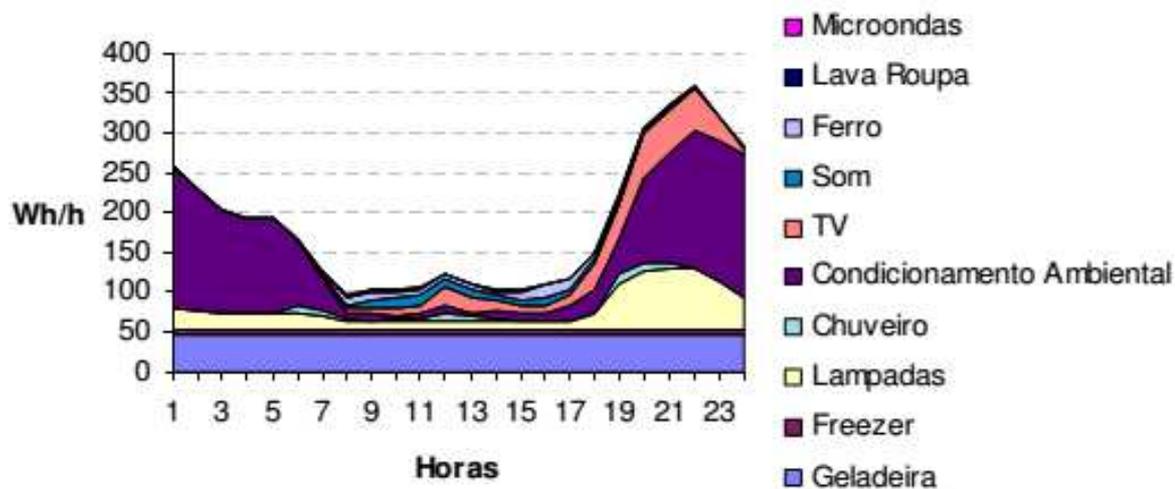


Fonte: PPH (2007)

Na Figura 3.24(a) se observa que chuveiro tinha grande participação no consumo de energia em 2005, com picos de carga entre 7 e 8h, e entre 19 e 20h, em âmbito nacional.

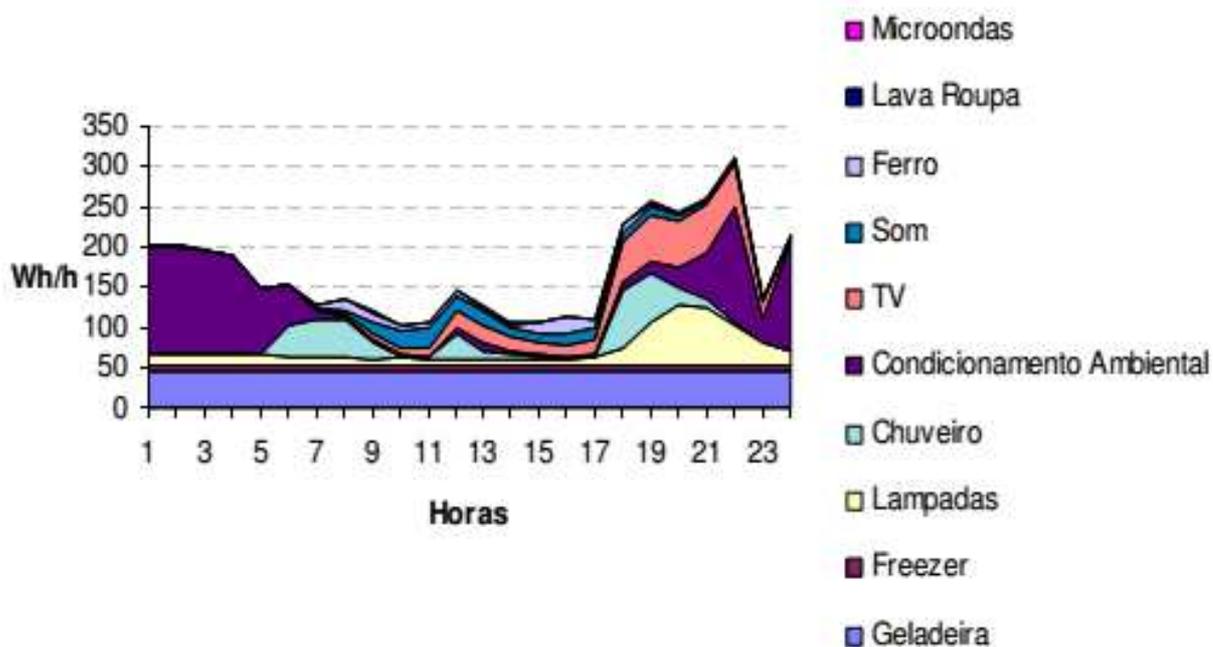
De acordo com as Figuras 3.24(b) a 3.24(e), o comportamento do pico de carga do chuveiro elétrico em 2005 seguia a tendência do comportamento nacional para as regiões centro-sul do país. Na região norte não há formação de zonas densas ou de pico, uma vez que esta região apresentou os menores números de unidades de chuveiro por domicílio. A região nordeste segue tendência semelhante a da região norte, mas com carga mais definida em termos de uso de chuveiro.

Figura 3.24(b) - Curva de carga diária média no norte (ano 2005)



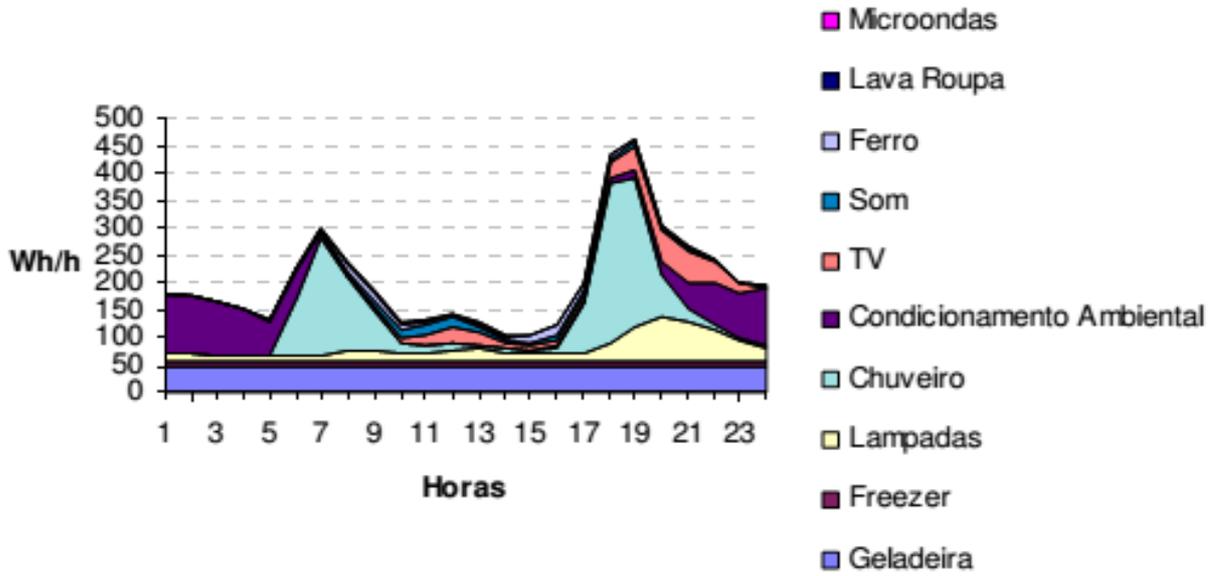
Fonte: PPH (2007)

Figura 3.24(c) - Curva de carga diária média no nordeste (ano 2005)



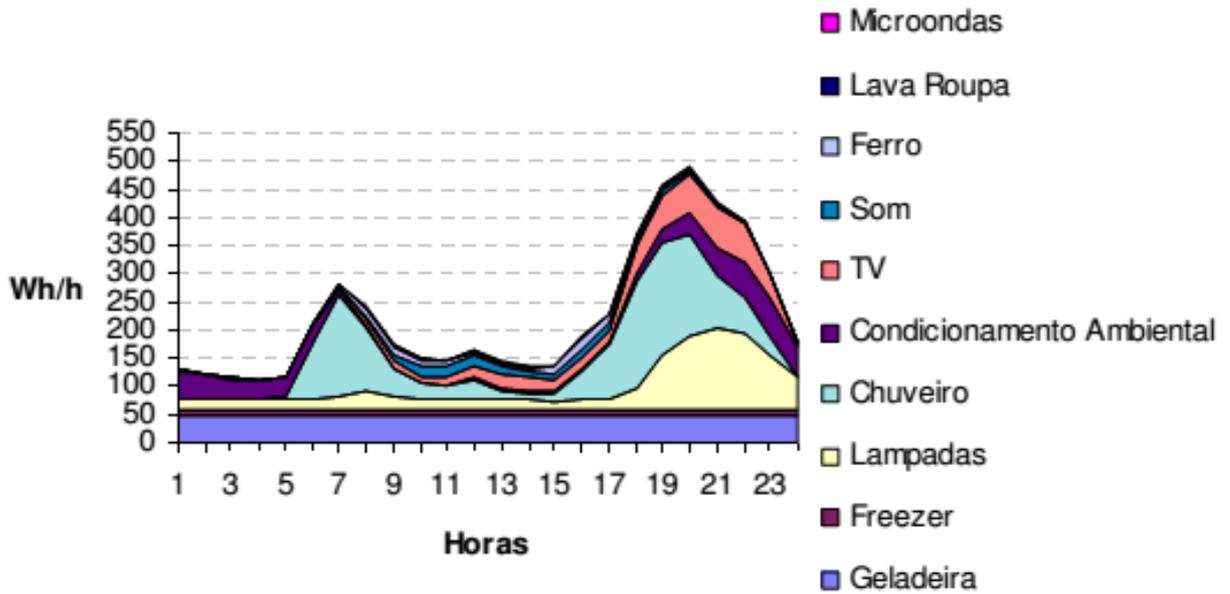
Fonte: PPH (2007)

Figura 3.24(d) - Curva de carga diária média no centro-oeste (ano 2005)



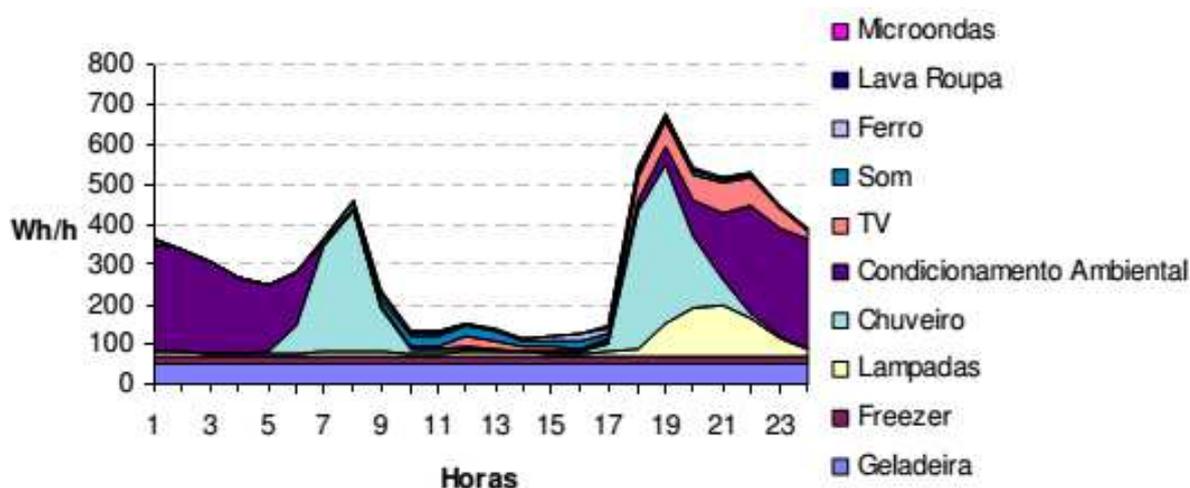
Fonte: PPH (2007)

Figura 3.24(e) - Curva de carga diária média no sudeste (ano 2005)



Fonte: PPH (2007)

Figura 3.24(f) - Curva de carga diária média no sul (ano 2005)



Fonte: PPH (2007)

Através do estudo por simulação de cenários de consumo, considerando estratégias de conservação, a avaliação do Procel mostrou que para o aquecimento de água, a substituição de chuveiros elétricos por aquecedores de passagem a gás, uma alternativa que mostrou maior viabilidade econômica do que aquecimento solar. O estudo indicou a execução direta de medidas de eficiência energética, como troca de chuveiros elétricos por aquecedores solares ou pela instalação de pré-aquecedores solares em auxílio dos chuveiros elétricos (PROCEL, 2005).

A pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso também levantou informações sobre o conhecimento dos brasileiros acerca do aquecimento de água por sistema solar e a gás. Também analisou a predisposição da população brasileira para substituir seu sistema de maior uso atual (chuveiro elétrico) pelo sistema a gás e solar. Os residentes dos domicílios pesquisados também foram questionados sobre a eficiência do seu sistema atual de aquecimento de água, na maioria dos casos o elétrico (PROCEL, 2005).

A pesquisa também investigou as medidas tomadas para economia de energia antes, durante e após o racionamento de energia que ocorreu em 2001 no país. Segundo a pesquisa, foram tomadas algumas medidas específicas quanto ao uso de equipamentos nos domicílios, como racionamento. No caso do chuveiro elétrico cerca de 50% da amostra questionada informou que passaram a ter hábitos de uso mais econômicos, como diminuir o tempo de banho e utilizar a chave do chuveiro, “verão” e “inverno”, de acordo com o clima/estação do ano (PROCEL, 2005).

### 3.4 Outras publicações sobre uso final de energia e aquecimento de água

#### 3.4.1 A demanda por eletricidade no setor residencial do Brasil

Na década de 90, Januzzi *et al.* (1991) mostraram que aproximadamente 70,0% do consumo residencial era menor que 150 kWh/mês e que esta faixa de consumo correspondia a cerca de 35,0% da demanda total do setor residencial. O estudo apontou que o aquecimento de água e a refrigeração tinham a maior participação na demanda residencial de energia. Também se verificou que a demanda por energia aumentava em uma taxa maior que a renda no país, rumo à saturação devido ao alto consumo em relação à produção.

De acordo com Januzzi *et al.* (1991), o país demonstrou-se despreocupado com o consumo de energia durante algumas décadas por acreditar que suas fontes eram ilimitadas. Tendo em vista que o Brasil possuía um dos maiores programas de expansão hidroelétrica do mundo, o país chegou a acreditar, durante as décadas de 60 a 80, que energia elétrica era ilimitada. Deste modo, durante anos se ignorou estratégias para economizar energia nas edificações.

Observou-se um crescimento acelerado na aquisição de bens duráveis como a geladeira, e no consumo residencial de energia entre as décadas 60 e 80. Por exemplo, o estoque de refrigeradores aumentou de 3 milhões para 20 milhões de unidades, de 1960 a 1985. Em 1991 o consumo residencial de eletricidade representava 20,0% da demanda total de energia do país. Entre 1981 e 1987 houve um crescimento de 7,5% no consumo de energia e um crescimento de 6,8% no número de residências.

Segundo o estudo, os domicílios com menor consumo de energia ganhavam tantas novas unidades quanto perdiam para faixas de consumo maior. A tendência era que as residências passassem a consumir cada vez mais, aumentando principalmente o número de domicílios na faixa de consumo 301 a 500 kWh/mês. Contudo, a partir de 500 kWh/mês o consumo estabilizava, com baixo crescimento.

O estudo também mostrou que a tendência era que o consumo de energia aumentasse mais que a renda. Embora quanto maior a renda maior o consumo, devido maior poder de aquisição de bens duráveis, usuários de baixa renda também apresentariam um alto crescimento no consumo, pois o estoque de bens estava crescendo nos últimos anos.

A pesquisa realizada na época indicou que sua principal limitação era a determinação do consumo por região do país. No estudo, foram consideradas as metrópoles de São Paulo e Rio de Janeiro como amostra. Uma vez que estas regiões tinham a maior representatividade no consumo, a partir destas, se expandiu o resultado das pesquisas para todo o país.

No estudo se mostrou que mais de 80% do consumo residencial era demandado pelos seguintes equipamentos: refrigerador, chuveiro elétrico (aquecimento de água), ar-condicionado e iluminação.

Na Tabela 3.6 é mostrado o consumo estimado de eletricidade para alguns bens duráveis. Aproximadamente 70,0% das 26,3 milhões de residências com eletricidade no país possuía chuveiro elétrico, o qual representava 23% do consumo do setor residencial. Em contraste, o ar-condicionado era presente em apenas 6% dos domicílios e responsável por 7,0% do consumo residencial de energia. O refrigerador era o bem de maior aquisição nas residências (75,0%) e responsável pelo maior consumo residencial (33,0%).

Tabela 3.6 – Consumo estimado de eletricidade para alguns bens duráveis e posse de equipamentos no Brasil (ano 1987)

Equipamento	kWh/ano/ domicílio	Posse - Número de equipamentos/total de domicílios com energia	% correspondente ao consumo total residencial
Chuveiro elétrico	480	0,7	23,0
Boiler	2280	0,01	1,0
Refrigerador	648	0,75	33,0
Iluminação	180	1,0	12,0
Ar-condicionado	1680	0,06	7,0

Fonte: Adaptado de Januzzi *et al.* (1991)

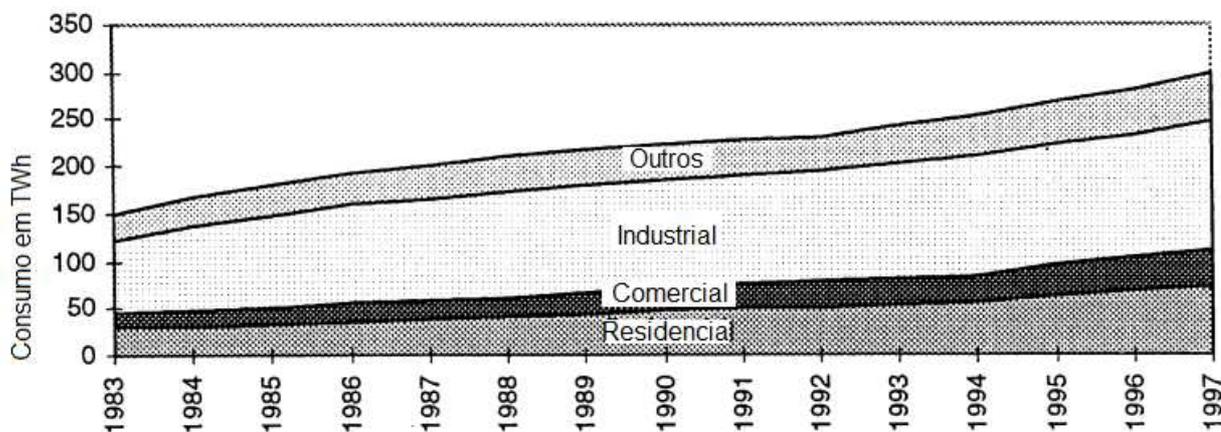
Para o chuveiro elétrico, mesmo nas faixas de menor consumo, ele tinha grande representatividade no uso final. Na faixa de consumo de até 50 kWh/mês, cerca de 60,0% das residências possuía chuveiro elétrico. Esse percentual de aquisição aumentava com o aumento da faixa de consumo. Para consumo maior que 300 kWh/mês as residências já possuíam múltiplas unidades de chuveiro. A partir desta mesma faixa verificou-se o uso de boiler.

### 3.4.2 Potencial de conservação de energia elétrica e redução de pico de carga no setor residencial do Brasil

Segundo estudo de Almeida *et al.* (2001), o potencial econômico do Brasil seria determinado pela conservação da energia elétrica e redução do pico de energia no período de 2000 a 2020. A pesquisa apontou um potencial técnico de conservação da eletricidade de até 28% no setor residencial. No estudo se dividiu o setor residencial em 15 subsetores, de acordo com cinco regiões geográficas e três classes de renda por domicílio.

Em 1997 o Brasil consumiu 75 TWh de eletricidade, que correspondia a 25% do consumo total do país. A Figura 3.25 mostra o consumo de energia elétrica por setor de 1983 a 1997 no Brasil. Observa-se que em 1983 o consumo foi de aproximadamente 35 TWh. Deste modo houve um aumento de mais de 100% no consumo residencial em menos de 15 anos.

Figura 3.25 – Consumo de energia elétrica por setor no Brasil (período 1983-1997)



Fonte: Adaptado de Almeida *et al.* (2001)

No Brasil, como se observava em países em desenvolvimento, existia uma grande desigualdade econômica naquelas décadas. A região sudeste, a de maior desenvolvimento econômico, consumia quase duas vezes o consumo médio doméstico do nordeste. A diferença de consumo também refletia uma consequência da diferença de posse de equipamentos elétricos entre as regiões do país (ALMEIDA *et al.*, 2001).

Segundo Almeida *et al.* (2001), os bens duráveis responsáveis pelo maior consumo de energia no setor residencial eram destinados a refrigeração,

aquecimento de água, iluminação e condicionamento de temperatura. Na Tabela 3.7 pode ser observada a participação no consumo residencial da refrigeração e do aquecimento de água.

No trabalho foi estimado o crescimento de domicílios para 2020, bem como do consumo em kWh/mês por domicílio, observados na Tabela 3.8. Segundo a previsão, o crescimento anual do consumo de energia no setor residencial seria maior para as regiões de baixa renda e menor desenvolvimento econômico do que para as regiões de maior consumo e mais desenvolvidas. Uma vez que estas já estavam mais próximas da faixa de saturação, onde normalmente ocorre uma estagnação na posse de equipamentos e no consumo de energia (ALMEIDA *et al.*, 2001).

Tabela 3.7 – Consumo de energia elétrica por região geográfica para refrigeração e aquecimento de água (ano 1997)

Região	Refrigeração (%)	Aquecimento e água (%)
Sudeste	33,2	23,4
Sul	32,6	22,4
Norte	35,4	4,5
Nordeste	41,0	7,2
Centro-Oeste	33,6	23,2
Brasil	34,1	20,7

Fonte: Adaptado de Almeida *et al.* (2001)

Tabela 3.8 – Crescimento estimado para 2020, em relação a 1997, do número de unidades de domicílios e do consumo por domicílio

Região	Crescimento (%) de domicílios	Crescimento (%) do consumo (kWh/mês/domicílio)
Sudeste	2,6	1,4
Sul	2,8	1,4
Norte	5,9	2,1
Nordeste	3,4	1,5
Centro-Oeste	3,8	1,5
Brasil	3,1	1,4

Fonte: Adaptado de Almeida *et al.* (2001)

No estudo foram feitas estimativas de conservação de energia para cinco cenários considerando determinados níveis de economia. A melhora na eficiência de equipamentos usando tecnologia alternativa foi considerada igual para todas as

regiões do país, exceto para o aquecimento de água. Neste caso, como há a possibilidade de aquecimento solar de água se levou em consideração as condições geográficas das regiões. Assim, chegou-se a conclusão de que 40% dos chuveiros elétricos poderiam ser substituídos por aquecedores totalmente solares, 40% por pré-aquecedores solares, e 20% por boilers a gás.

### 3.4.3 *Uso final de eletricidade no setor residencial do Brasil*

Segundo Ghisi *et al.* (2007), o estudo do uso final de energia elétrica no setor residencial auxilia no planejamento da matriz energética de um país, uma vez que o consumo do setor residencial é representativo em relação ao total de energia consumido.

No estudo de Ghisi *et al.* (2007) se observou uma grande diferença no consumo de energia entre as regiões do país. A região nordeste, por exemplo, possuía 28% da população contra 15% da região sul. No entanto, ambas as regiões consumiam aproximadamente o mesmo percentual de energia, cerca de 15% da demanda residencial total. Assim como em outros estudos, verificou-se que o consumo de energia por pessoa varia muito entre as regiões do Brasil. No norte e nordeste era muito baixo, enquanto que no sudeste se tinha o maior consumo por pessoa.

O estudo de Ghisi *et al.* (2007) foi baseado em dados disponibilizados pela pesquisa de posse e uso final do Procel, em 1998. Esta pesquisa possui dados representativos de 12 dos 26 estados brasileiros. Os 12 estados escolhidos ocupam 31% da área do território nacional e, no período base da pesquisa 1997-1998, continha 70% da população. Os dados levantados para cada equipamento elétrico foram agrupados em inverno e verão, tendo em vista que a maioria das cidades pesquisadas possui estação de frio e de calor durante o ano. Na Figura 3.26 são mostrados os 12 estados pesquisados.

Figura 3.26 – Mapa do Brasil com os 12 estados estudados



Fonte: Ghisi *et al.* (2007)

Na pesquisa foram apresentadas as temperaturas médias para nove cidades. Observou-se que há uma grande variação de temperatura de acordo com a sua localização e época do ano. De acordo com Ghisi *et al.* (2007), no Recife as temperaturas médias variam entre 24,1 e 27,3°C durante o ano. Em contraste, as temperaturas variam entre 12,6 e 20,2°C em Curitiba. As cidades de Natal, Recife, Maceió e Salvador apresentaram as menores amplitudes térmicas anuais, com baixa variação entre as estações do ano, enquanto que as outras cidades apresentaram amplitudes térmicas de até 7,6°C.

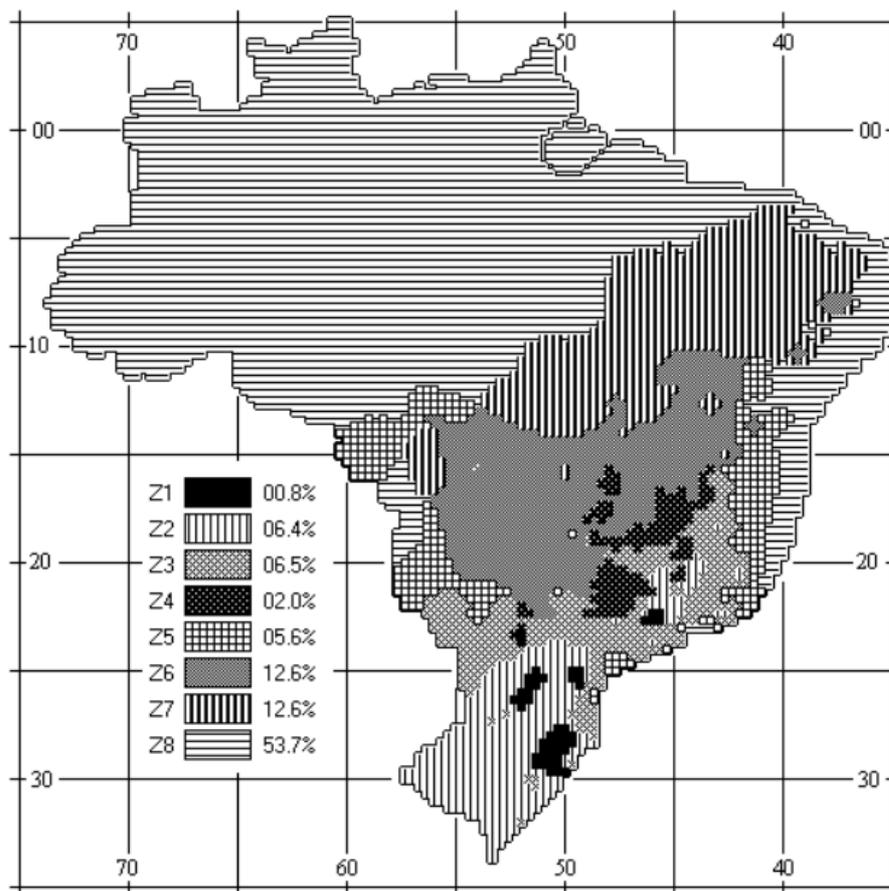
Para a realização da pesquisa foram incluídos todos os equipamentos de posse encontrados nos domicílios brasileiros, dentre estes: refrigerador, chuveiro elétrico, máquina de lavar, ar-condicionado e televisão. Os resultados para o consumo de energia foram reunidos no banco de dados do IBGE, SINPHA (Sistema de Informação de Posses e Hábitos de Usos de Aparelhos Elétricos). Este banco de dados contém o consumo médio de cada equipamento elétrico por dia (24 horas), de acordo com os dados fornecidos por dezessete concessionárias de energia dos doze estados (GHISI *et al.*, 2007).

Os resultados foram avaliados de acordo com o consumo total e equipamento por zona bioclimática brasileira. O Brasil é dividido em oito zonas, como mostrado na Figura 3.27. As zonas foram definidas de acordo com as estratégias necessárias

para aprimorar o desempenho térmico e a eficiência energética em edificações. Alguns dos critérios empregados para definição das zonas bioclimáticas são: aquecimento e resfriamento artificial, aquecimento solar, ventilação natural, umidade do ar, entre outros (GHISI *et al.*, 2007).

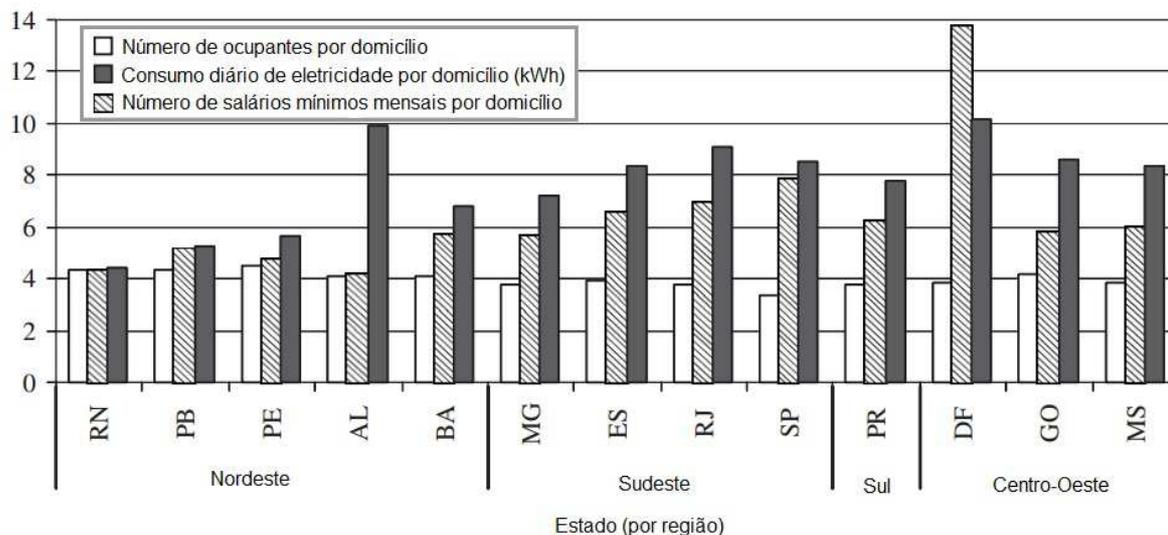
Ghisi *et al.* (2007) fizeram comparações entre o número de ocupantes por residência, número de salários mínimos mensais e o consumo diário de eletricidade por residência. Na Figura 3.28 observa-se que a região nordeste continha o maior número de ocupantes por residência, mas o menor número de salários mínimos e o menor consumo mensal de energia por residência. Em contraste, os estados do sudeste e centro-oeste apresentaram as maiores razões entre consumo diário de eletricidade por domicílio e número de ocupantes por domicílio. Assim como a razão entre o número de salários mínimos mensais por domicílio e o número de ocupantes por domicílio. O Distrito Federal apresentou o maior consumo e maior número de salários mínimos por domicílio.

Figura 3.27 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro



Fonte: Roriz *et al.* (1999)

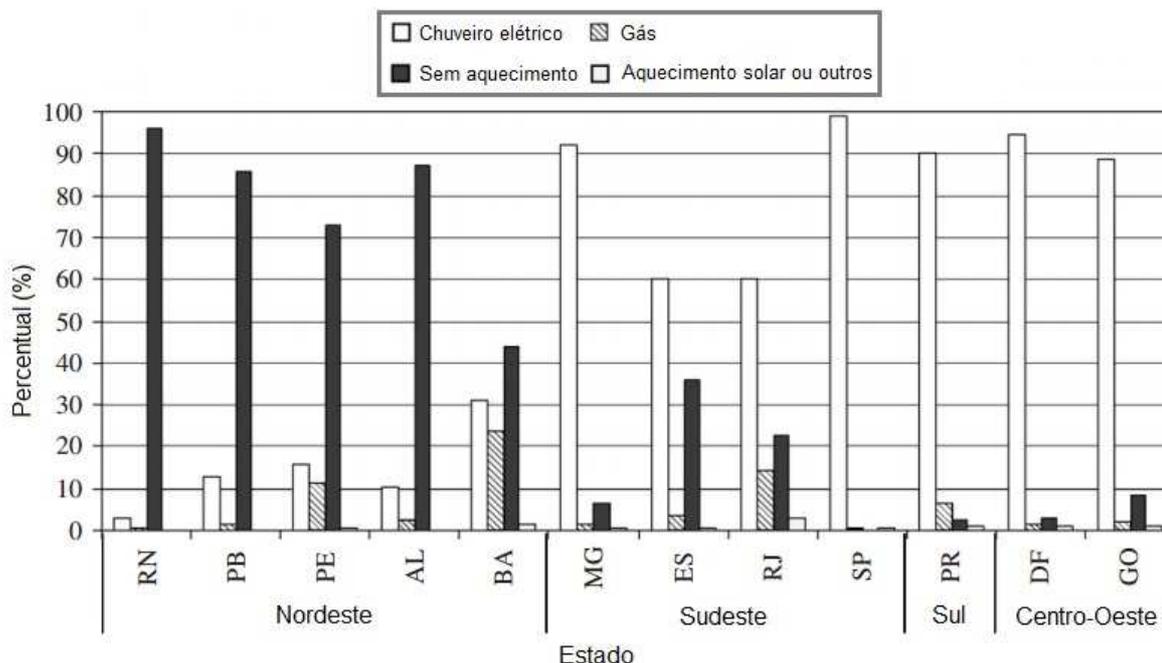
Figura 3.28 – Comparação entre o número de ocupantes, renda e consumo de eletricidade no setor residencial (ano 1997/1998)



Fonte: Adaptado de Ghisi *et al.* (2007)

Na Figura 3.29 observa-se o tipo de aquecimento de água para chuveiro nas quatro regiões estudadas por Ghisi *et al.* (2007). No nordeste, uma das regiões mais quentes do país e menos desenvolvidas, somente 14% da população utiliza chuveiro elétrico para aquecimento de água. Aproximadamente 80% da população não aquece a água para banho no nordeste. Com exceção do Espírito Santo e Rio de Janeiro, que apresentaram cerca de 60% da população com chuveiro elétrico, os demais estados do sudeste, e os estados do sul e do centro-oeste apresentaram percentuais entre aproximadamente 89 e 98% da população que utilizava chuveiro elétrico para aquecimento de água para banho. O emprego de gás era baixo em todo país. Contudo, na Bahia e no Rio de Janeiro, esta modalidade de aquecimento de água para banho era representativa, sendo empregada por cerca de 23 e 17% da população, respectivamente. A utilização de aquecimento solar era baixa, não sendo representativa em nenhum estado.

Figura 3.29 – Comparação entre os tipos de aquecimento de água para o chuveiro (ano 1997/1998)



Fonte: Adaptado de Ghisi *et al.* (2007)

De acordo com a Figura 3.30, para os doze estados brasileiros pesquisados, o refrigerador e freezer são responsáveis por 42% do consumo de energia residencial. O chuveiro elétrico é o segundo maior responsável pelo consumo residencial, com 20% de participação. O ar-condicionado e a iluminação também têm grande representatividade na participação de consumo, com 10 e 11%, respectivamente.

Nas Figuras 3.31 e 3.32 é mostrado o consumo de energia de alguns equipamentos encontrados nos domicílios nas estações inverno e verão. Observa-se que não houve diferença significativa entre os equipamentos de uso final de energia, com exceção do ar-condicionado, que de 2% no inverno aumenta para uma participação de 16% no verão. O consumo por chuveiro elétrico sofreu uma pequena variação de 2% para mais no inverno e 2% para menos no verão.

Por outro lado, de acordo com Ghisi *et al.* (2007), quando o consumo é categorizado por zona bioclimática são notórias algumas mudanças no percentual de consumo dos equipamentos entre as épocas de verão e inverno. A partir das Tabelas 3.9 e 3.10 observa-se que para as oito zonas bioclimáticas o refrigerador e o freezer juntos são responsáveis por cerca de 38 a 49% do consumo residencial de

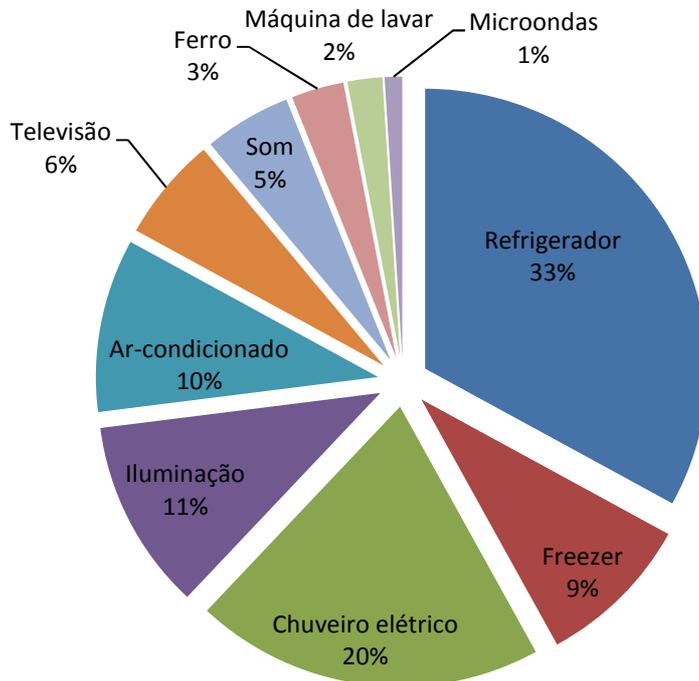
eletricidade. Esta faixa de variação não é observada quando se analisa o Brasil por região geográfica.

Na Tabela 3.9 nota-se que no inverno o refrigerador tem participação de 30 a 32% nas zonas 2, 3 e 4 (zonas mais ao sul e sudeste), enquanto que para as zonas mais ao norte e nordeste a participação varia entre 31 e 42%. No verão o uso deste equipamento aumenta para todas as zonas bioclimáticas, contudo o padrão de participação por zona bioclimática se mantém semelhante ao do inverno.

Sobre o aquecimento de água, no geral, o chuveiro elétrico tem um aumento na sua participação no consumo de energia no verão, em relação ao inverno, o que não foi observado quando se considerou o país por região e estado. A zona bioclimática 1 que não tinha nenhuma participação do chuveiro no consumo de energia no inverno tem uma participação de 29% no verão. A zona 4 tinha uma participação de 28% no inverno e no verão a mesma aumentou para 29%. As zonas 2 e 3 tinham uma participação de 26% no inverno, e no verão a sua participação passou a ser entre 14 e 29%, com um aumento do consumo para algumas regiões e decréscimo para outras regiões pertencentes a estas duas zonas bioclimáticas. Para as outras zonas, de menor latitude, a tendência da participação do consumo é semelhante às zonas de maior latitude quando se trata do chuveiro elétrico, mas para valores menores de consumo.

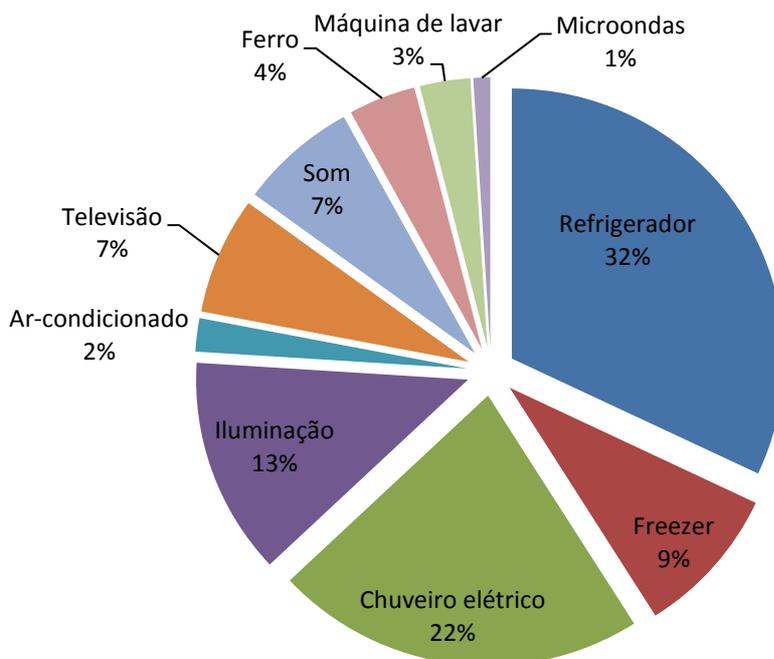
Segundo Ghisi *et al.* (2007), o consumo de energia elétrica do chuveiro elétrico e do ar-condicionado é o mais suscetível às condições climáticas e é muito alto em relação à posse desses equipamentos. No caso do chuveiro elétrico a participação no consumo de energia para as regiões sul e sudeste é de 14 a 29%, enquanto que nas regiões do norte do país o chuveiro tem uma participação de 3 a 11% do consumo de energia.

Figura 3.30 – Percentual de participação de alguns equipamentos no consumo médio de eletricidade para doze estados brasileiros (ano 1997/1998)



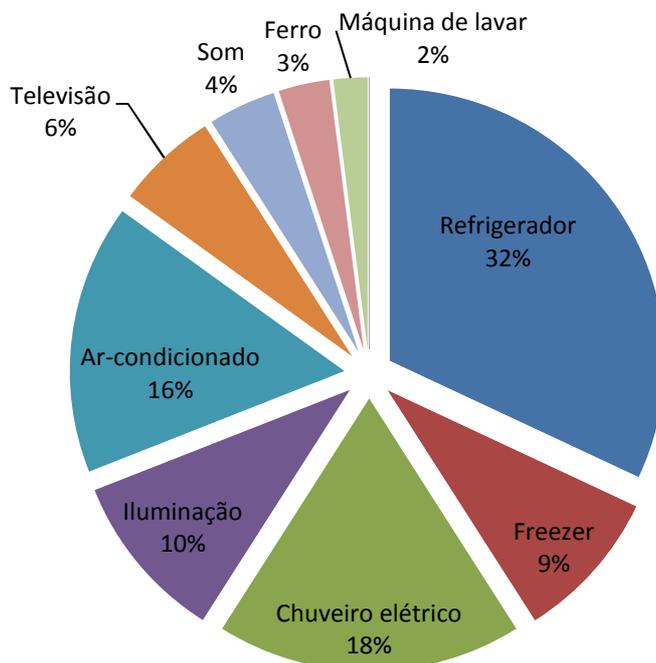
Fonte: Adaptado de Ghisi *et al.* (2007)

Figura 3.31 – Percentual de participação de alguns equipamentos no consumo médio de eletricidade para os doze estados brasileiros no inverno (ano 1997/1998)



Fonte: Adaptado de Ghisi *et al.* (2007)

Figura 3.32 – Percentual de participação de alguns equipamentos no consumo médio de eletricidade para doze estados brasileiros no verão (ano 1997/1998)



Fonte: Adaptado de Ghisi *et al.* (2007)

Tabela 3.9 – Consumo de energia elétrica (%) para alguns bens duráveis por zona bioclimática, no inverno (ano 1997/1998)

Equipamento	Zona bioclimática							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Refrigerador	0	32	30	32	31	31 a 42	31 a 40	31 a 41
Chuveiro elétrico	0	26	26	28	26	4 a 26	3 a 26	5 a 26
Ar-condicionado	0	0	1	1	2	2 a 7	3 a 7	2 a 6

Fonte: Adaptado de Ghisi *et al.* (2007)

Tabela 3.10 – Consumo de energia elétrica (%) para alguns bens duráveis por zona bioclimática, no verão (ano 1997/1998)

Equipamento	Zona bioclimática							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Refrigerador	33	33 a 36	33 a 34	33	33 a 34	31 a 40	36 a 40	30 a 36
Chuveiro elétrico	29	14 a 29	14 a 28	29	14 a 22	6 a 21	6 a 11	11 a 14
Ar-condicionado	2	2 a 12	2 a 18	2	4 a 18	5 a 19	6 a 19	6 a 27

Fonte: Adaptado de Ghisi *et al.* (2007)

Na Tabela 3.11 é mostrada a posse média de equipamentos por domicílio para as quatro regiões estudadas. O norte apresenta baixos valores de posse para todos os equipamentos e o menor consumo de energia. O norte tem posse de 0,41

unidades de chuveiro elétrico por domicílio. Enquanto o sul tem 1,01, com posse acima da média das quatro regiões estudadas (0,76).

Tabela 3.11 – Posse média de alguns bens duráveis por domicílio (ano 1997/1998)

Equipamento	Região				
	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Média
Refrigerador	0,78	0,92	0,87	0,92	0,87
Chuveiro elétrico	0,41	0,84	1,01	1,13	0,76
Ar-condicionado	0,06	0,11	0,03	0,06	0,08

Fonte: Adaptado de Ghisi *et al.* (2007)

O estudo de Ghisi *et al.* (2007) indicou que o consumo de energia elétrica para o ar-condicionado e chuveiro elétrico é mais dependente da posse dos equipamentos do que da localização (latitude), mais ao sul ou mais a norte do país. Assim, se mostra novamente que a relação é maior com a renda mensal (maior condição de posse) do que com a latitude. Isto se confirma na correlação feita na pesquisa de Ghisi *et al.* (2007), entre número de salários mínimos por domicílio e seu consumo diário de energia elétrica, onde o consumo aumenta com o número de salários mínimos.

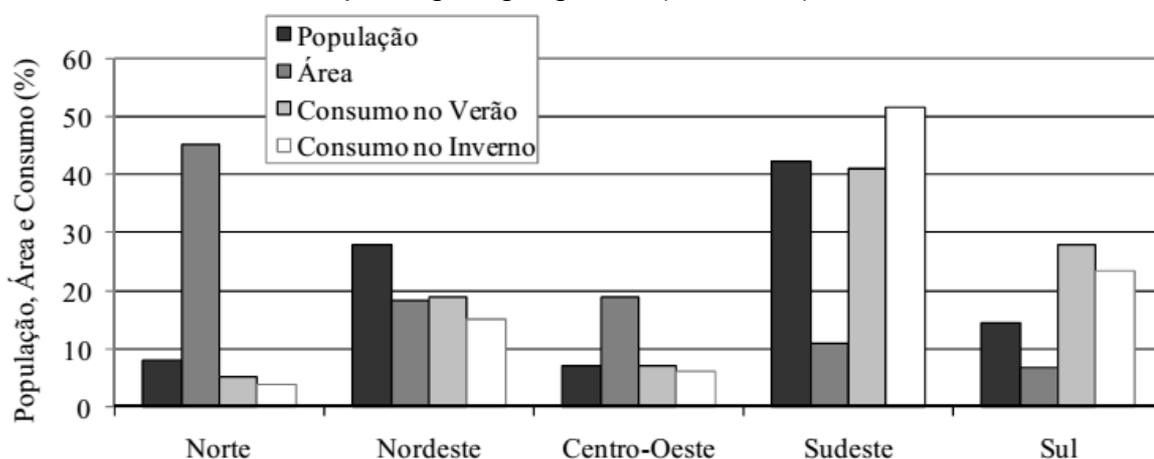
#### 3.4.4 Usos Finais de Energia Elétrica no Setor Residencial Brasileiro

No trabalho de Fedrigo *et al.* (2009a), se buscou estimar os usos finais de energia elétrica no setor residencial do Brasil por região geográfica. Foi analisado o banco de dados de consumo do ano de 2005, cedido pelo Procel (Eletrobrás) – através de sua pesquisa de campo sobre posse de equipamentos elétricos e hábitos de consumo residencial. Na pesquisa verificou-se que o consumo médio mensal brasileiro foi de 143 e 161 kWh no verão e inverno, respectivamente. O uso final médio do chuveiro elétrico foi de 19%. As maiores variações na participação do consumo final de energia, entre as regiões, ocorreram para o chuveiro elétrico e para o ar-condicionado. De modo geral, os resultados da pesquisa indicaram que existem vários aspectos que influenciam no consumo de energia elétrica no setor residencial, como: clima, renda familiar e fatores culturais.

Segundo a Figura 3.33, a região norte ocupa 45% do território nacional. No entanto, possui somente 8% da população e consome meros 5% de energia elétrica

no verão, em relação ao setor residencial. Em contra partida o sudeste apresenta somente 11% da área total e 43% da população, tendo um consumo de 52% da energia elétrica no inverno (setor residencial). Na pesquisa, somente os padrões de uso de aparelhos de ar-condicionado e chuveiro elétrico foram obtidos separadamente para o verão e inverno. A região sul possui a menor área de território e a segunda maior participação no consumo de energia elétrica do setor residencial do país.

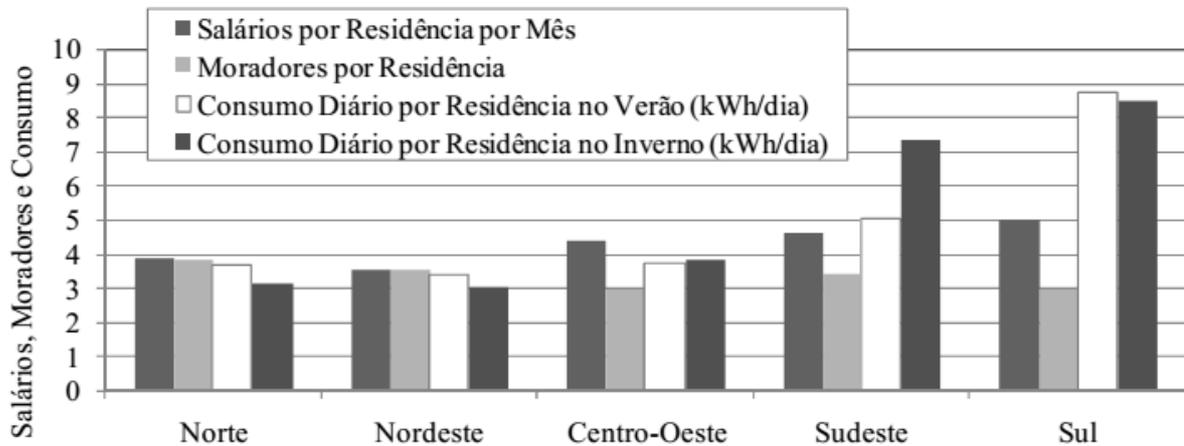
Figura 3.33 – Percentual de população, de área territorial e de consumo de energia por região geográfica (ano 2005)



Fonte: Fedrigo *et al.* (2009a)

De acordo com a Figura 3.34, a região sul apresenta o maior consumo de energia elétrica por residência no inverno e no verão, e o maior número de salários mensais por residência. Em contraste, o sul é a região com a menor relação de moradores por residência, com média de 2,9 pessoas/domicílio. O norte apresenta a maior média de moradores por residência do Brasil, 3,8. Contudo, possui a segunda menor relação de salários mensais por residência do Brasil e o segundo menor consumo de energia diário por residência. A região nordeste possui a segunda maior relação de moradores por residência. No entanto, possui a menor relação de salários por residência por mês e o menor consumo de energia diário por residência tanto no inverno quanto no verão. O salário considerado na pesquisa foi o mínimo do ano base (2005).

Figura 3.34 – Média mensal de renda familiar, número de moradores por residência e consumo diário de energia por residência, por região geográfica (ano 2005)



Obs.: salário mínimo de 300 reais em 2005 – ano base.

Fonte: Fedrigo *et al.* (2009b)

Na Tabela 3.12, verifica-se que a região sul apresenta o maior consumo de energia em kWh/mês. Segundo Fedrigo *et al.* (2009a), o maior consumo do sul é devido ao clima frio, pois se faz necessário maior uso de aparelhos para aquecimento de água. O chuveiro elétrico é o aparelho responsável pelo maior consumo de energia no sul do país. De acordo com a Tabela 3.12, o uso de equipamento para aquecimento de água é o fator determinante do consumo total residencial de cada região. Observa-se que o consumo médio mensal por residência com o chuveiro elétrico cresce da região norte para a região sul, na seguinte ordem: norte, nordeste, centro-oeste, sudeste e sul. E, na mesma ordem, cresce o consumo médio mensal total por residência em kWh/mês.

Tabela 3.12 – Consumo médio mensal de energia elétrica por região (ano 2005)

Equipamento	Consumo médio mensal por residência (kWh/mês)					
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	
Iluminação	6,83	3,96	6,87	11,84	8,61	
Refrigerador	36,74	36,11	36,41	39,81	38,92	
Ar-condicionado	Verão	18,56	13,99	9,42	7,39	17,05
	Inverno	4,33	2,18	1,95	0,03	0,1
Chuveiro elétrico	Verão	1,89	11,22	15,75	20,13	124,04
	Inverno	0,64	13,02	25,23	90,48	129,16
Outros	32,47	36,77	39,46	59,18	84,47	
Total no verão	96,49	102,05	107,91	138,35	273,09	
Total no inverno	81,02	92,04	109,92	201,34	261,26	

Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009a)

Na Tabela 3.13 é mostrado o consumo de energia elétrica em 2005, determinado pelo IBGE em 2008, e o estimado pelo estudo do Procel em 2007. Observa-se que existe um grande erro entre o consumo levantado pelo IBGE e o estimado pelo Procel, para as regiões do país, com exceção das regiões nordeste e sudeste, onde o erro foi aceitável.

Tabela 3.13 – Consumo médio mensal por residência por região (ano 2005)

Fonte	Consumo médio por residência (kWh/mês)				
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
IBGE (2008)	109,2	97,1	153,8	159,9	162
PPH (2007)	88,8	97,0	108,9	169,8	267,2
Diferença %	-18,7	-0,1	-29,2	6,2	64,9

Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009a)

Segundo Fedrigo *et al.* (2009a), a região sul apresenta a maior posse de equipamentos elétricos por residência. Na Tabela 3.14 nota-se que a posse de equipamentos elétricos é maior para as faixas de maior consumo de energia. Em geral a posse de equipamento cresce com o aumento da faixa de consumo. Para o caso do chuveiro elétrico há uma variação de posse de 34% dos domicílios pertencentes à faixa de 0 a 50 kWh/mês para 96% de posse dos domicílios pertencentes à faixa de consumo acima de 500 kWh/mês.

Tabela 3.14 – Posse de equipamentos por faixa de consumo (ano 2005)

Equipamento	0 a 50 kWh/mês (%)	50 a 100 kWh/mês (%)	101 a 200 kWh/mês (%)	201 a 300 kWh/mês (%)	301 a 500 kWh/mês (%)	>500 kWh/mês (%)
Refrigerador	76	98	99	99	100	99
Chuveiro elétrico	34	48	85	92	94	96
Ar-condicionado	1	4	11	18	26	59

Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009a)

A partir da Figura 3.35 observa-se que as regiões do norte do país são as que possuem menor porcentagem de residências com aquecimento de água para banho. No nordeste, por exemplo, cerca de 50% dos domicílios não aquece água, e no norte este percentual chega a 93%. As regiões mais ao sul apresentam os maiores percentuais de domicílios que aquecem a água por eletricidade. O emprego de

aquecimento a gás é baixo em todo o país. Contudo, a região nordeste tem uma representatividade de 17% das residências. O aquecimento solar é muito pouco empregado em todo o país (FEDRIGO *et al.*, 2009a).

Observa-se que no nordeste houve um aumento das residências que aquecem água para banho, quando se compara os resultados de Ghisi *et al.* (2007), apresentados na Figura 3.36, com base de dados dos anos de 1997 a 1999, e os resultados do Procel (2007), apresentados na Figura 3.35, com ano base 2005. A região sul, em termos de aquecimento elétrico de água, foi a que apresentou a maior redução de percentual de 1999 para 2005.

Figura 3.35 – Tipo de fonte de aquecimento de água para banho por região geográfica, em percentual (ano 2005)

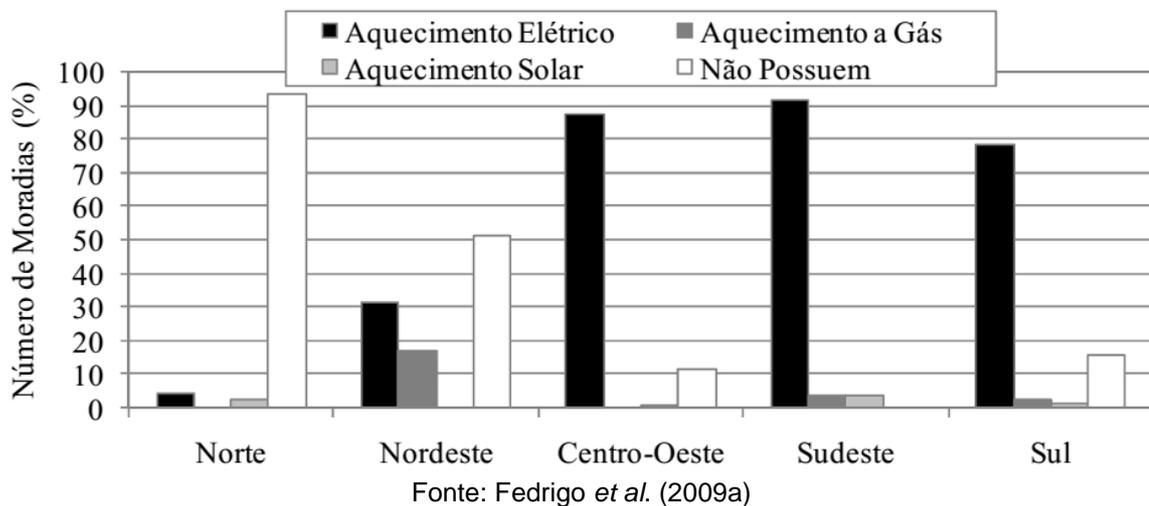
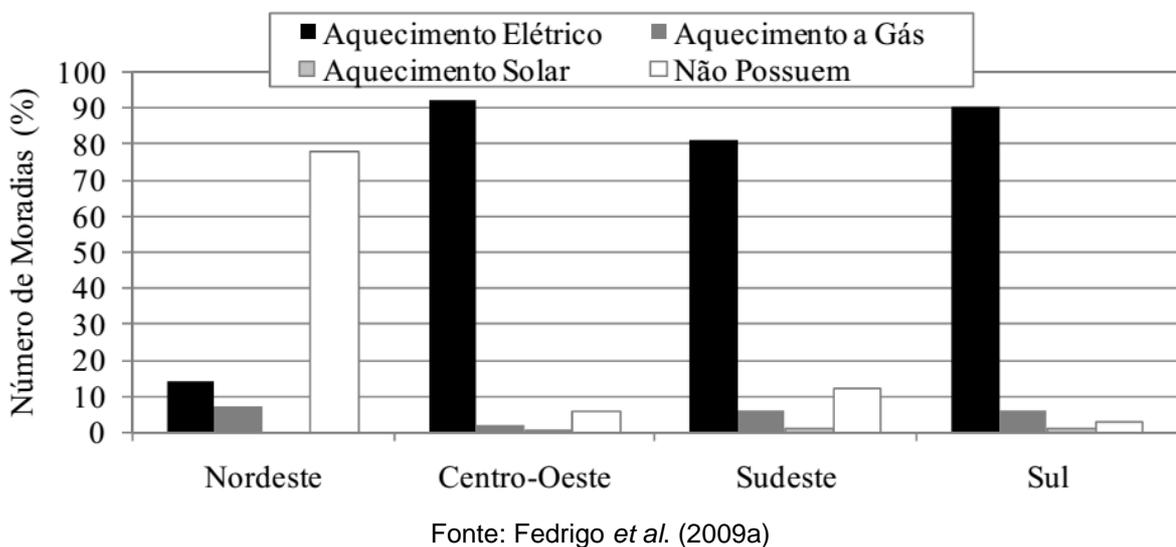
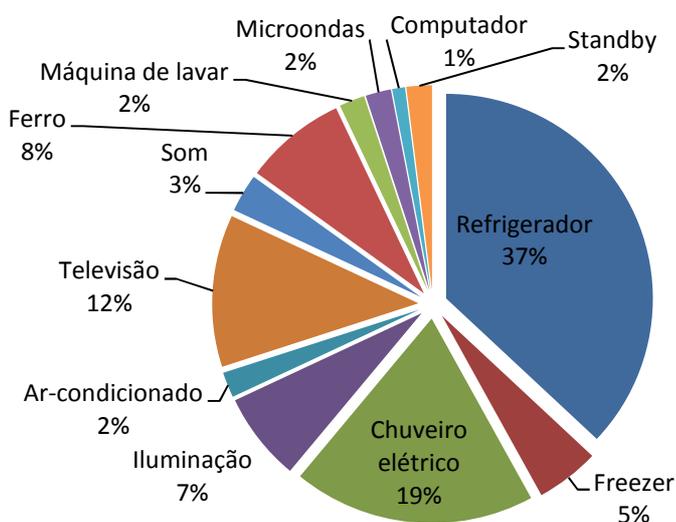


Figura 3.36 – Tipo de fonte de aquecimento de água para banho por região geográfica, em percentual, de acordo com Ghisi *et al.* (2007)



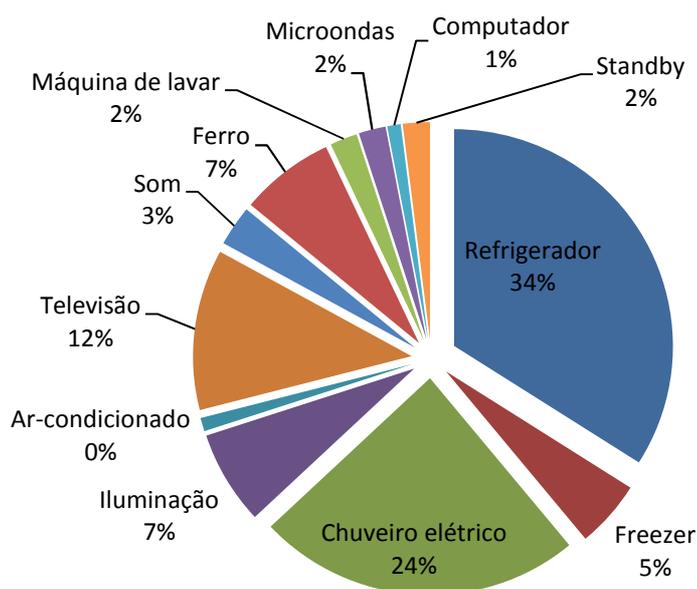
Na Figura 3.37 observa-se a participação no consumo final residencial de energia elétrica dos principais aparelhos encontrados nas residências. Ao observar as Figuras 3.38 e 3.39, nota-se que a participação no consumo de todos os equipamentos, exceto chuveiro e ar-condicionado, permanece semelhante no inverno e no verão, com pouca variação. O chuveiro elétrico tem um consumo de 13% no verão e 24% no inverno. O ar-condicionado tem uma participação de 3% no verão e participação nula no inverno.

Figura 3.37 – Usos finais médios de energia elétrica no Brasil (ano 2005)



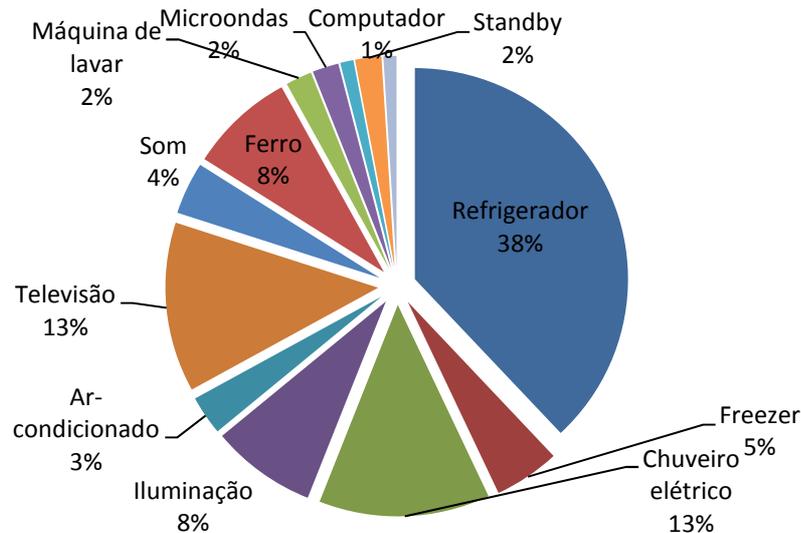
Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009a)

Figura 3.38 – Usos finais médios de energia elétrica no Brasil no inverno (ano 2005)



Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009a)

Figura 3.39 – Usos finais médios de energia elétrica no Brasil no verão (ano 2005)



Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009a)

Segundo a Tabela 3.15, a participação do chuveiro no consumo final teve grande variação quando analisado por região. No verão, apresentou uma variação entre 0,4% (norte) e 39,4% (sul). No inverno, a variação entre as regiões norte e sul foi de 43,1%. Em geral, a participação do chuveiro elétrico no consumo de energia cresceu do verão para o inverno. A participação do chuveiro elétrico cresce com o decréscimo das latitudes.

Tabela 3.15 – Uso final de energia elétrica no verão e no inverno (ano 2005)

Equipamento	Estação	Norte (%)	Nordeste (%)	Centro-Oeste (%)	Sudeste (%)	Sul (%)
Chuveiro	Verão	0,4	6,9	13,1	8,3	39,4
	Inverno	0,2	6,9	8,9	35,6	43,3
Refrigerador	Verão	49,0	45,0	42,1	37,3	21,3
	Inverno	50,6	46,3	43,1	27,1	20,4
Ar-condicionado	Verão	4,7	3,6	0,5	1,7	2,7
	Inverno	1,1	0,7	3,3	0	0
Outros	Verão	45,9	44,5	44,3	52,7	36,6
	Inverno	48,1	46,1	44,7	37,3	36,3

Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009a)

Na Tabela 3.16 é mostrado o uso de alguns bens duráveis por faixa de consumo. Nota-se que a participação do chuveiro no consumo residencial aumenta com as faixas, do menor para o maior intervalo. Também se observa que conforme a participação do chuveiro aumenta, a participação do refrigerador decresce. Essa característica pode ser explicada devido ao grande crescimento no uso final de

chuveiros elétricos, que variou entre 1,5 e 50,3% na faixa de menor para a de maior consumo. Através deste estudo se concluiu que o clima e a renda familiar são os principais fatores condicionantes do consumo de energia elétrica, principalmente em termos de chuveiro elétrico e ar-condicionado (FEDRIGO *et al.*, 2009a).

Tabela 3.16 – Alguns usos finais de energia elétrica no Brasil por faixa de consumo no inverno (ano 2005)

Equipamento	0 a 50 kWh/mês (%)	50 a 100 kWh/mês (%)	101 a 200 kWh/mês (%)	201 a 300 kWh/mês (%)	301 a 500 kWh/mês (%)	>500 kWh/mês (%)
Chuveiro	1,5	7,8	27,7	35,2	40,8	50,3
Refrigerador	53,8	50,6	28,5	18,8	12,9	8,1
Ar-condicionado	0,0	0,2	2,6	4,3	7,0	10,7
Outros	44,7	41,4	41,2	41,7	39,3	30,9

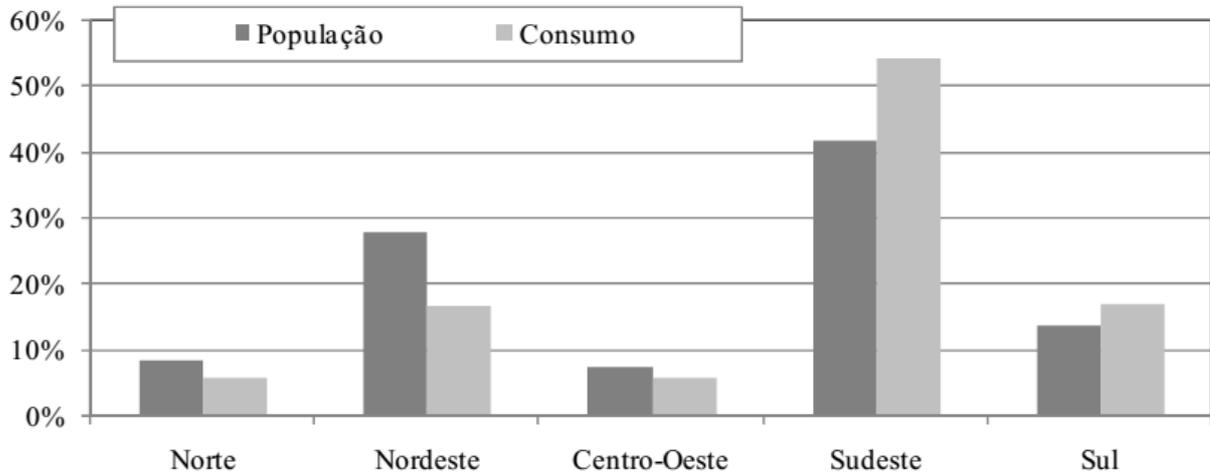
Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009a)

#### 3.4.5 Usos finais de energia elétrica no setor residencial Brasileiro por zona bioclimática

Na pesquisa de Fedrigo *et al.* (2009b) o consumo de energia elétrica no setor residencial foi determinado por região geográfica, zona bioclimática e subzona. O objetivo do trabalho era determinar a posse e o grau de utilização de equipamentos elétricos no setor residencial brasileiro, tendo em vista a grande variação na distribuição do consumo de energia elétrica no país.

A desigualdade na distribuição no consumo de energia pode ser verificada na Figura 3.40, onde se relaciona população e consumo por região geográfica. A região nordeste detinha o segundo maior contingente populacional (aproximadamente 30,0%) e cerca de 16,0% do consumo de energia. Em contraste, a região sul possuía somente cerca de 13,0% da população e um consumo de 17,1%. A região sudeste se destaca pelo uso de 54,3% do total de energia e população correspondente a aproximadamente 40% (Fedrigo *et al.*, 2009b).

Figura 3.40 – Consumo de energia elétrica e distribuição da população por região geográfica



Obs: Fedrigo et al. (2009b) utilizaram informações do Balanço Energético Nacional de 2006 e do IBGE em 2007.

Fonte: Fedrigo et al. (2009b)

No estudo de Fedrigo *et al.* (2009b) foi feita uma análise do consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro. Verificou-se que houve um crescimento significativo em 2006 de 3,58% em relação a 2005. Este crescimento foi principalmente devido à incorporação de 1,7 milhões de ligações residenciais em 2005. As regiões norte e sudeste tiveram a maior taxa de expansão do consumo residencial brasileiro, 4,4 e 4,1%, respectivamente. O menor consumo médio residencial foi registrado para o nordeste do país, 96,8 kWh/mês. O sul obteve o consumo médio de 162 kWh/mês.

As informações referentes ao uso final de energia no setor residencial brasileiro por região geográfica podem ser encontradas na pesquisa de Fedrigo *et al.* (2009a), que utilizou a mesma base de dados que Fedrigo *et al.* (2009b).

A partir de considerações sobre a influência das condições climáticas e geográficas no uso final de energia elétrica, Fedrigo *et al.* (2009b), através do banco de dados cedido pelo Procel (ano base 2005), reorganizou estas informações. As informações foram reorganizadas a fim de encontrar semelhança ou padrão no consumo de energia elétrica no Brasil. O estudo dividiu o consumo por regiões geográficas, Zonas Bioclimáticas e Subzonas. A separação por classificação bioclimática foi realizada conforme a norma NBR 15220. Ao buscar uma menor variação do consumo entre as cidades de uma mesma Zona Bioclimática foi feita uma divisão do território nacional em 29 partes, designadas Subzonas. As cidades

pertencentes a uma Subzona possuem algumas características geográficas em comum: altitude e a proximidade entre as cidades (semelhança nos hábitos de consumo – cultura). O trabalho também levou em consideração informações socioeconômicas tais como: número de pessoas por residência e renda familiar.

Na pesquisa de Fedrigo *et al.* (2009b), assim como Fedrigo *et al.* (2009a), constatou-se que nas regiões norte e nordeste as residências, em sua maioria, possuíam renda familiar de até 2 salários mínimos. Em contraste, a região sul era detentora da maior porcentagem de casas com maiores rendas, o que pode servir como uma das justificativas para o alto consumo residencial do sul. A região sul também possuía o menor número de moradores por residência, enquanto que o norte e o nordeste apresentaram os maiores números. O norte e o nordeste obtiveram os menores valores de consumo de energia elétrica por residência, sendo que a região de maior consumo foi a sul.

De acordo com a Tabela 3.17, a região sul possui a maior quantidade de equipamentos por residência e o maior índice de posse dentre as cinco regiões, inclusive com relação ao chuveiro elétrico. Na Tabela 3.18 nota-se um aumento no número médio da maior parte dos equipamentos por residência, de 1998 para 2005. No entanto, nas regiões nordeste e centro-oeste observou-se uma redução do número médio de chuveiro elétrico por residência.

Tabela 3.17 – Posse de equipamentos por domicílio, por região geográfica (ano 2005)

Equipamentos	Posse de equipamentos por região (%)					Posse média (%)
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	
Refrigerador	93	93	97	96	99	96
Chuveiro	4	30	91	84	99	62
Ar-condicionado	12	16	11	7	16	12

Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009b)

Tabela 3.18 – Comparação de posse média de equipamentos entre 1998 e 2005

Equipamentos	Posse média de equipamentos por região (unidade)									
	Norte		Nordeste		Centro-Oeste		Sudeste		Sul	
	1998	2005	1998	2005	1998	2005	1998	2005	1998	2005
Refrigerador	-	0,95	0,78	0,95	0,92	1,01	0,92	1,11	0,87	1,01
Chuveiro	-	0,05	0,41	0,39	1,13	1,06	0,84	1,08	1,01	1,16
Ar-condicionado	-	0,6	0,06	0,19	0,06	0,14	0,11	0,09	0,03	0,25

Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009b)

O percentual de residências que não aquecem água para banho no norte e nordeste é muito alto, 52 e 93%, respectivamente. Nas regiões sul, sudeste e centro-oeste a maioria da população aquece água com chuveiro elétrico. Em geral o aquecimento a gás é baixo e o aquecimento solar de água ainda é pouco empregado no Brasil.

Observando a Tabela 3.19, nota-se que a região sul é que possui o hábito mais preocupante com relação ao uso do chuveiro elétrico. Na região sul, independente da época do ano (verão ou inverno), a maior parte das residências utiliza a posição “inverno” do chuveiro, que é a que mais consome energia. Ao contrário da região sul, na região centro-oeste verifica-se que a maioria das residências o chuveiro permanece na posição “verão”, tanto na estação de inverno quanto na de verão. E, uma considerável parte dos domicílios mantém o chuveiro desligado nas duas estações principais.

Tabela 3.19 – Posição da chave que controla o aquecimento da água por estação (ano 2005)

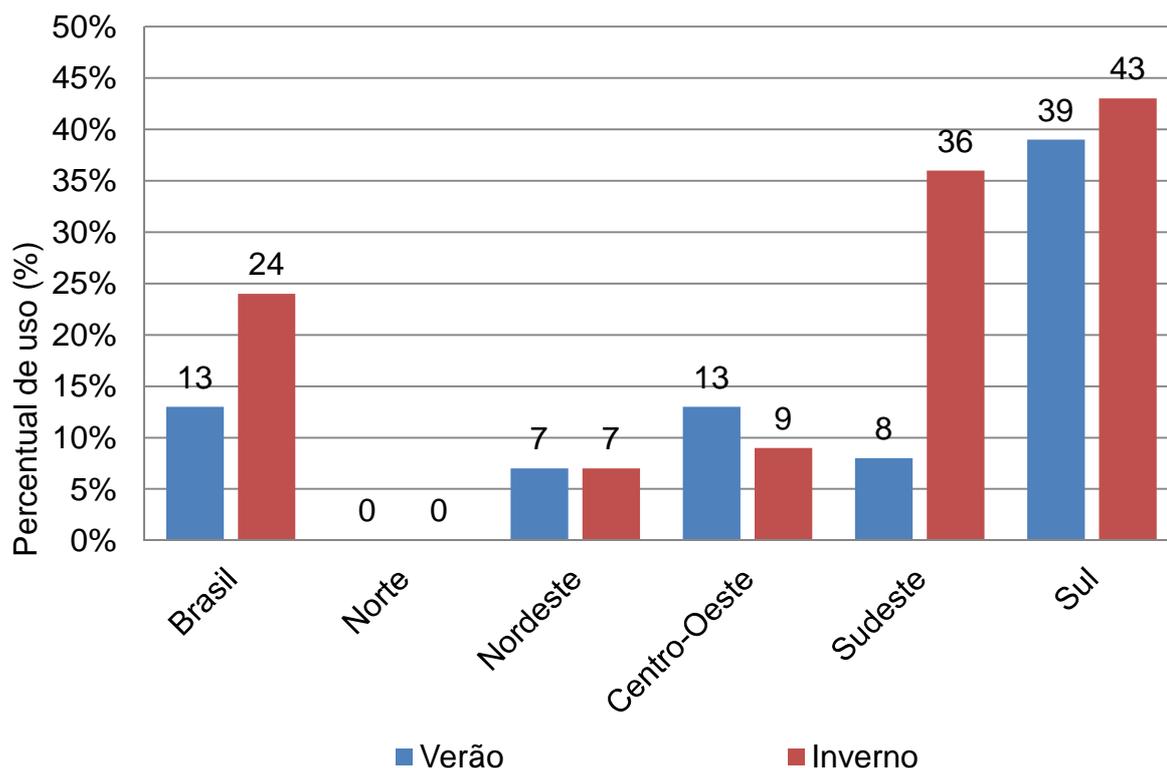
Região	Estação	Quantidade de residências (%)			
		Verão	Inverno	Desligado	NS/NR
Norte	Verão	0,8	1,1	2,2	96,0
	Inverno	2,5	0,5	1,1	96,0
Nordeste	Verão	12,0	12,5	6,3	69,2
	Inverno	14,8	13,5	2,3	69,5
Centro-Oeste	Verão	35,6	16,7	32,8	14,9
	Inverno	33,9	24,4	26,3	15,3
Sudeste	Verão	66,4	17,0	6,6	10,0
	Inverno	17,6	71,1	1,1	10,1
Sul	Verão	5,9	76,5	16,1	1,5
	Inverno	3,3	82,4	12,8	1,5

Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009b)

Na Figura 3.41 observa-se que a região norte apresenta consumo nulo de energia elétrica com chuveiro o ano todo. O consumo do chuveiro elétrico aumenta da região norte para o nordeste em 7% (no verão e no inverno). Em contraste, na região centro-oeste o chuveiro foi o segundo equipamento que mais consumiu energia elétrica por domicílio no verão, com 13% de participação. Na região sudeste o chuveiro é o equipamento que mais consome energia no inverno, com 36% de participação. Contudo, no verão o consumo do chuveiro elétrico decresce para 8%.

Observando a região sul, nota-se o alto consumo do chuveiro tanto no verão quanto no inverno. Esta região é conhecida por possuir uma média de temperatura baixa durante grande parte do ano. A participação do chuveiro elétrico no consumo residencial na região sul foi de 39% no verão e de 43% no inverno.

Figura 3.41 – Uso do chuveiro elétrico no Brasil e por região geográfica (ano 2005)



Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009b)

Observando a Tabela 3.20, verifica-se que o consumo do chuveiro elétrico aumentou de 1998 (informações mostradas no item 3.4.3) para 2005 (informações mostradas no item 3.4.4), em 11%. Tendo em vista que para as outras regiões o consumo devido ao chuveiro foi reduzido, exceto pela região nordeste em que se manteve o mesmo, o grande aumento no sul pode ser devido falha na pesquisa (feita por questionário) (Fedrigo *et al.*, 2009b).

Tabela 3.20 – Comparação de usos finais de eletricidade entre 1998 e 2005

Equipamentos	Uso final de eletricidade por região (%)									
	Norte		Nordeste		Centro-Oeste		Sudeste		Sul	
	1998	2005	1998	2005	1998	2005	1998	2005	1998	2005
Refrigerador	35	50	41	47	34	43	33	32	33	21
Chuveiro	5	1	7	7	23	11	23	22	22	41
Ar-condicionado	9	3	3	2	2	2	3	1	2	1

Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009b)

Em sua pesquisa, Fedrigo *et al.* (2009b) observaram que a altitude e a dinâmica das correntes e massas de ar causam uma vasta diversidade climática. Um exemplo é a temperatura média das cidades brasileiras, que se difere em mais de 10°C entre algumas cidades estudadas. Na Tabela 3.21 é mostrada a distribuição do consumo de energia elétrica para as oito Zonas Bioclimáticas. Enquanto o refrigerador apresenta uma pequena variação de consumo de energia, o chuveiro teve uma diferença de até 130 kWh/mês de uma zona para outra no inverno. O consumo do chuveiro varia com a zona (altitude e temperatura), assim como o consumo do ar-condicionado.

O consumo médio mensal do chuveiro elétrico tanto no verão quanto no inverno, descesse da Zona 1 para a Zona 8, ou seja, das zonas de menor latitude para as de maior. Em geral, o chuveiro apresenta um aumento em seu consumo do verão para o inverno, principalmente das Zonas 3 a 8, enquanto que nas Zonas 1 e 2 (região sul, em maioria) a variação é menor, pois o consumo é muito alto nas duas estações.

O maior consumo total, considerando todos os equipamentos de um domicílio, foi das Zonas de temperaturas mais baixas. A Zona 1 teve o maior consumo total no verão, chegando a 310 kWh/mês. O menor consumo foi da Zona 7, no verão, com um total de aproximadamente 87 kWh/mês. Entre as zonas, o equipamento que mais variou seu consumo de energia foi o chuveiro elétrico.

Tabela 3.21 – Consumo de energia elétrica por Zona Bioclimática no verão e inverno (ano 2005)

Equipamento/ Zona	Consumo médio mensal por residência (kWh/mês)							
	Refrigerador (não varia)	Chuveiro		Ar-condicionado		Outros	Consumo Total	
		Verão	Inverno	Verão	Inverno		Verão	Inverno
Zona 1	39,91	126,51	145,19	48,07	0,00	135,48	310,06	280,67
Zona 2	36,41	76,14	87,65	2,29	0,09	99,79	178,22	187,52
Zona 3	40,29	47,31	120,30	4,55	0,07	125,18	177,04	245,55
Zona 4	37,51	12,85	47,02	1,72	0,11	98,98	113,55	146,12
Zona 5	36,12	48,98	57,48	9,93	0,00	85,46	144,37	142,93
Zona 6	36,35	18,41	25,50	10,96	0,42	76,19	105,56	102,10
Zona 7	34,93	0,88	15,87	8,17	10,67	77,82	86,87	104,37
Zona 8	37,65	10,51	14,43	20,03	2,40	82,34	112,88	99,16

Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009b)

Na Tabela 3.22, onde é mostrado o percentual de usos finais de energia elétrica por Zona e época do ano, verifica-se que na Zona 1 se tem a maior participação do chuveiro no consumo de energia tanto no verão quanto no inverno. O alto consumo do chuveiro nessa zona torna a participação do refrigerador baixa em relação aos demais equipamentos. Na Zona 2 se observa uma maior participação do refrigerador em relação à Zona 1, principalmente pela diminuição na participação do chuveiro.

Segundo Fedrigo *et al.* (2009b), a Zona 3 possui uma queda no consumo do chuveiro no verão por possuir áreas de temperaturas mais elevadas nesta estação. Na Tabela 6 também se observa que na Zona 4 há um crescimento representativo no uso final do refrigerador, uma vez que o consumo do chuveiro é bem menor que das Zonas 1 e 2. Nota-se uma redução progressiva da participação do chuveiro no consumo residencial da Zona 1 para a Zona 8, ou seja, das Zonas de menor temperatura para as de maior. A Zona 7 tem o menor consumo de chuveiro elétrico

no verão e no inverno, 0 e 6%, respectivamente, seguida da Zona 8 com 5% e 7% de participação do chuveiro no verão e inverno, respectivamente.

Tabela 3.22 – Consumo de energia elétrica de alguns equipamentos por Zona Bioclimática no verão e inverno (ano 2005)

Equipa- mento/ Zona	Usos finais de energia elétrica (%)							
	Refrigerador		Chuveiro		Ar-condicionado		Outros	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Zona 1	19	17	34	45	8	0	39	38
Zona 2	30	27	30	36	0	0	40	37
Zona 3	32	22	15	42	1	0	52	36
Zona 4	40	34	6	21	1	0	53	45
Zona 5	33	34	20	27	1	0	46	39
Zona 6	44	43	11	15	4	0	41	42
Zona 7	46	43	0	6	3	3	51	48
Zona 8	45	46	5	7	5	1	45	46

Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009b)

Fedrigo *et al.* (2009b) dividiu as Zonas Bioclimáticas em 29 Subzonas. Assim, se obteve uma menor variação do consumo de energia elétrica entre as cidades. Na divisão considerou-se a altitude, a proximidade entre as cidades e o consumo do chuveiro elétrico.

Na Tabela 3.23 é mostrado o consumo de energia elétrica para as 29 Subzonas. Em geral, os equipamentos mostraram baixa variação no consumo de energia nas Subzonas de uma mesma Zona, com exceção do ar-condicionado e do chuveiro elétrico. Nas Zonas 2 e 3 há uma grande diferença de consumo entre algumas Subzonas em relação ao chuveiro elétrico. Por exemplo, nas Subzonas C e D, pertencentes à Zona 2, o chuveiro possuiu um consumo de 6,75 e 99,90 kWh/mês, respectivamente. Observando os percentuais de participação dos equipamentos no consumo elétrico residencial da Tabela 3.24, nota-se que o chuveiro foi o equipamento que teve a maior variação de consumo, de até 46,1% no inverno e de 41,1% no verão.

Tabela 3.23 – Consumo de energia elétrica por Subzona em kWh/mês, por estação (ano 2005)

Zona	Subzona	Consumo médio mensal de energia (kWh/mês)						
		Refrige-rador	Chuveiro		Ar-condicionado		Consumo Total	
			Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
1	A	36,73	108,10	107,25	5,41	0,00	223,80	217,53
	B	40,79	131,61	155,69	59,87	0,00	333,53	297,74
2	C	32,40	6,75	41,04	0,00	0,00	72,60	106,89
	D	37,07	99,90	105,03	2,72	0,00	208,22	210,63
	E	37,06	73,50	84,28	2,61	0,21	180,19	188,56
3	F	40,25	52,62	128,15	4,93	0,08	183,33	245,02
	G	40,55	11,12	66,72	1,97	0,00	119,34	172,97
4	H	40,49	12,88	79,39	2,58	0,00	115,53	179,46
	I	35,24	9,47	29,16	1,38	0,18	102,53	121,31
5	J	33,88	11,91	16,49	5,46	0,00	84,33	83,46
	K	37,26	63,16	81,35	10,87	0,00	172,65	179,98
	L	36,16	67,59	46,53	15,10	0,00	140,31	104,15
6	M	39,73	58,53	64,85	11,15	0,00	142,91	138,08
	N	35,96	3,23	4,84	12,91	0,05	93,62	82,37
	O	32,29	1,11	9,64	9,60	1,96	77,62	78,51
	P	36,74	0,00	47,01	0,00	0,00	83,18	130,19
7	Q	33,67	0,00	29,54	8,72	15,35	74,45	110,63
	R	41,88	2,45	5,72	0,00	0,00	108,36	111,62
	S	33,86	1,16	7,08	10,23	9,90	85,86	91,45
8	T	36,85	2,08	2,25	17,46	2,99	96,28	81,98
	U	39,57	1,05	33,65	26,52	0,00	120,76	126,83
	V	35,23	30,83	19,24	3,15	4,06	93,09	82,41
	X	41,64	39,31	55,75	58,72	0,00	200,13	157,85

Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009b)

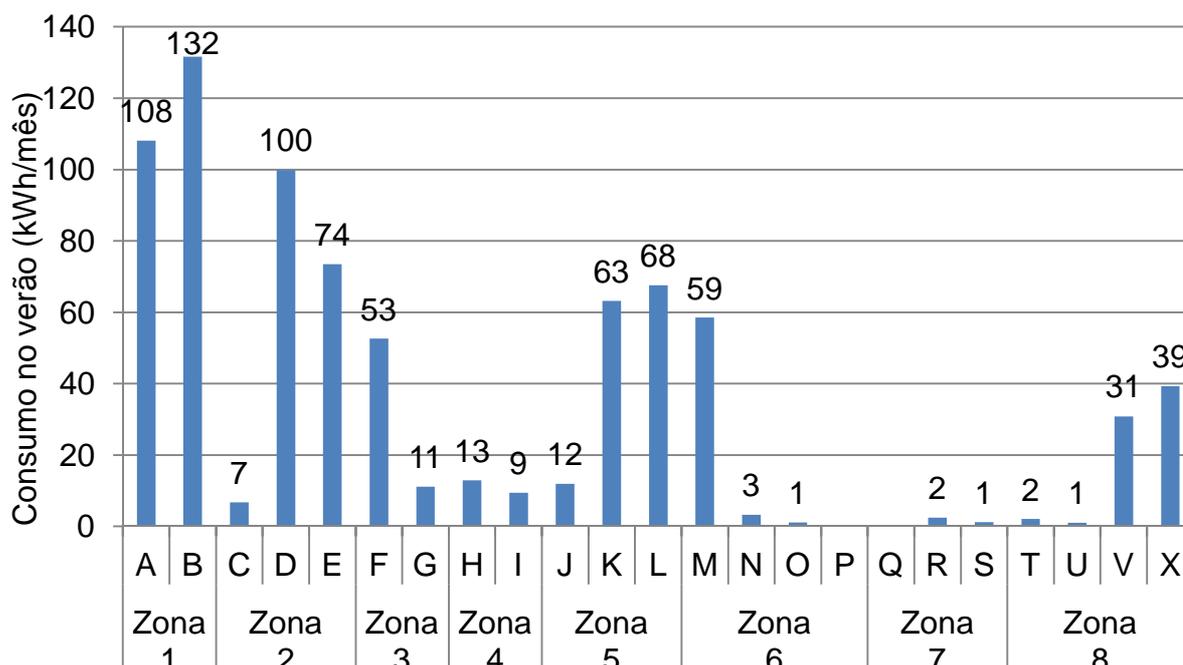
Tabela 3.24 – Consumo de energia elétrica por Subzona, por estação (ano 2005)

Zona	Subzona	Usos finais de energia elétrica residencial (%)					
		Refrigerador		Chuveiro		Ar-condicionado	
		Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
1	A	21,5	22,0	38,8	38,7	2,5	0,0
	B	17,7	16,1	31,7	46,1	10,1	0,0
2	C	52,9	54,1	0,0	0,0	2,4	0,1
	D	25,8	23,5	34,2	39,2	0,5	0,0
	E	30,1	27,6	31,9	36,2	0,4	0,1
3	F	34,9	27,7	14,9	33,0	1,5	0,3
	G	36,9	36,3	21,2	26,4	3,8	0,0
4	H	32,4	27,6	14,7	31,1	2,8	0,0
	I	41,2	34,5	5,1	22,9	2,5	0,0
5	J	43,6	42,4	6,3	11,7	1,6	0,0
	K	30,2	26,7	21,1	35,0	1,3	0,0
	L	34,9	43,1	41,1	29,8	1,2	0,0
6	M	33,9	32,8	24,7	31,2	4,7	0,0
	N	35,5	32,6	15,3	26,5	5,7	0,0
	O	38,0	27,2	12,8	39,2	3,0	0,0
	P	48,6	37,2	2,2	28,2	0,0	0,0
7	Q	40,3	26,7	18,0	44,9	0,0	0,0
	R	29,0	15,9	3,0	45,5	0,0	0,0
	S	44,1	43,1	0,5	2,4	3,3	3,1
8	T	47,8	48,9	0,9	1,3	4,4	0,8
	U	42,9	40,0	0,3	12,7	7,1	0,0
	V	47,7	51,3	18,5	11,4	1,0	1,2
	X	36,4	21,7	2,5	43,0	0,2	0,0

 Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009b)

Ao observar a Figura 3.42, nota-se que as Subzonas das Zonas 4, 6, 7 e 8 apresentam os menores consumos de energia elétrica com chuveiro no inverno. As zonas 1 e 2 apresentam os maiores valores de consumo, seguidos da Zona 5 e da Subzona M, pertencente à Zona 6. É notório que há uma variação muito grande de consumo dentro de algumas Zonas Bioclimáticas. Na Zona 2, a qual é responsável por um dos maiores consumos de energia com chuveiro elétrico, a Subzona 2 consome menos de 10 kWh/mês de energia, enquanto as Subzonas D e E consomem mais de 65 kWh/mês. Uma situação semelhante, de variação nos resultados dentro de uma mesma Zona, se repete nas Zonas 3, 5, 6 e 8, no verão.

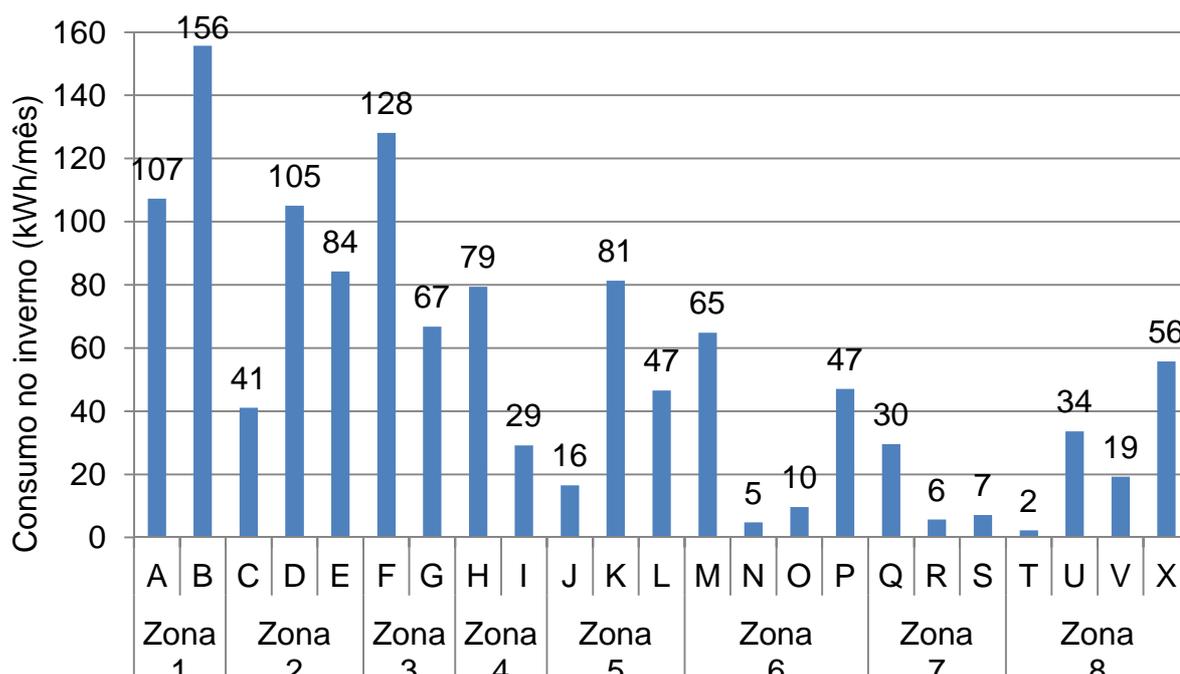
Figura 3.42 – Consumo de energia do chuveiro por subzonas no verão (2005)



Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009b)

Na Figura 3.43, que mostra o consumo de energia elétrica no inverno por Subzona, também se observa uma variação grande nos resultados para as Zonas 2 a 8. As maiores discrepâncias são encontradas nas Zonas 6, 7 e 8, onde se vê uma diferença de até 54 kWh/mês na Zona 8, por exemplo.

Figura 3.43 – Consumo de energia do chuveiro por subzonas no inverno (ano 2005)



Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009b)

Em geral, do verão para o inverno o consumo de energia elétrica com chuveiro aumenta nas oito Zonas Bioclimáticas e também em todas as Subzonas, com exceção das Subzonas A, L e V, onde há uma pequena redução no consumo, o que pode ser devido à margem de erro do método. As Subzonas das Zonas 6, 7 e 8 são as que menos consomem energia elétrica com chuveiro tanto no verão quanto no inverno, salvo algumas discrepâncias de consumo dentro das próprias Zonas, como supracitado.

O trabalho de Fedrigo *et al.* (2009b) também analisou os usos finais por faixa de consumo de energia elétrica. Na Tabela 3.25, nota-se que as residências da menor faixa de consumo apresentam uma participação do refrigerador maior no uso final de energia. Nas faixas de maior valor de consumo mensal o chuveiro tem um aumento acentuado em sua participação, o que diminui a participação do refrigerador em geral. Na faixa de 0 a 50 kWh/mês o chuveiro teve uma participação de 2%, tendo um aumento progressivo em sua participação até a faixa de 500 kWh/mês, onde atingiu o percentual de 60% na participação do consumo de energia elétrica.

Tabela 3.25 – Participação de usos finais de energia elétrica por residência por faixa de consumo médio (ano 2005)

Equipamento	Participação por faixa de consumo (kWh/mês), em %					
	0 a 50	51 a 100	101 a 200	201 a 300	301 a 500	>500
Refrigerador	54	49	26	17	13	9
Chuveiro	2	11	38	46	51	60
Ar-condicionado	0	0	1	1	1	1
Outros	44	40	35	36	35	30

Fonte: Adaptado de Fedrigo *et al.* (2009b)

De acordo com Fedrigo *et al.* (2009b), a maioria das residências, cerca de 33%, consome de 50 a 100 kWh/mês. Outra faixa representativa é a de consumo entre 101 e 200 kWh/mês, com 31% das residências.

## **4 ESTUDOS DO MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA SOBRE USO FINAL DE ENERGIA**

Neste capítulo são abordados relatórios, planos e estudos promovidos pelo Ministério de Minas e Energia (MME) através da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), do Departamento de Desenvolvimento Energético, do Operador Nacional do Sistema Elétrico, dentre outros, que informam sobre a posse de equipamentos elétricos e aquecimento de água no setor residencial.

### **4.1 Plano Nacional de Eficiência Energética 2030**

O Plano Nacional de Eficiência Energética é uma proposta em estudo que se refere às diversas ações que visam a redução da energia necessária para atender as necessidades de demanda da população, indústria e comércio (PNEf, 2011).

Entende-se por uso de energia serviços em forma de luz, calor/frio, acionamento, transportes e processos. O PNEf visa ser integrado ao Plano Nacional de Expansão de Energia e ao Plano Decenal de Expansão, os quais estabelecem metas de conservação de energia a serem alcançadas dentro de determinados horizontes.

Segundo o PNEf (2015), o Plano Nacional de Eficiência Energética tem o objetivo de apresentar premissas e diretrizes básicas para introduzir a eficiência energética na agenda energética brasileira. O plano foi aprovado em 2011 pela portaria nº 594, e cabe ao Ministério de Minas e Energia (MME) implantá-lo. O PNEf define e regulamenta. A execução compete ao Ministério de Minas e Energia (MME), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), e demais órgãos e empresas ligados ao setor de energia do país. Através de uma política nacional de eficiência energética e através dos programas do governo, o PNEf busca reduzir em 10% o consumo de energia até 2030.

Uma das propostas do PNEf (2011) é estudar a tecnologia de bomba de calor como possível substituto aos outros tipos de aquecimento de água em edificações. Outra linha de ações voltada para habitação é estimular a instalação de sistema de aquecimento solar e a gás nas edificações. Para este fim se consideraria a demanda

de energia para aquecimento de água e o potencial de redução do consumo de energia elétrica por meio de incentivos econômico-financeiros.

O período de maior crescimento do setor de aquecimento solar ocorreu quando foram implementadas políticas públicas voltadas à eficiência energética. Contudo, os chuveiros elétricos para aquecimento de água continuam sendo muito utilizados no Brasil como em nenhum outro país. No Brasil os chuveiros são produzidos em larga escala e a baixo custo inicial e são de fácil instalação (PNEf, 2011).

De acordo com PNEf (2011) o país consagrou o uso do chuveiro elétrico quando houve a crise do petróleo na década de 70, pois se incentivou o uso de equipamentos elétricos, investindo-se em diversos empreendimentos hidrelétricos. Uma vez que os chuveiros elétricos são equipamentos de baixo custo inicial e de fácil instalação, é previsto que para 2030 eles continuem sendo responsáveis por uma parcela representativa do consumo de energia para aquecimento de água. Principalmente para a população de baixa renda das regiões que demandam maior consumo de água quente.

O PNEf (2011), em termos de aquecimento de água, visa a capacitação deste segmento. O Departamento Nacional de Aquecimento Solar (DASOL) da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA), desenvolve um programa de capacitação de profissionais em energia solar, a fim de promover sustentabilidade em projetos de sistemas de aquecimento de água.

O PBE para coletores solares, coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), classifica os modelos de coletores existentes no Brasil de acordo com sua eficiência energética. Assim, o consumidor tem mais informações sobre essa tecnologia em substituição a outros equipamentos empregados para aquecimento de água (chuveiros elétricos, aquecedores elétricos, a gás, etc.).

Outra ação proposta pelo PNEf (2011), relativa ao aquecimento de água, é promover linhas de financiamentos da Caixa Econômica Federal para aquisição de sistemas termossolares. Também aperfeiçoar engenheiros e arquitetos na realização de projetos e aplicação de sistemas termossolares.

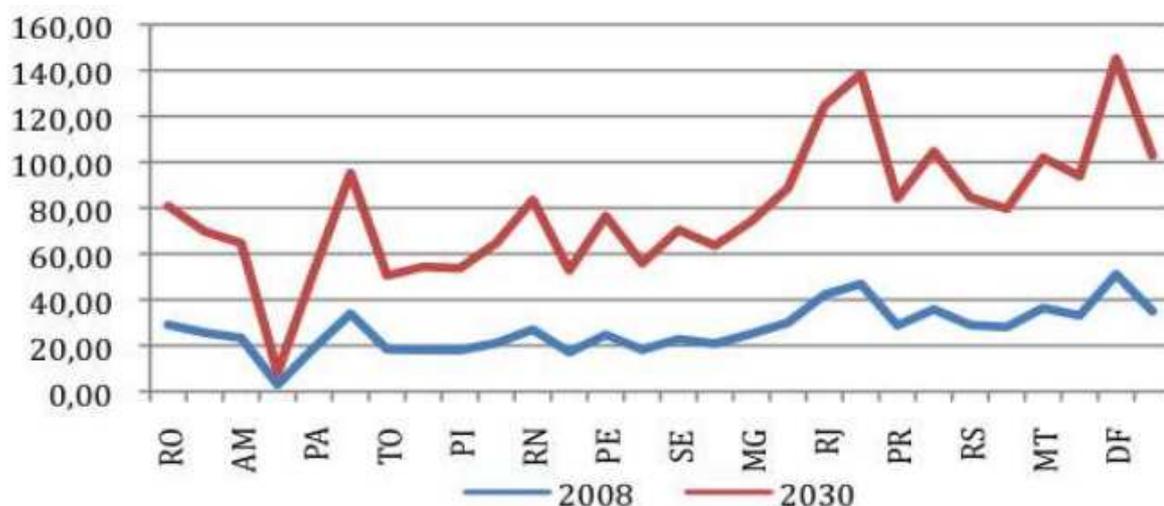
Segundo PNEf (2011), as projeções para a posse do chuveiro elétrico indicam um crescimento de 39,7 milhões em 2001 para cerca de 69,7 milhões em 2030, entre a população brasileira. No cenário nacional as projeções para 2030 sugerem

que os chuveiros elétricos sejam responsáveis por 18% do consumo médio nacional residencial de eletricidade. As projeções para 2030, de acordo com dados do Procel (2007) e Aneel (2009), indicam que o Distrito Federal terá o maior consumo médio do país com chuveiro elétrico, chegando a 94 kWh/mês por residência (25,9% da média de consumo residencial de energia). Em São Paulo e Rio de Janeiro o chuveiro elétrico será responsável por aproximadamente 24% da média do consumo residencial. No sul, a projeção para 2030 aponta para uma participação do chuveiro no consumo médio residencial de eletricidade de 21,37%. As projeções sugerem que em 2030 o consumo dos chuveiros elétricos chegará a 56,8 TWh/ano no país. Em relação a 2008, onde o consumo foi de 19,4 TWh/ano, o aumento no horizonte de 2030 é de aproximadamente 190%.

Um grande estímulo do Governo Federal rumo à redução do uso de chuveiro elétrico é o incentivo à implantação de equipamentos de aquecimento solar de água nas habitações do Programa “Minha Casa, Minha Vida”. Recomenda-se o uso de sistemas híbridos de aquecimento, onde o chuveiro elétrico fornece energia quando o aquecimento solar não é o suficiente (PNEf, 2011).

Na Figura 4.1 é mostrada a projeção do consumo dos chuveiros elétricos em 2030 para alguns estados da federação. No Brasil, em 2010, os chuveiros elétricos tinham participação de 18% do pico de demanda do sistema e 6% do consumo total nacional de eletricidade (22 TWh/ano). Geralmente o maior pico de demanda ocorria entre 18 e 19 horas.

Figura 4.1 – Projeção estadual do consumo do chuveiro por domicílio em kWh/mês, em 2030



Fonte: PNEf (2011)

## 4.2 Plano Nacional de Energia 2030

É um estudo fundamental para o planejamento de longo prazo. O Plano Nacional de Energia 2030, junto da projeção da Matriz Energética Nacional e do Plano Decenal de Expansão subsidiam a definição de políticas energéticas. O objetivo do PNE é o planejamento de longo prazo do setor energético, orientando tendências e alternativas de expansão desse setor para as próximas décadas (PNE 2030, 2007a).

De acordo com PNE 2030 (2007b), em 2005 o aquecimento de água foi responsável por 25% do consumo do setor residencial, contribuindo significativamente para o pico de carga, especialmente nas regiões sul e sudeste, onde há maior posse de chuveiro elétrico. A participação de 25% do consumo de energia com aquecimento de água no setor residencial correspondeu a quase 21.000 GWh no ano de 2005.

Em 2006, o preço de um chuveiro elétrico variava entre R\$19,00 e R\$499,00. Os modelos mais simples contam somente com opções de aquecimento “inverno” e “verão”, sendo a opção “verão” cerca de 30% mais econômica que a “inverno”. Nestes modelos a temperatura é controlada pela vazão da água. Existem muitos outros modelos dotados de potências maiores. Nestes modelos existem mais opções para regulação da temperatura e eles contam com pressurizador de água (PNE 2030, 2007b).

Outro equipamento utilizado para aquecimento de água nos domicílios é o aquecedor elétrico de acumulação, ou *boiler*. O sistema basicamente é constituído de uma resistência elétrica interna a um reservatório térmico. Um termostato permite a regulação da temperatura. A água do reservatório é distribuída até os pontos de uso. Uma grande vantagem deste sistema é que a água pode ser aquecida fora do horário de pico de carga. Contudo, embora a temperatura da água seja mantida constante, mesmo com o aumento da vazão, há uma tendência de aumento tanto no consumo de energia elétrica quanto de água potável. Outra grande desvantagem do *boiler* é a perda de calor pela superfície do reservatório e pela tubulação de distribuição. Estima-se uma eficiência térmica de 70% para este equipamento (PNE 2030, 2007b).

A bomba de calor é outra forma de aquecimento de água, que por ser de duas a três vezes mais eficiente que um aquecedor com resistência elétrica, é

recomendada para substituir *boilers* nos domicílios. Contudo, a bomba de calor tem baixa potência e exige um grande trocador de calor, o que requer um tanque de armazenamento. Assim, este tipo de aquecimento tem um alto custo inicial e é inviável para domicílios sem tubulação de água quente. A bomba de calor é vantajosa para residências de famílias de maior renda e com sistema de distribuição de água quente já instalado, substituindo-se o *boiler* elétrico.

A evolução da posse dos chuveiros elétricos foi determinada considerando-se, além dos fatores citados acima, a projeção do número de domicílios que serão conectados à rede de distribuição de gás no horizonte 2030, incluindo o percentual destes domicílios com aquecedor a gás. Ao considerar a substituição do chuveiro elétrico por aquecedores de água a gás natural, foi estimada a evolução da demanda residencial a gás natural para 2030. A estimativa da demanda residencial de gás natural para o horizonte 2030 foi levantada assumindo-se que o seu crescimento será na mesma proporção do crescimento médio do número de domicílios para este período (PNE 2030, 2007d).

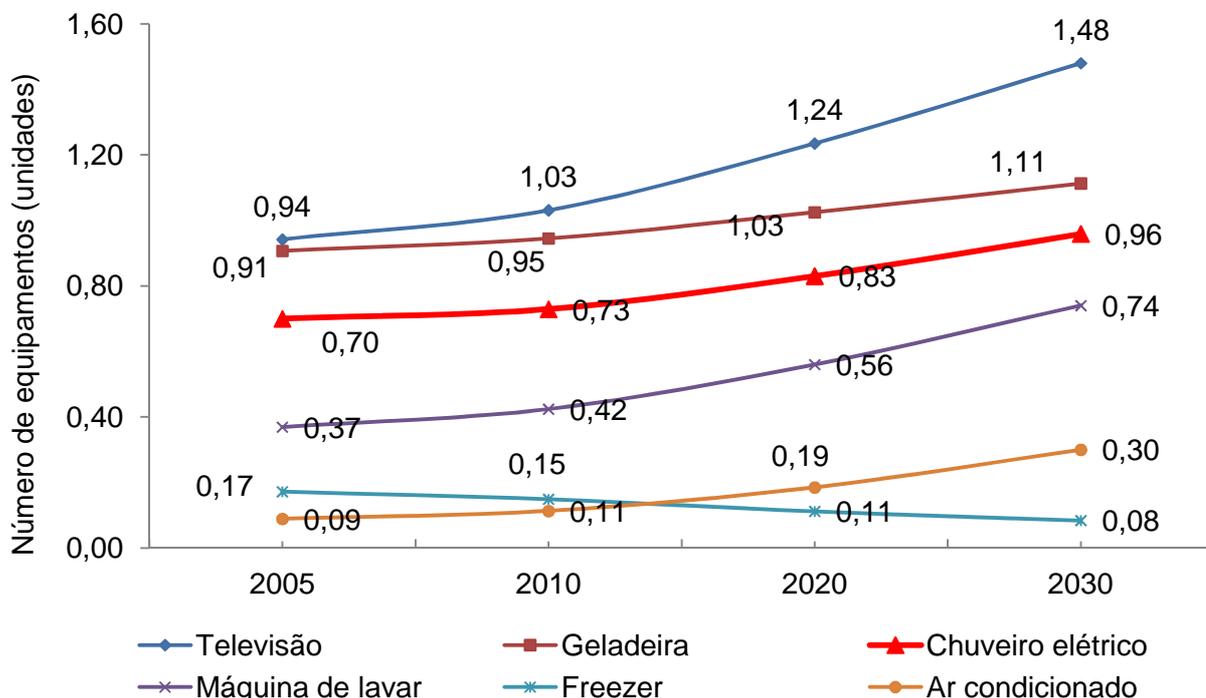
A seguir, é mostrada a evolução da posse de equipamentos elétricos, principalmente do chuveiro elétrico, para os principais cenários socioeconômicos considerados no Plano Nacional de Energia 2030.

#### 4.2.1 Cenário A

Para este cenário há uma maior participação do gás natural para aquecimento de água e cocção, no setor residencial, substituindo energéticos concorrentes como a energia elétrica e o GLP. Com relação ao chuveiro elétrico, supõe-se que neste cenário todos os domicílios que serão conectados à rede de distribuição a gás natural, o utilizarão para o aquecimento de água para banho (PNE 2030, 2007d).

Na Figura 4.2 é mostrada a projeção de posse dos principais equipamentos elétricos no horizonte 2030. Na Tabela 4.1 apresenta-se a relação de domicílios conectados à rede elétrica no horizonte 2005-2030.

Figura 4.2 – Projeção de posse de equipamentos elétricos no Brasil: Cenário A (período 2005-2030)



Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007b)

Tabela 4.1 – Domicílios ligados à rede elétrica no Brasil: Cenário A (período 2005-2030)

Identificação/ano	2005	2010	2020	2030
Domicílios com iluminação elétrica (mil)	50.013	57.511	69.746	81.837
Taxa de atendimento (%)	97,2	100	100	100

Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007b)

#### 4.2.2 Cenário B1

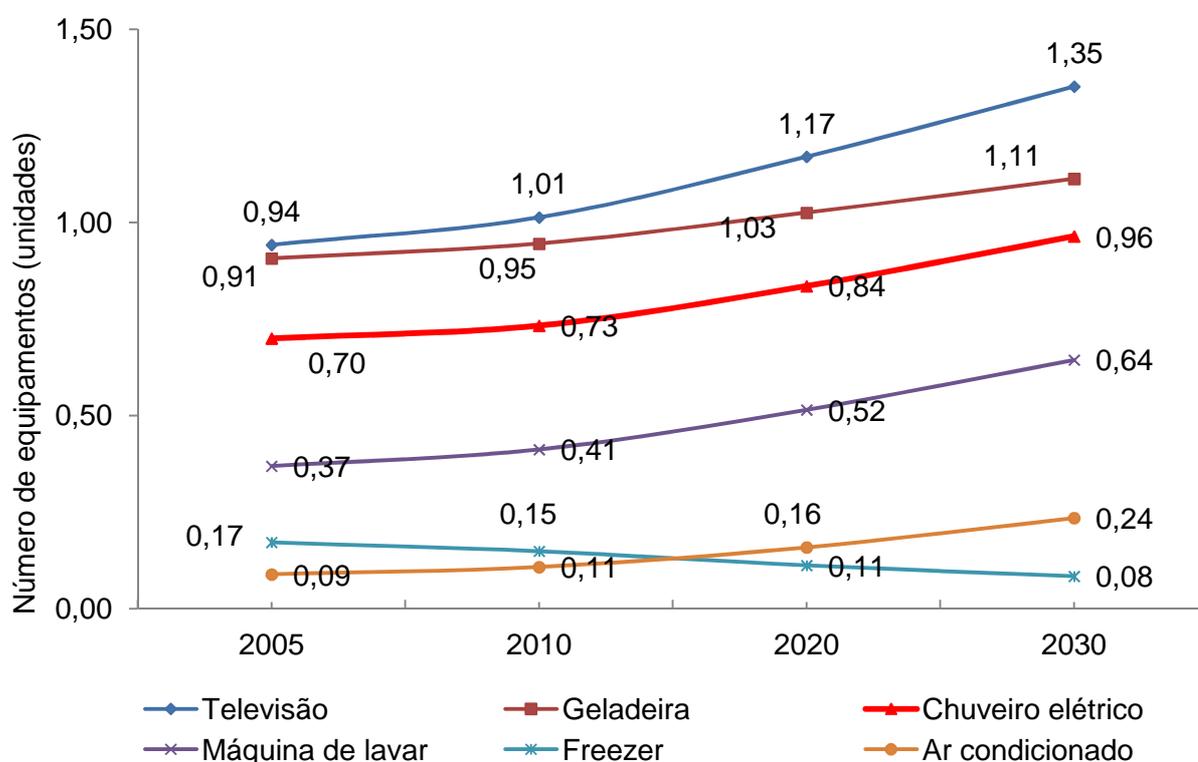
Neste cenário o setor residencial tem uma participação do gás natural para aquecimento de água e cocção, em substituição aos energéticos concorrentes, menor que no cenário mais otimista, Cenário A. Foi estimado que o percentual de domicílios ligados à rede de energia elétrica chegaria a 100% em 2010, e se manteria assim até 2030 (PNE 2030, 2007d).

Na projeção para este cenário, considerou-se que o incremento no número de domicílios ligados à rede de distribuição de gás ao longo do horizonte 2005-2030, influenciaria na posse de chuveiro elétrico. Uma vez que foi assumido que 90% dos

domicílios conectados à rede irão adquirir aquecedores de água a gás (PNE 2030, 2007d).

Na Figura 4.3 é mostrada a projeção de posse dos principais equipamentos elétricos no horizonte 2005-2030, para o Cenário B1. Na Tabela 4.2 apresenta-se o número de domicílios conectados à rede elétrica e a taxa de atendimento, no horizonte 2005-2030.

Figura 4.3 – Projeção de posse de equipamentos elétricos no Brasil: Cenário B1 (período 2005-2030)



Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007b)

Tabela 4.2 – Domicílios ligados à rede elétrica no Brasil: Cenário B1 (período 2005-2030)

Identificação/ano	2005	2010	2020	2030
Domicílios com iluminação elétrica (mil)	50.036	57.511	69.746	81.837
Taxa de atendimento (%)	97,3	100,0	100,0	100,0

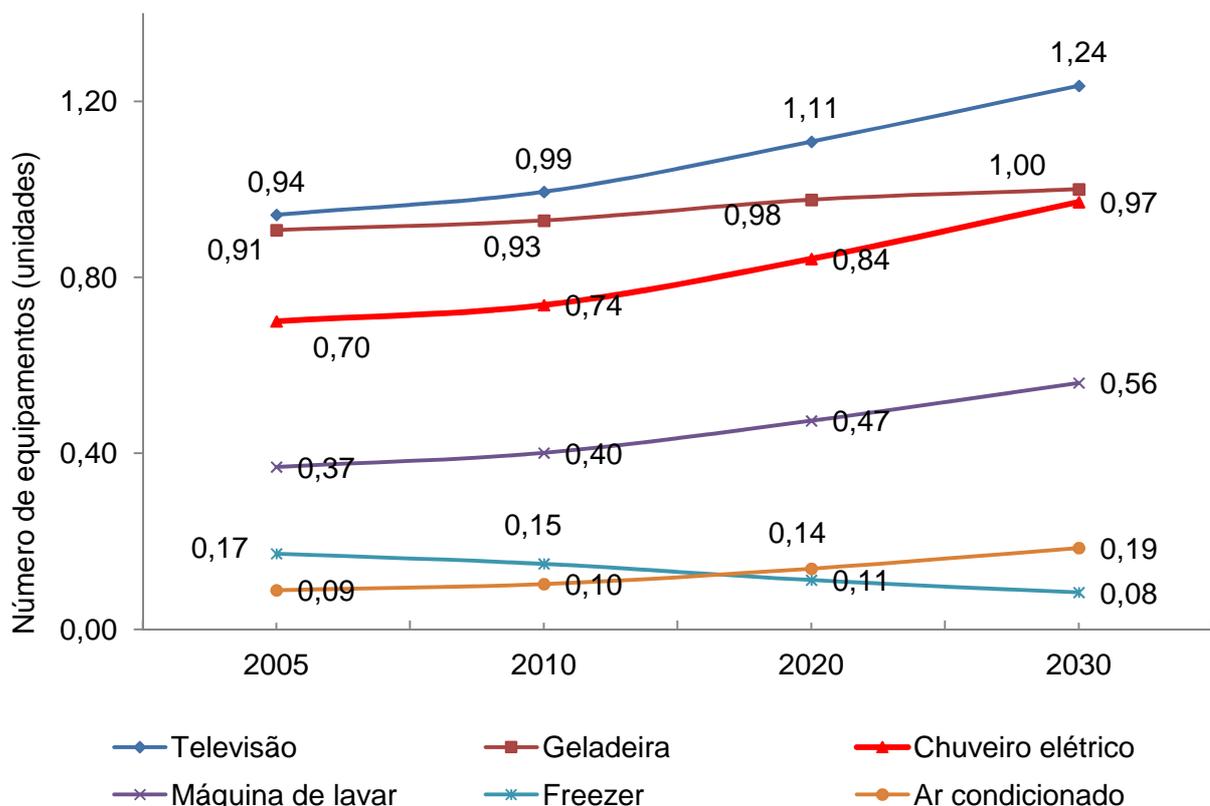
Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007b)

#### 4.2.3 Cenário B2

Neste cenário, no que tange ao setor residencial, a participação do gás natural para aquecimento de água e cocção em substituição à eletricidade e GLP é prevista em menor intensidade que no Cenário B1. Foi estimada uma projeção percentual de domicílios ligados à rede elétrica similar ao do Cenário B1. Nas projeções de posse de chuveiro também se considerou o número de domicílios previstos ligados à rede de distribuição de gás. Assumiu-se que 80% dos domicílios conectados irão adquirir aquecedores de água a gás (PNE 2030, 2007d).

Na Figura 4.4 é mostrada a projeção de posse de equipamentos elétricos no Brasil no horizonte analisado (2005-2030). Na Tabela 4.3 mostra-se o percentual de domicílios abastecidos pela rede elétrica para este mesmo horizonte.

Figura 4.4 – Projeção de posse de equipamentos elétricos no Brasil: Cenário B2 (período 2005-2030)



Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007b)

Tabela 4.3 – Domicílios ligados à rede elétrica no Brasil: Cenário B2 (período 2005-2030)

Identificação/ano	2005	2010	2020	2030
Domicílios com iluminação elétrica (mil)	50.036	57.511	69.746	81.837
Taxa de atendimento (%)	97,3	98,5	100,0	100,0

Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007b)

#### 4.2.4 Cenário C

Para este cenário, no setor residencial, assim como para os demais setores, principalmente o industrial, a velocidade de inserção do gás natural é baixa devido a dificuldades de expansão da malha de transporte e distribuição. Outro fator que colabora com a baixa inserção do gás natural no mercado é a renda da população, que não permite a aquisição maciça de aquecedores de água a gás natural. No Cenário C, além de menos residências ligadas à rede de gás, assumiu-se que somente 70% dos domicílios ligados à rede irão adquirir aquecedores de água.

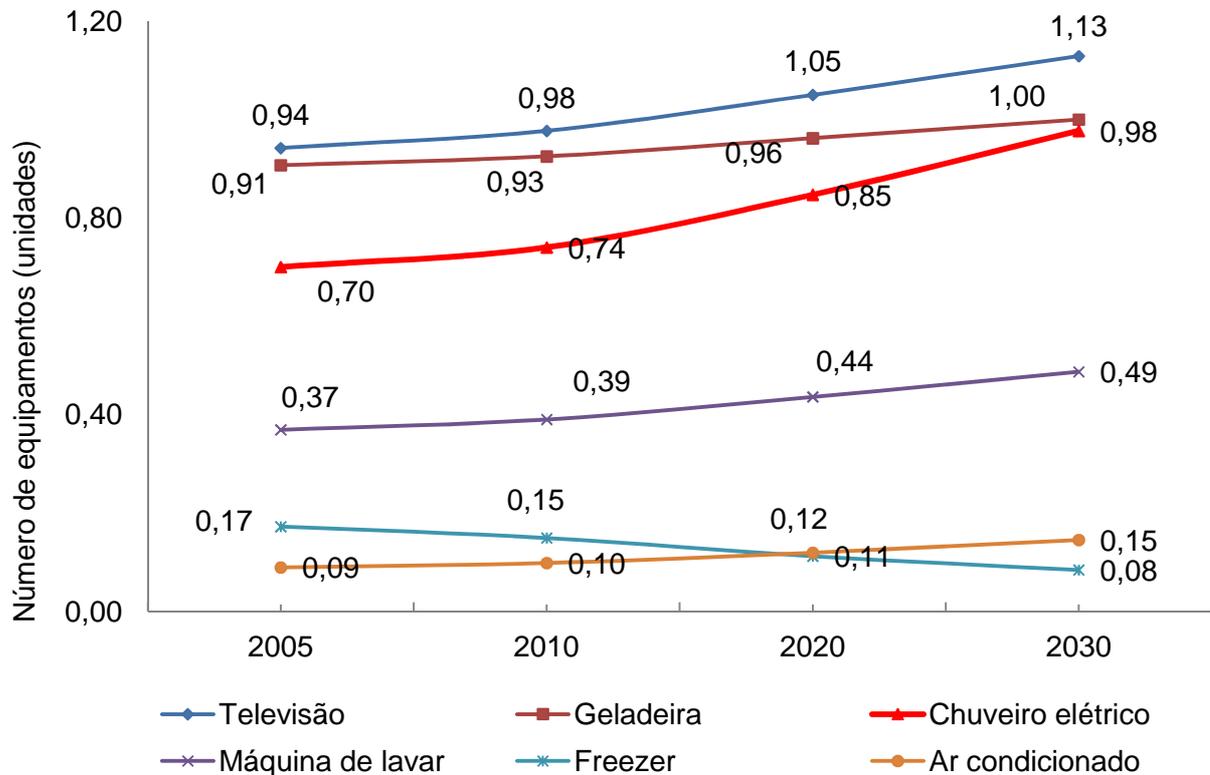
Na Tabela 4.4 apresenta-se o número de domicílios conectados à rede elétrica no horizonte 2005-2030. Na Figura 4.5 é mostrada a projeção de posse de equipamentos elétricos no horizonte 2005-2030.

Tabela 4.4 – Domicílios ligados à rede elétrica no Brasil: Cenário C (período 2005-2030)

Identificação/ano	2005	2010	2020	2030
Domicílios com iluminação elétrica (mil)	50.036	57.511	69.746	81.837
Taxa de atendimento (%)	97,3	98,5	100,0	100,0

Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007b)

Figura 4.5 – Projeção de posse de equipamentos elétricos no Brasil: Cenário C (período 2005-2030)



Fonte: Adaptado de PNE 2030 (2007b)

### 4.3 Plano Decenal de Expansão de Energia

O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) propõe uma visão integrada da expansão da demanda e da oferta do setor energético do Brasil. O PDE tem grande importância para o planejamento do setor energético do país, contribuindo na elaboração de estratégias do governo federal. Juntamente com o estudo de demanda e oferta o PDE traz informações sobre a posse de equipamentos eletrodomésticos.

Segundo o PDE 2024 (2015), o aumento de consumo de energia no setor residencial, no horizonte 2014-2024, resulta principalmente do crescimento do número de domicílios e do aumento da posse de equipamentos eletrodomésticos. O número de domicílios particulares permanentes com energia elétrica aumentará de 65 milhões em 2014 para 77 milhões em 2024.

No setor residencial foi considerado que, principalmente para usos térmicos, a lenha e o carvão serão parcialmente substituídos pelo GLP devido ao crescimento da renda da família brasileira e sua melhor distribuição. Na Tabela 4.5 é mostrada a

posse média dos principais equipamentos eletrodomésticos, e na Tabela 4.6 o consumo médio destes equipamentos no horizonte 2014-2024.

Tabela 4.5 – Posse média de equipamentos (período 2014-2024)

Equipamento/ano	2014	2019	2024
	(unidades/100 domicílios)		
Ar-condicionado	41	59	76
Refrigerador	104	103	103
Chuveiro elétrico <sup>1</sup>	66	62	58

<sup>1</sup>Domicílios que utilizam exclusivamente o chuveiro elétrico

Fonte: Adaptado de PDE 2024 (2015)

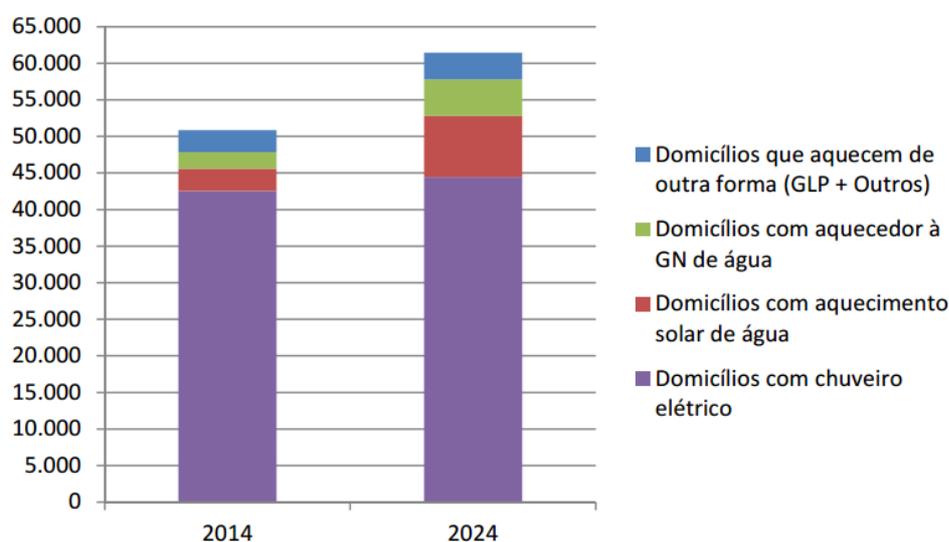
Tabela 4.6 – Consumo médio de equipamentos no horizonte (período 2014-2024)

Equipamento/ano	2014	2024
	(kWh/ano)	
Ar-condicionado	653	622
Refrigerador	337	314
Chuveiro elétrico	493	516

Fonte: Adaptado de PDE 2024 (2015)

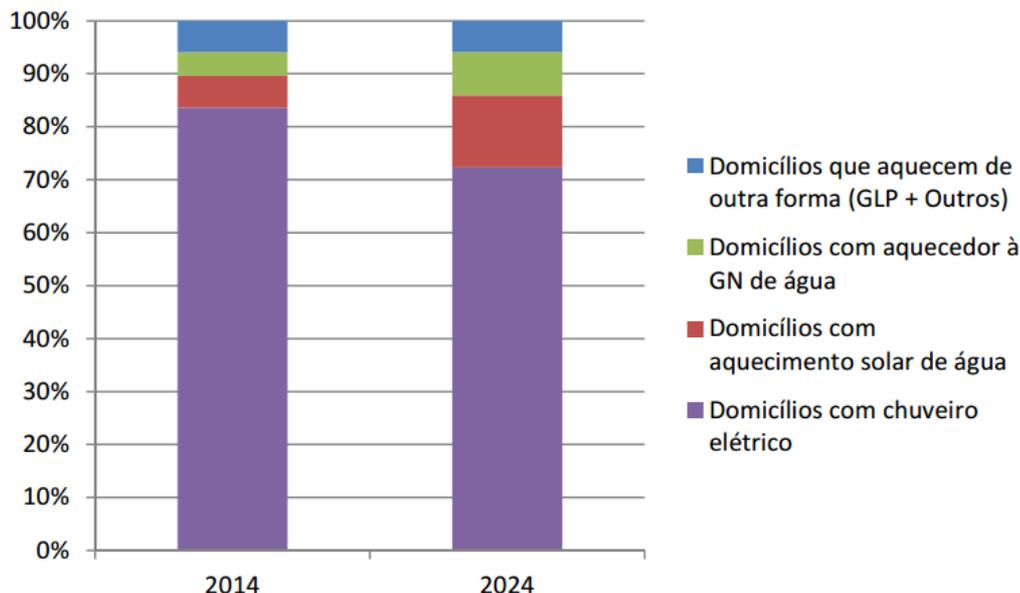
No PDE 2024 (2015) estimou-se um grande crescimento na utilização de sistemas de aquecimento solar (SAS), para o aquecimento de água para banho, atingindo 13,6% do consumo residencial em 2024. Na Figura 4.6 é mostrado o número de domicílios com água quente para banho em 2024, e na Figura 4.7 a participação das fontes de aquecimento de água para banho.

Figura 4.6 – Número de domicílios com água quente para banho (2014-2024)



Fonte: PDE 2024 (2015)

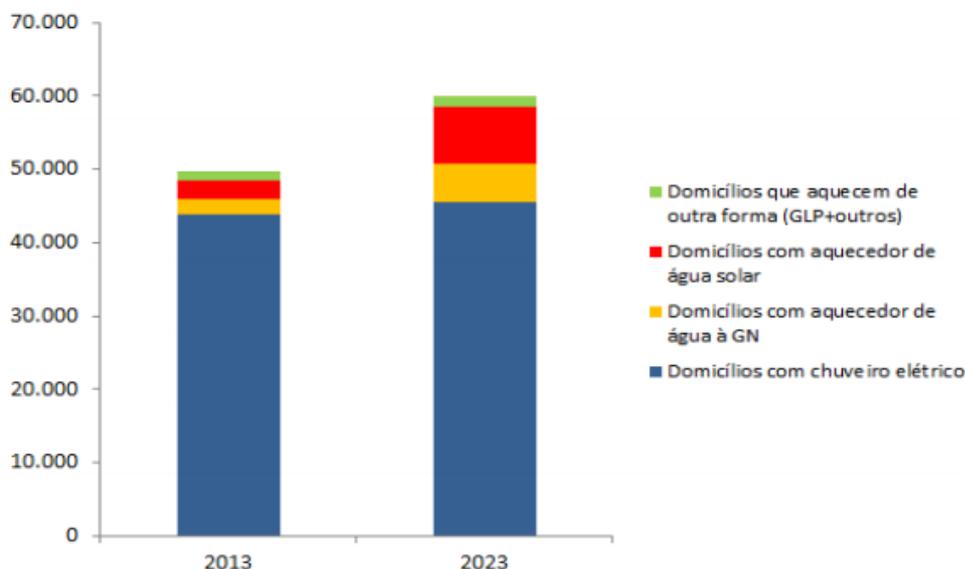
Figura 4.7 – Participação (%) das fontes no aquecimento de água para banho nos domicílios particulares permanentes (2014-2024)



Fonte: PDE 2024 (2015)

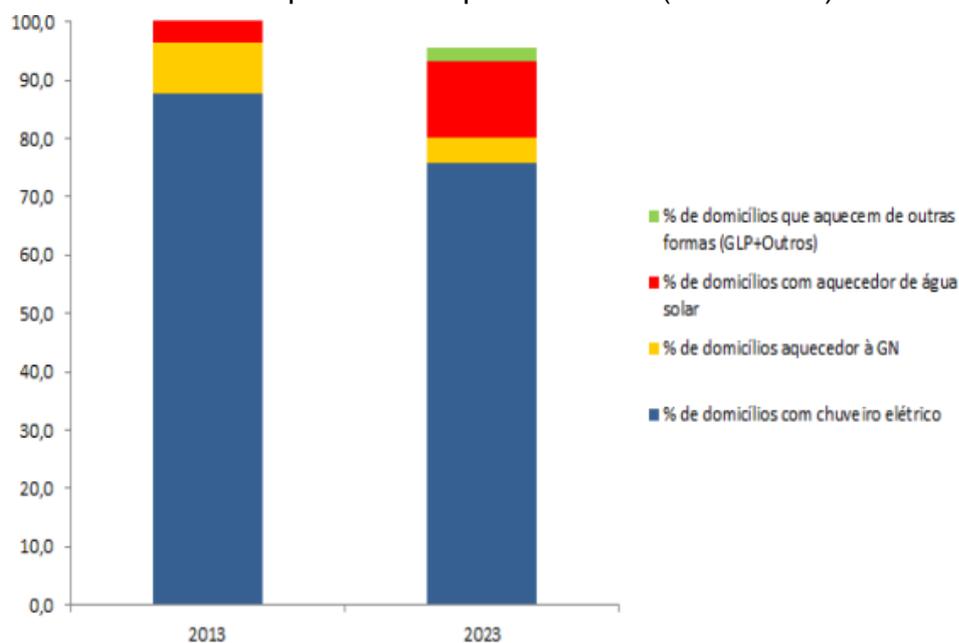
Nas Figuras 4.8 e 4.10, de acordo com o PDE 2023, 2022 e 2021, é mostrado o número de domicílios com aquecimento de água e nas Figuras 4.9, 4.11 e 4.12 é mostrada a participação das fontes de energia para o aquecimento de água de banho. Somente a partir do PDE 2021 existem informações sobre aquecimento de água. Em 2023 o número de domicílios particulares permanentes com energia elétrica terá aumentado de 63 milhões em 2013 para 75 milhões.

Figura 4.8 – Número de domicílios com água quente para banho (2013-2023)



Fonte: PDE 2023 (2014)

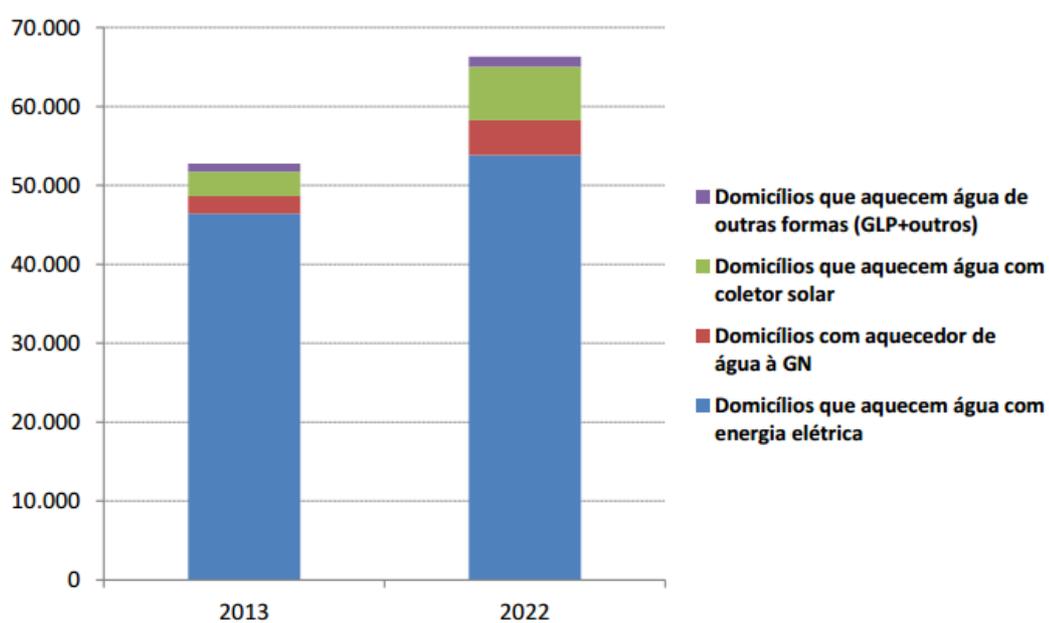
Figura 4.9 – Participação (%) das fontes no aquecimento de água para banho nos domicílios particulares permanentes (2013-2023)



Fonte: PDE 2023 (2014)

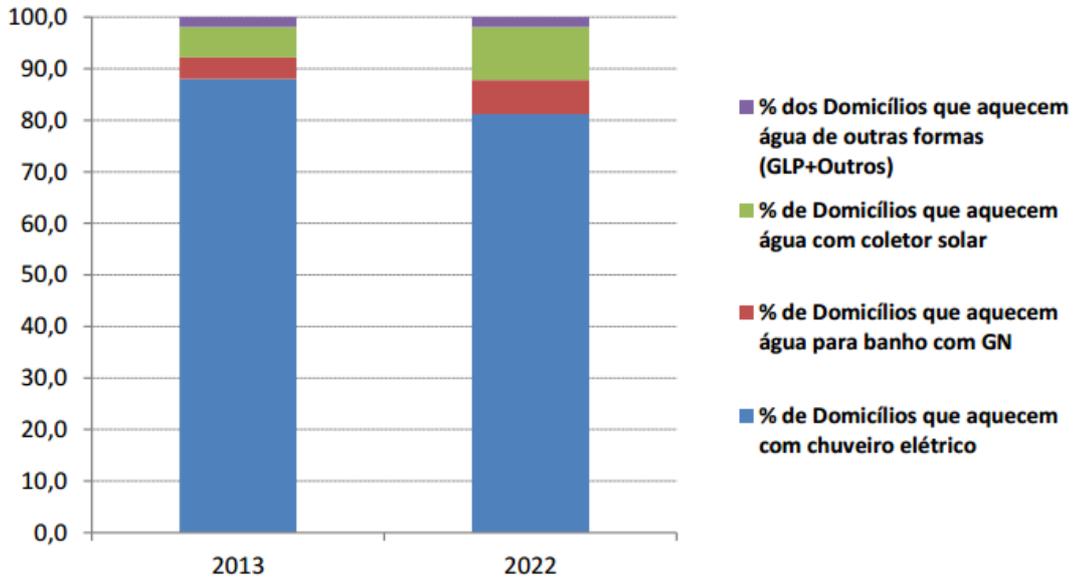
Em 2022 o número de domicílios particulares permanentes com energia elétrica terá aumentado de 63 milhões em 2012 para 78 milhões. Nas Figuras 4.10 e 4.11 o ano base correto é 2012 e não 2013, segundo as informações contidas no PDE 2022 (2013).

Figura 4.10 – Número domicílios com água quente para banho (2012-2022)



Fonte: PDE 2022 (2013)

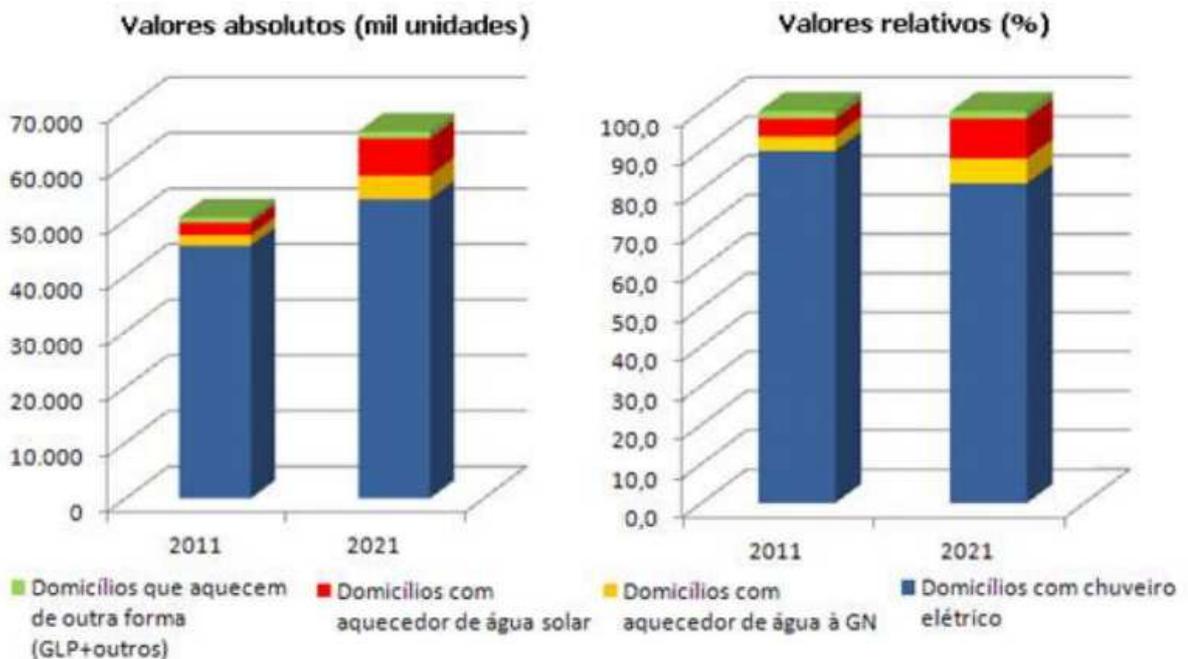
Figura 4.11 – Participação (%) das fontes no aquecimento de água para banho nos domicílios particulares permanentes (2012-2022)



Fonte: PDE 2022 (2013)

Segundo o PDE 2021 (2012), o número de domicílios particulares permanentes com energia elétrica aumentará de 63 milhões em 2011 para 76 milhões em 2021.

Figura 4.12 – Participação (%) das fontes no aquecimento de água para banho nos domicílios particulares permanentes (2011-2021)



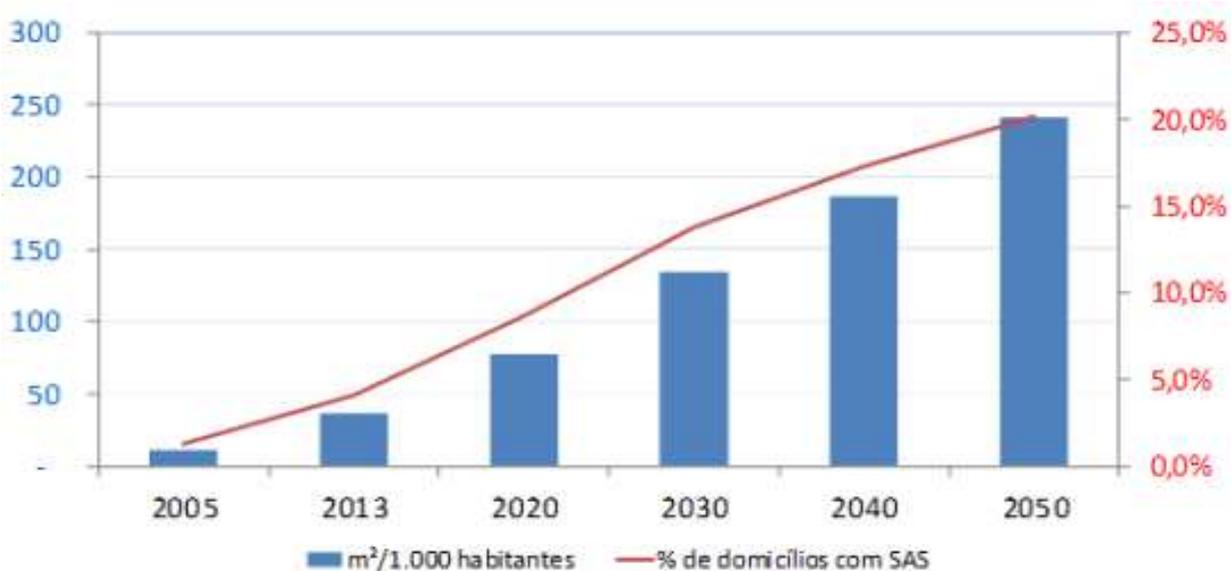
Fonte: PDE 2021 (2012)

#### 4.4 Demanda de Energia 2050

No documento Demanda de Energia 2050, segundo documento de uma série de cinco (Cenário Econômico 2050, Recursos Energéticos 2050, Oferta de Combustíveis 2050 e Oferta de Eletricidade 2050), que compõe os estudos do Plano Nacional de Energia 2050, são apresentadas as evoluções das demandas dos energéticos no cenário econômico de longo prazo (MME, 2014b).

Assim como no horizonte 2014-2024 do PDE 2024 (2015), na Demanda de Energia 2050 (MME, 2014b), estima-se um grande aumento no consumo residencial de eletricidade (cerca de três vezes mais que o consumo atual), e a substituição parcial da lenha e do carvão vegetal pelo GLP, no horizonte 2013-2050. Também foi estimada uma grande expansão da malha de distribuição de gás natural, principalmente em metrópoles, reduzindo o consumo de GLP na cocção. Em 2050 haverá uma redução no uso de chuveiro elétrico para aquecimento de água devido a maior incorporação de GLP e a penetração da energia solar em sistemas de aquecimento solar (SAS). Na Figura 4.13 é mostrada a projeção do uso de aquecimento solar de água, na qual o percentual de domicílios com SAS aumenta de aproximadamente 1,0% em 2005 para cerca de 20,0% em 2050.

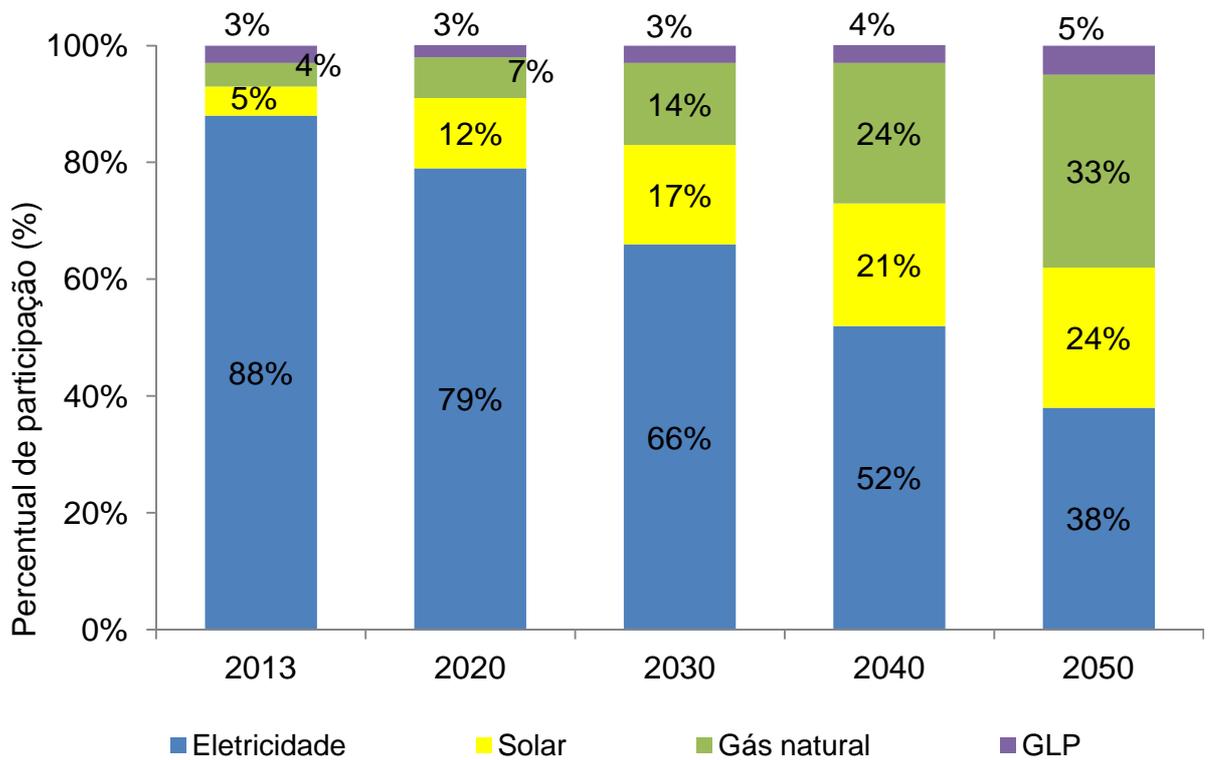
Figura 4.13 – Projeção do uso de sistemas de aquecimento solar (SAS) em domicílios para aquecimento de água (período 2005-2050)



Fonte: MME (2014b)

Na Figura 4.14 é mostrada a participação das fontes de aquecimento de água para banho no período 2013-2050. Nota-se uma redução no consumo da participação da eletricidade de 88% em 2013 para 38% em 2050. A estimativa da redução do consumo de eletricidade no setor residencial é devida principalmente ao aumento da participação do aquecimento solar de água e por gás natural.

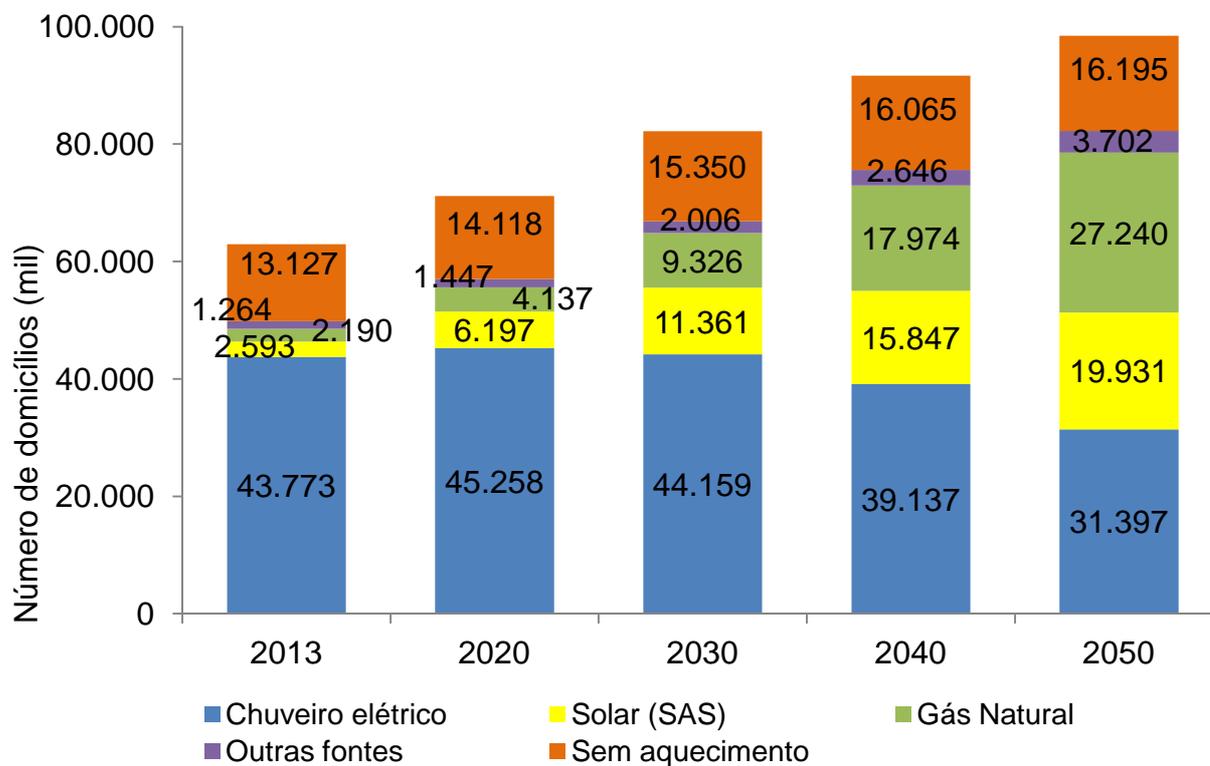
Figura 4.14 – Participação das fontes de aquecimento de água para banho (período 2013-2050)



Fonte: Adaptado de MME (2014b)

A Figura 4.15, que mostrada o número de domicílios por fonte de aquecimento de água no setor residencial, confirma a redução do consumo de eletricidade para aquecimento de água ao longo das próximas décadas indicada na Figura 4.14.

Figura 4.15 – Número de domicílios por fonte de aquecimento de água no setor residencial (período 2013-2050)



Fonte: Adaptado de MME (2014b)

## 5 FATORES CONDICIONANTES DO USO DE AQUECIMENTO DE ÁGUA NO BRASIL

Neste capítulo são mostrados alguns dos fatores condicionantes do uso de aquecimento de água no Brasil. Estes fatores foram agrupados em três categorias: clima; consumo de energia elétrica e população; e distribuição de renda no Brasil, IDHM e saneamento básico.

### 5.1 Fatores geográficos: clima

No Brasil, caracterizado por seu vasto território, há uma grande variedade climática. É necessário conhecer as características climáticas de uma região para se atender à eficiência energética e às necessidades de conforto do usuário. O perfil de consumo de uma região reflete seu clima (LAMBERTS *et al.*, 2015).

No Brasil, uma das classificações de clima utilizadas pelo IBGE, divide-o em quatro tipos de clima:

Quente: temperatura média maior que 18°C em todos os meses do ano;

Subquente: temperatura média entre 15 e 18°C em pelo menos um mês do ano;

Mesotérmico brando: temperatura média entre 10 e 15°C;

Mesotérmico mediano: temperatura média menor que 10°C.

Cada um desses tipos de clima ainda é classificado de acordo com a umidade (ATLAS, 2015), sendo:

Superúmido: sem seca durante o ano;

Úmido: de 1 a 3 meses de seca;

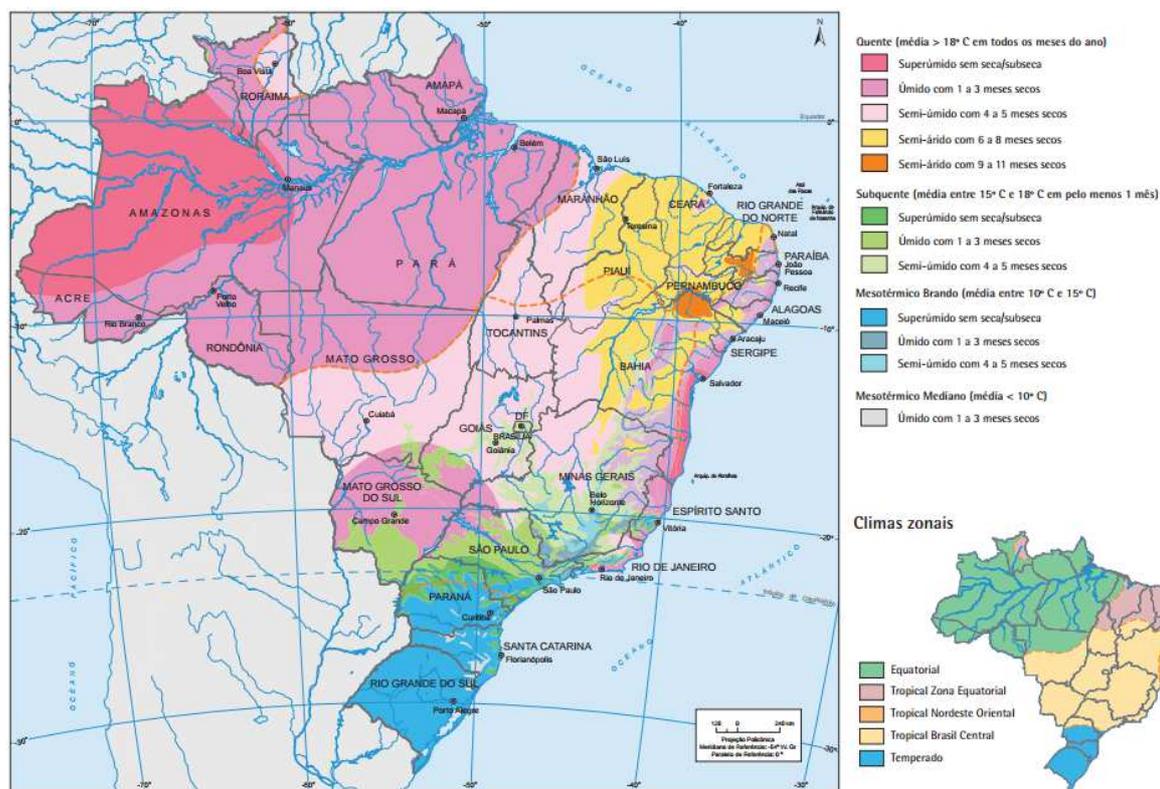
Semiúmido: de 4 a 5 meses de seca;

Semiárido: de 6 a 8 meses de seca ao ano;

Árido: de 9 a 11 meses de seca ao ano.

Na Figura 5.1 é mostrada uma das classificações de clima utilizadas pelo IBGE. No Brasil, se observa uma predominância dos climas quente e subquente, com maior área com clima úmido e semiúmido, seguidos do clima semiárido. Observa-se que a região nordeste possui a maior área com clima quente e semiárido do Brasil, ou seja, a região sofre com grandes períodos de estiagem. Em contraste, a região sul tem temperaturas mais baixas e maior umidade.

Figura 5.1 – Classificação de clima utilizada pelo IBGE

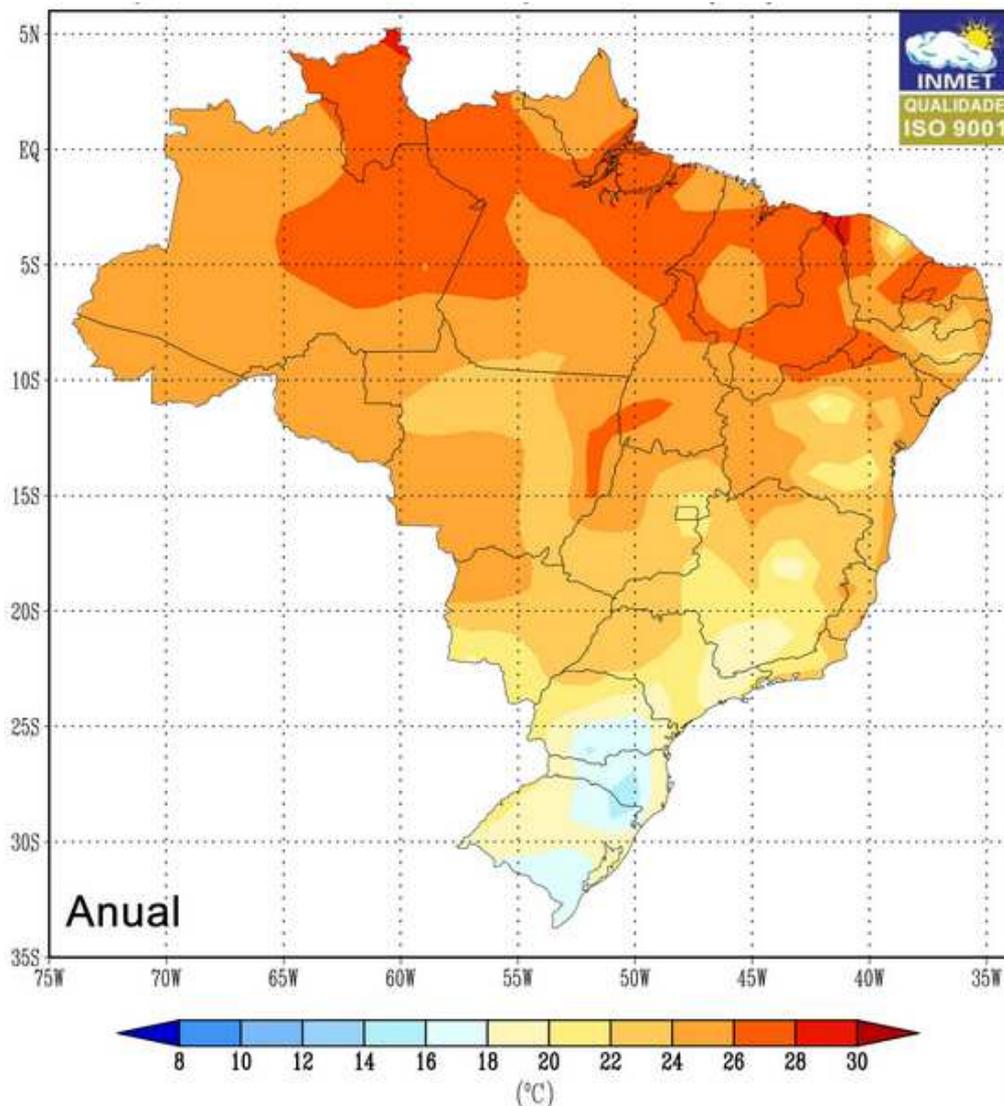


Fonte: Atlas (2015)

Nas variáveis climáticas são consideradas características gerais de uma região, como: sol, nuvens, temperatura, ventos, umidade e precipitação. No Brasil, os dados climatológicos mais conhecidos são as Normais Climatológicas. As Normais Climatológicas, publicadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia, são compostas por valores médios e extremos mensais (mínimos e máximos) de temperatura, umidade, precipitação, nebulosidade, horas de sol, etc. (LAMBERTS *et al.*, 2015; NORMAIS, 2015).

Na Figura 5.2 são mostradas as Normais Climatológicas do Brasil, segundo Normais (2015), para temperatura média anual. Na publicação mais recente do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) sobre as Normais Climatológicas, concluída em 2009, foram consideradas três fontes de dados: os valores das “Normais Climatológicas 1961-1990”, publicadas em 1992 pelo Inmet; os valores das “Normais CMN 2000-2003”, também publicados pelo Inmet; e as médias históricas do Sistema de Informações Meteorológicas (SIM) (NORMAIS, 2015).

Figura 5.2 – Temperatura média anual (°C)



Fonte: Normais (2015)

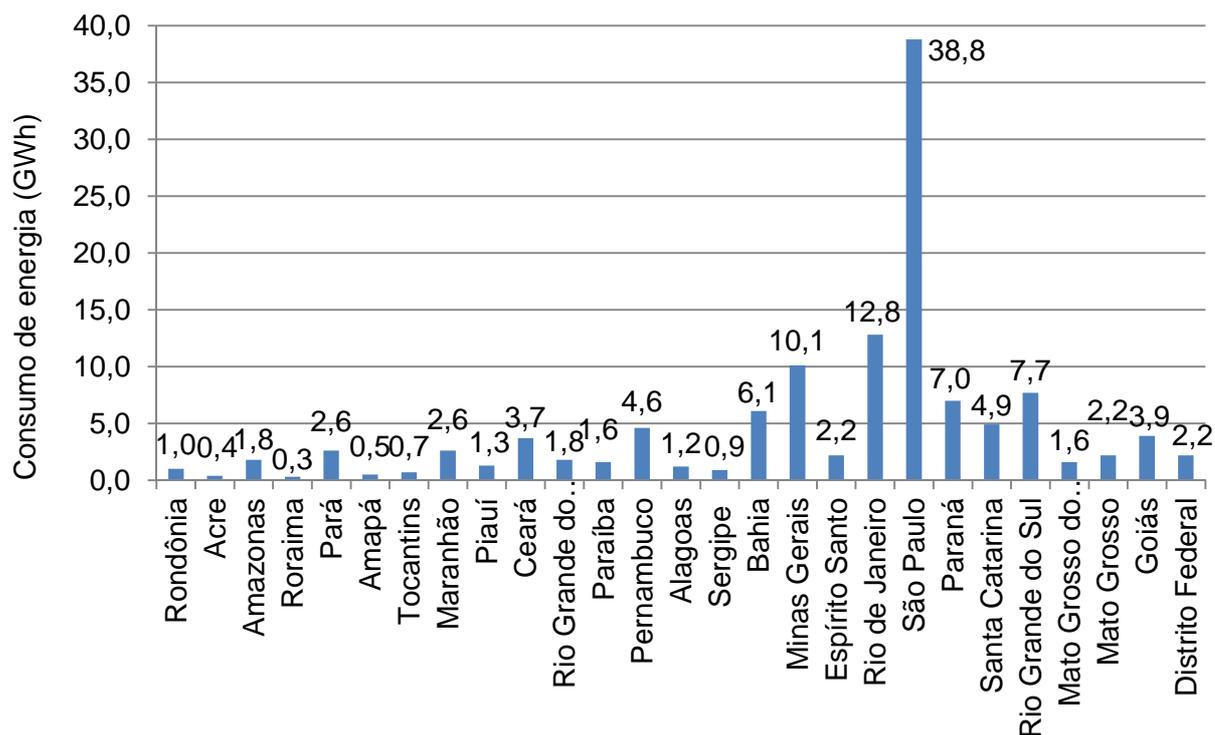
As regiões com maiores temperaturas estão concentradas no norte e nordeste do país. A região centro-oeste possui temperatura variando de 22 a 28°C, enquanto que a região sudeste possui temperaturas mais amenas. O sul do país apresenta as temperaturas mais baixas do ano, variando entre 10 e 20°C.

## 5.2 Fatores socioeconômicos: consumo de energia elétrica e população

A Figura 5.3 mostra o consumo residencial de energia elétrica por estado do país. É notório que as regiões sul e sudeste possuem o maior consumo. Esse quadro se confirma na Figura 5.4, onde é mostrado o consumo residencial por região geográfica, em percentual.

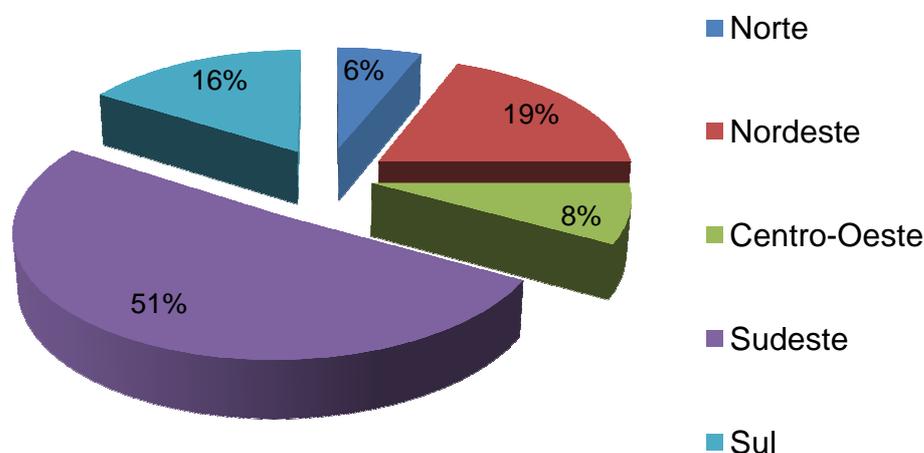
Analisando a distribuição do consumo de energia elétrica nas Figuras 5.3 e 5.4 se observa que as regiões norte, nordeste e centro-oeste, embora ocupem as maiores faixas territoriais do país, têm as menores partições no consumo residencial de energia elétrica.

Figura 5.3 – Consumo de energia elétrica residencial no Brasil por unidade da federação (ano 2013)



Fonte: Adaptado de BEN (2014)

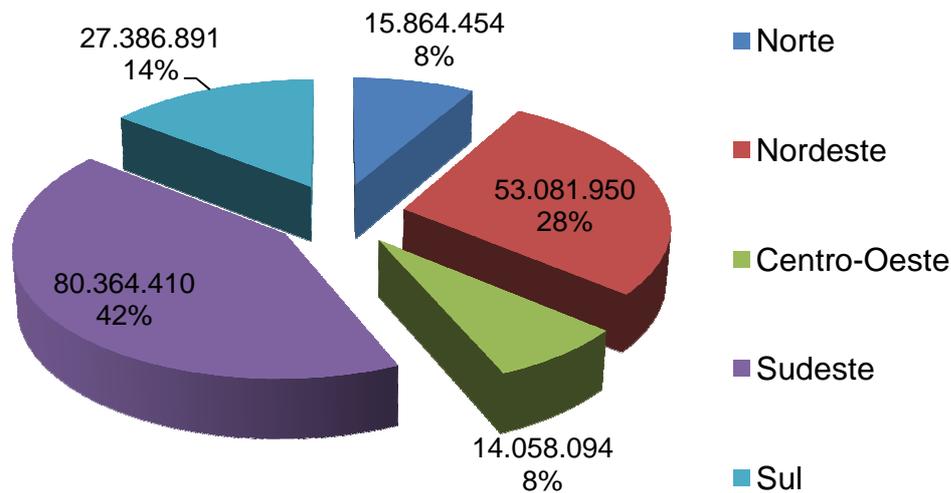
Figura 5.4 – Consumo residencial no Brasil em percentual, por região geográfica (ano 2013)



Fonte: Adaptado de BEN (2014)

O estado de São Paulo se destaca por possuir o maior consumo de energia do país. Na Figura 5.5, que mostra a população recenseada no censo de 2010, pelo IBGE, se observa que o sudeste detém a maior parte da população.

Figura 5.5 – População recenseada em milhões e percentual, por região geográfica



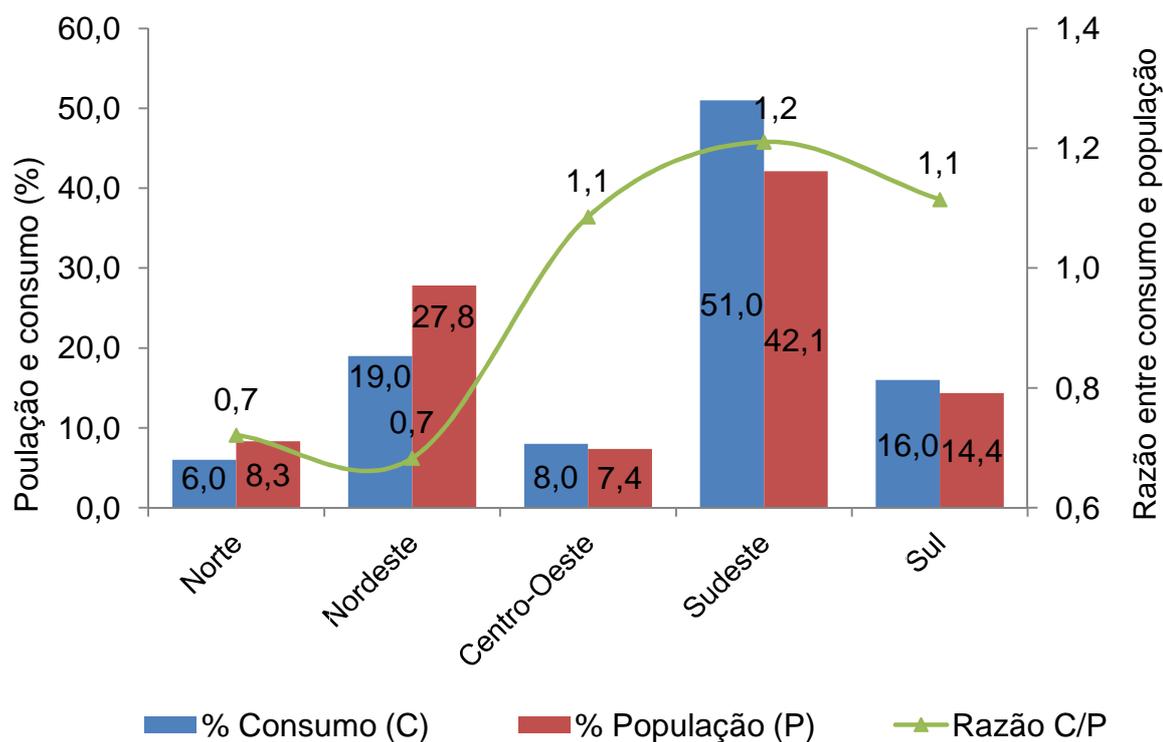
Fonte: Adaptado de Censo (2011)

Na Figura 5.6 é mostrado o percentual de consumo e o percentual da população residente por região geográfica. Também é mostrada a razão (C/P) entre o percentual de consumo (C) e o percentual de população residente (P) para cada região geográfica.

Na Figura 5.6 observa-se que a razão entre o consumo e a população residente é de 1,2 para o sudeste e 0,7 para o nordeste. O nordeste é responsável por 19,0% do consumo residencial de energia do Brasil, mas retém 27,8% da população brasileira. Em contraste, a região sul contém somente 14,4% da população brasileira, mas é responsável por 16,0% do consumo residencial de energia do Brasil, tendo uma razão entre consumo e população de 1,1.

É notório que as regiões sul, sudeste e centro-oeste possuem as maiores participações no consumo de energia no setor residencial, mas as menores contagens populacionais, exceto pela região sudeste. Também se observa que as regiões norte e nordeste apresentam as menores participações no consumo de energia elétrica, que somadas correspondem a 25,0%, e agrupam 36,1% da população.

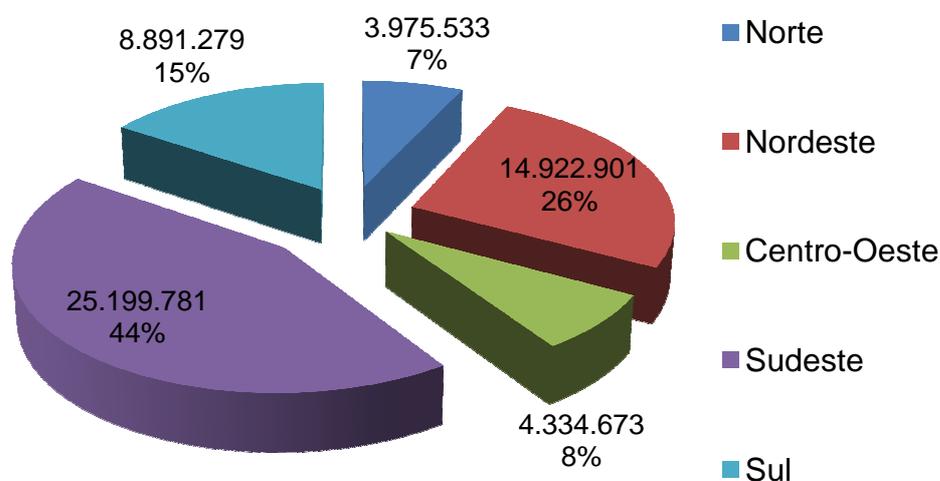
Figura 5.6 – Razão entre consumo e população por região geográfica



Fonte: Adaptado de Censo (2011) e BEN (2014)

Na Figura 5.7 é mostrado o número de domicílios por região geográfica no país, sendo que o número total de domicílios permanentes, levantado pelo Censo (2011), foi de aproximadamente 58 milhões de unidades.

Figura 5.7 – Número de domicílios no Brasil por região geográfica



Fonte: Adaptado de Censo (2011)

### 5.3 Fatores socioeconômicos: distribuição de renda no Brasil, IDHM e saneamento básico

Os fatores socioeconômicos influenciam diretamente no consumo de energia elétrica. Isso pode ser observado nas Tabelas 5.1 e 5.2, e nas Figuras 5.8 a 5.10.

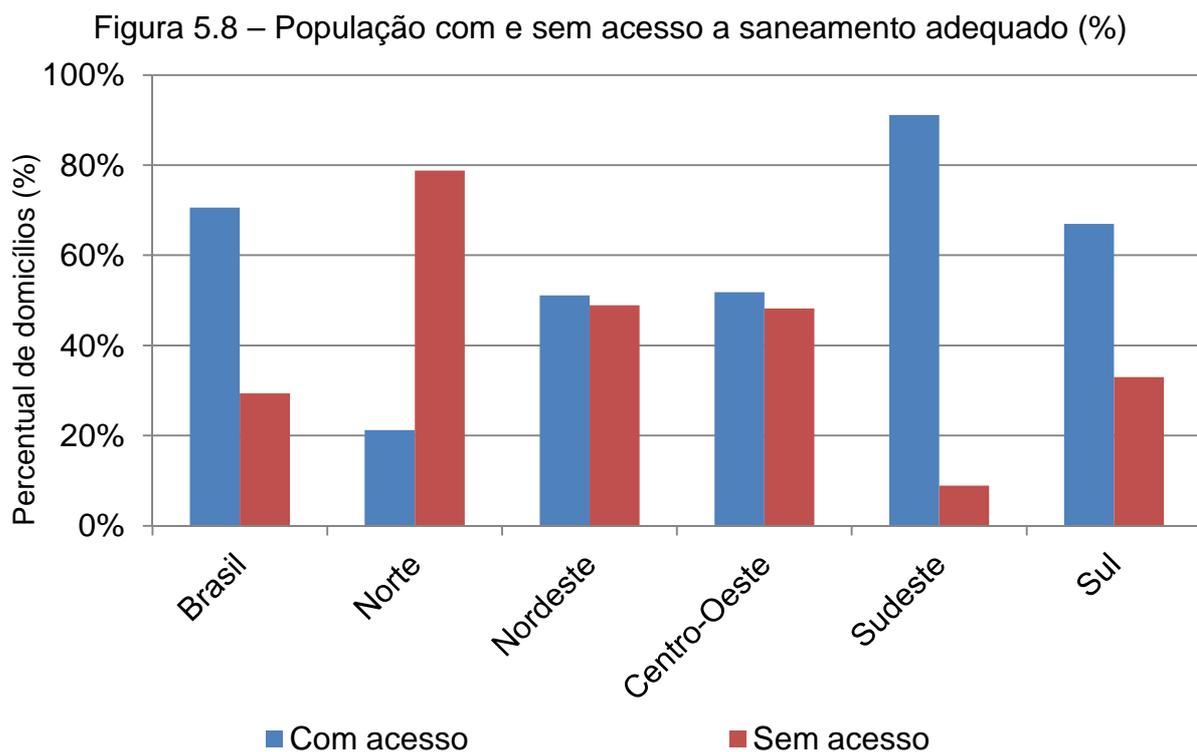
Em relação ao saneamento básico, para o IBGE, são considerados três aspectos: acesso à água, tratamento de esgoto, e coleta de lixo. O IBGE compreende por saneamento adequado o acesso simultâneo aos serviços de abastecimento de água por rede geral ou na propriedade, esgotamento sanitário por rede coletora de esgoto ou fossa séptica ligada à rede coletora, e lixo coletado direta ou indiretamente (INDICADORES SOCIAIS, 2014).

Na Tabela 5.1 é mostrada a distribuição percentual e razão entre domicílios sem e com acesso a saneamento adequado, por domicílio particular permanente urbano. É perceptível que as regiões norte, nordeste e centro-oeste possuem o maior percentual de residências sem acesso a saneamento adequado. O norte possui a maior razão de domicílios sem acesso a saneamento, sendo quase quarenta vezes maior que o sudeste e quatro vezes maior que o nordeste. Na região sudeste cerca de 90% da população possui acesso a saneamento, em contraste aos 21% da região norte. A grande diferença entre os percentuais de domicílios com acesso e sem acesso a saneamento adequado, do norte ao sul do país, é verificada mais uma vez na Figura 5.8.

Tabela 5.1 – Distribuição percentual e razão entre domicílios sem e com acesso a saneamento adequado (domicílios particulares permanentes urbanos - 2013)

Regiões geográficas	Total (1000 domicílios)	Com acesso (%)	Sem acesso (%)	Razão	Sem abastecimento de água (%)	Sem esgotamento sanitário (%)
Brasil	55.857	70,6	29,4	0,4	21,1	93,1
Norte	3.594	21,2	78,8	3,7	37,7	95,1
Nordeste	12.770	51,1	48,9	1,0	13,9	96,4
Centro-Oeste	4.464	51,8	48,2	0,9	14,5	96,4
Sudeste	29.479	91,1	8,9	0,1	37,8	76,1
Sul	8.594	67,0	33	0,5	11,5	95,7

Fonte: Adaptado de Indicadores Sociais (2014)

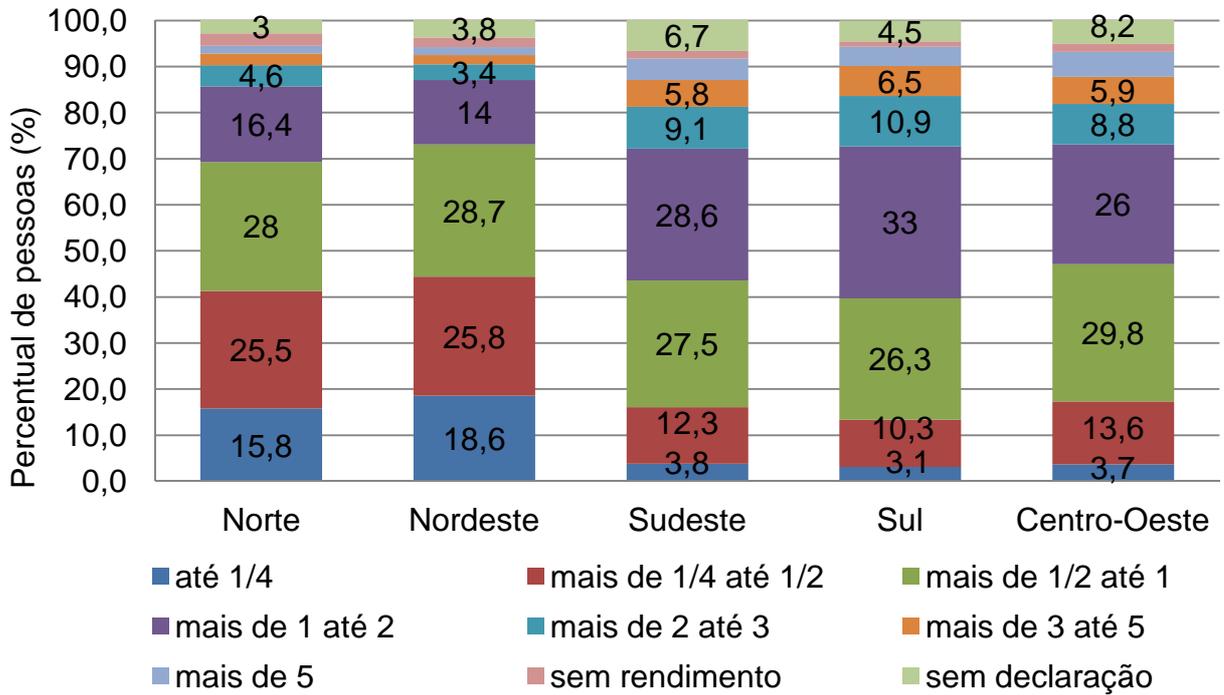


Fonte: Adaptado de Indicadores Sociais (2014)

A distribuição de renda no Brasil pode ser verificada nas Figuras 5.9 e 5.10, onde se mostra o rendimento mensal familiar *per capita* em percentual (em relação ao salário mínimo) de pessoas residentes em domicílios particulares permanentes, por região geográfica e por Unidade da Federação, respectivamente. O valor do salário mínimo em vigor em setembro de 2013, ano base da pesquisa, era de R\$ 678,00 (INDICADORES SOCIAIS, 2014).

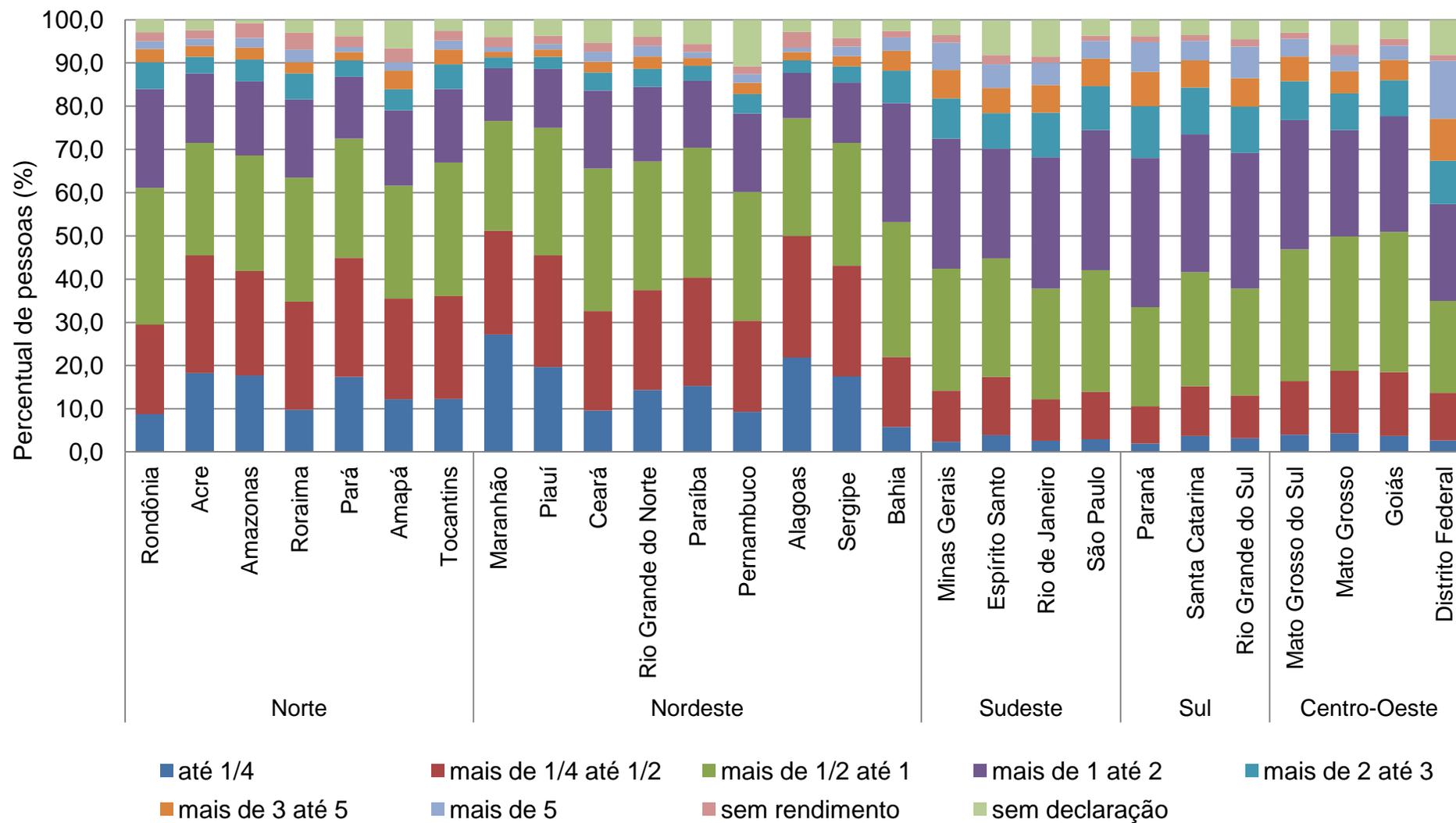
As regiões norte e nordeste possuem os maiores percentuais de pessoas residentes em domicílios com salário até 1/4 do mínimo vigente em 2013. Em contraste, as regiões do centro ao sul do país têm os menores percentuais. As regiões sul, sudeste e centro-oeste possuem os maiores percentuais de rendimento mensal com mais de 1 a 2 salários mínimos. O sul se destaca com 33%.

Figura 5.9 – Rendimento mensal *per capita* de pessoas residentes em domicílios particulares por região geográfica, em percentual (ano 2013)



Fonte: Adaptado de Indicadores Sociais (2014)

Figura 5.10 – Rendimento mensal *per capita* (em relação ao salário mínimo) de pessoas residentes em domicílios particulares por Unidades da Federação, em percentual (ano 2013)



Fonte: Adaptado de Indicadores Sociais (2014)

Outro fator de representatividade é o IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal. Segundo PNUD (2015b), o IDHM é uma medida composta de três dimensões do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda. O IDHM considera as mesmas dimensões do IDH Global, sendo um importante indicador de desenvolvimento humano.

O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) tem o objetivo de contribuir para o desenvolvimento humano. As Nações Unidas subsidiaram o PNUD BRASIL, o qual recebe apoio do Governo Brasileiro, de instituições financeiras internacionais, do setor privado e sociedade civil (PNUD, 2015b).

Na Tabela 5.2 são mostrados os IDHM para as 27 Unidades da Federação. É notável que os maiores índices estão concentrados nas regiões sul, sudeste e centro-oeste. Mais uma vez é verificada a desigualdade em termos de renda e qualidade de vida da população brasileira. Os serviços de saneamento, a distribuição de renda, bem como o IDHM, seguem padrões muito semelhantes à distribuição pelo país.

Tabela 5.2 – Relação de Índice de Desenvolvimento Humano Municipal do Brasil (ano 2010)

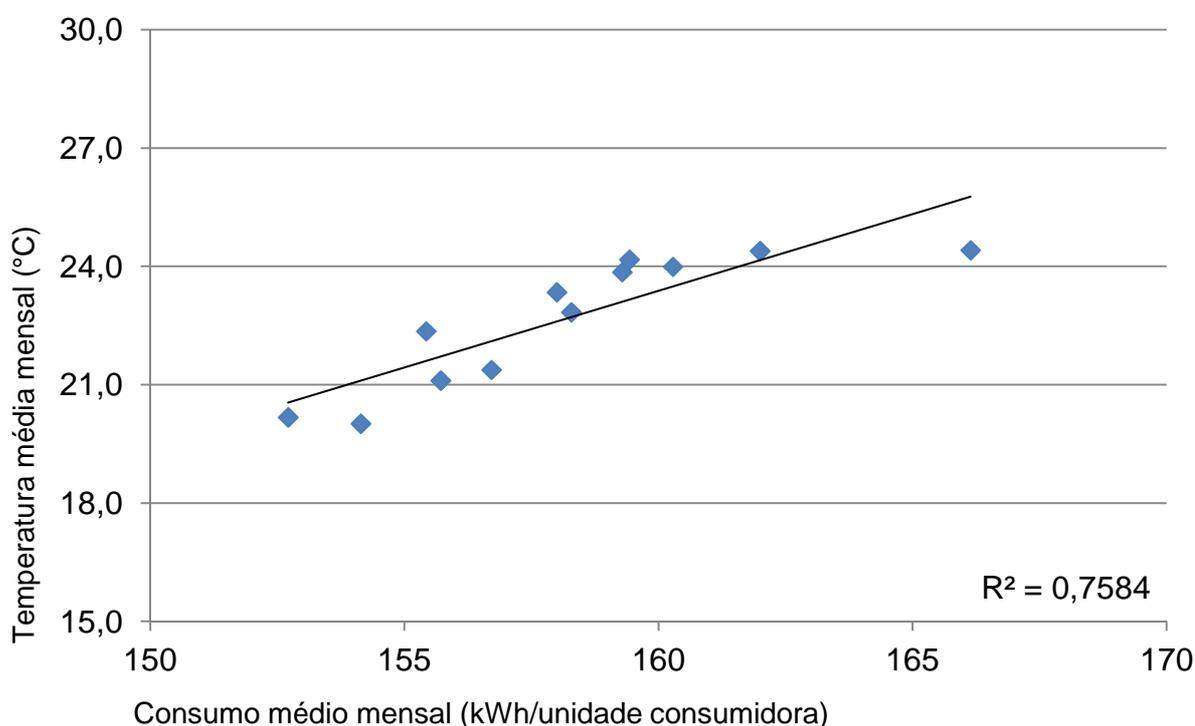
Unida da Federação	IDHM	Unida da Federação	IDHM
Distrito Federal	0,824	Rondônia	0,690
São Paulo	0,783	Rio Grande do Norte	0,684
Santa Catarina	0,774	Ceará	0,682
Rio de Janeiro	0,761	Amazonas	0,664
Paraná	0,749	Pernambuco	0,673
Rio Grande do sul	0,746	Sergipe	0,665
Espírito Santo	0,74	Acre	0,663
Goiás	0,735	Bahia	0,660
Minas Gerais	0,731	Paraíba	0,658
Mato Grosso do sul	0,729	Piauí	0,646
Mato Grosso	0,725	Pará	0,646
Amapá	0,708	Maranhão	0,639
Roraima	0,707	Alagoas	0,631
Tocantins	0,699		

Fonte: Adaptado de PNUD (2015a)

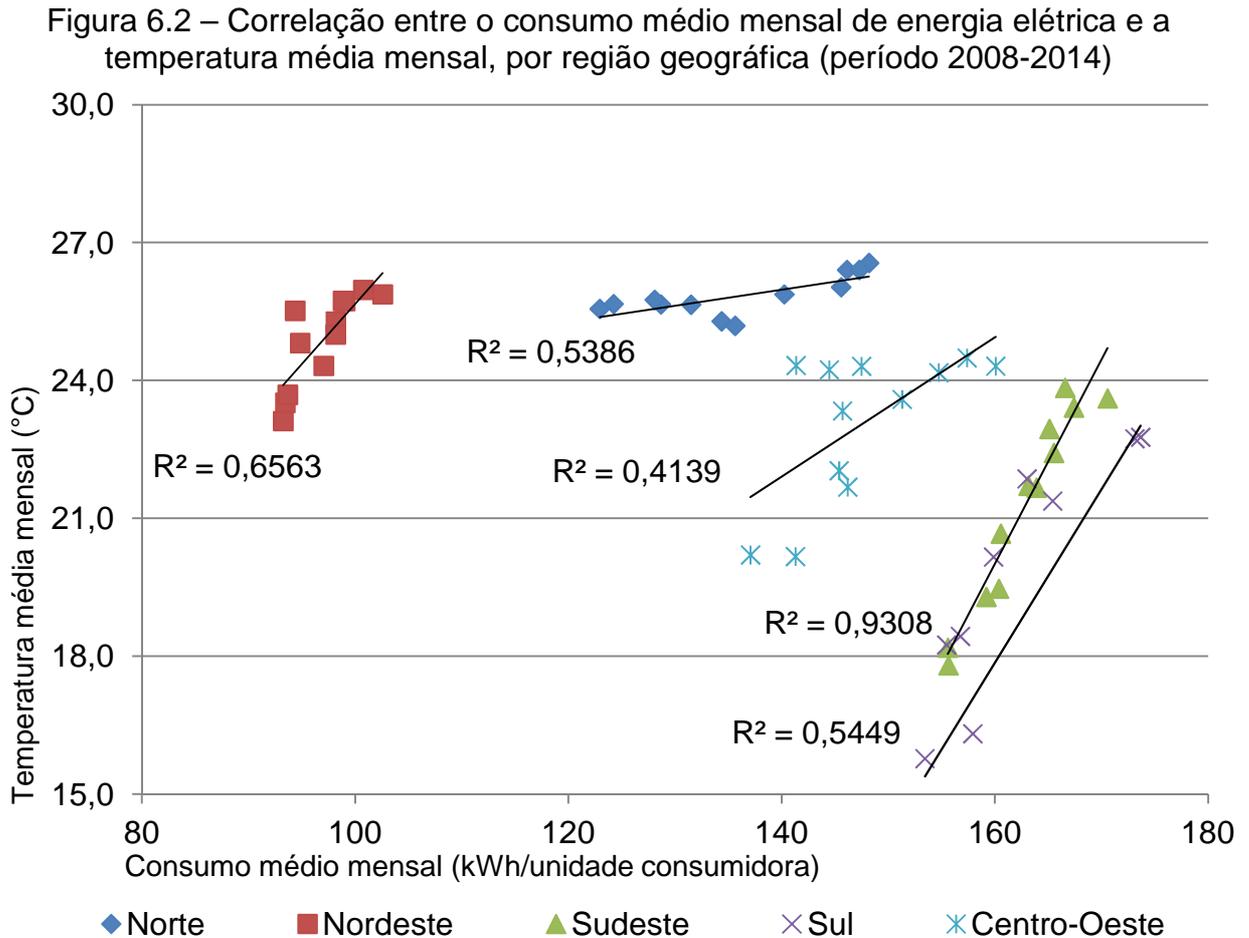
## 6 ANÁLISE DO USO FINAL DE ENERGIA PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA DE BANHO NO BRASIL

Nas Figuras 6.1 e 6.2 é mostrada a correlação entre o consumo mensal médio de energia elétrica no setor residencial e a temperatura média mensal, para o Brasil e regiões geográficas. O consumo mensal médio foi calculado através da média do consumo de cada mês do ano para o período 2008-2014 (EPE, 2015; MME, 2015). Na Figura 6.2, o consumo médio mensal foi convertido de GWh para kWh e dividido pelo número de unidades consumidoras de cada região (ANUÁRIO 2013; 2015). As temperaturas mensais do Brasil e regiões geográficas foram calculadas através da média mensal das temperaturas registradas pelo Inmet (NORMAIS, 2015).

Figura 6.1 – Correlação entre o consumo médio mensal de energia elétrica e a temperatura média mensal no Brasil (período 2008-2014)



Fonte: Adaptado de MME (2015) e Normais (2015)



Na Figura 6.1 se observa que o consumo mensal de energia elétrica do Brasil aumenta com o aumento da temperatura ao longo do ano. Os meses de maior consumo foram janeiro e fevereiro, pois registram as maiores temperaturas médias anuais.

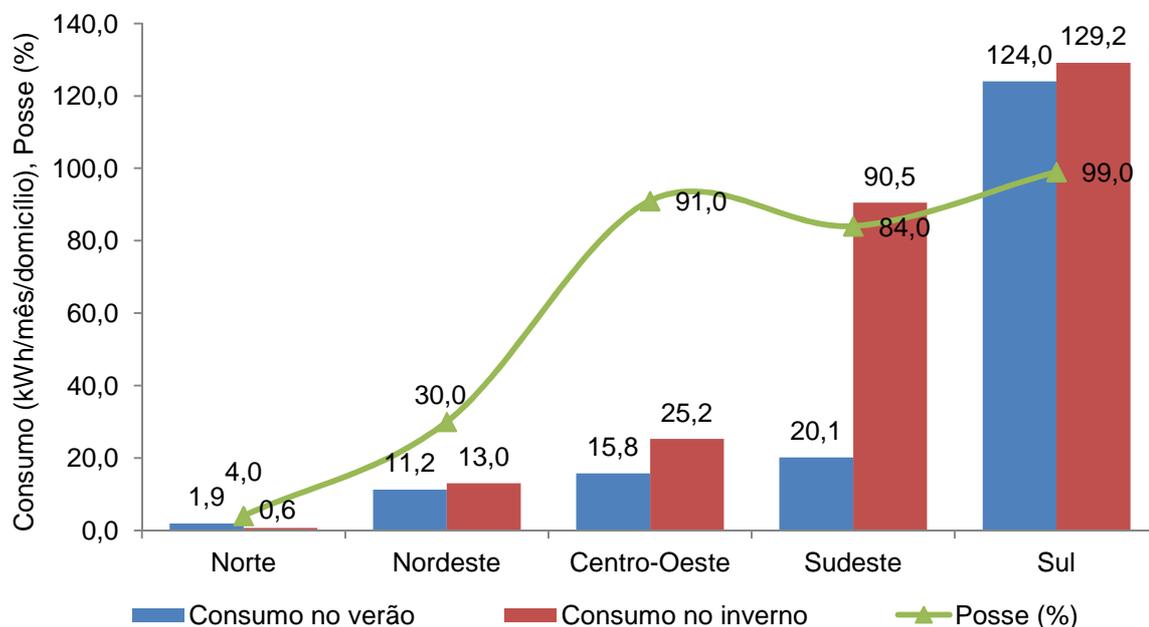
Na Figura 6.2, em geral, todas as regiões apresentam menor consumo nos meses de maio, junho e julho, com exceção do Norte, que apresenta a menor variação de temperatura entre os meses do ano e as maiores temperaturas mensais do país. A região sudeste é a que apresenta o comportamento mais linear das regiões, onde o consumo aumenta de julho a janeiro, com o aumento da temperatura. A temperatura é a mais amena do país, pois não é tão alta quanto o centro-oeste e nordeste no verão, e nem tão baixa quanto o sul no inverno. A região sul, que registrou o maior consumo médio de energia elétrica de todas as regiões no mês de janeiro, tem seus meses de frio com as mais baixas temperaturas do Brasil, mas também possui temperaturas tão altas quanto à região sudeste nos meses mais

quentes. Deste modo, em geral, as unidades consumidoras do sul consomem mais do que outras regiões tanto no inverno quanto no verão, seja pela baixa temperatura (aquecimento de água) ou pela alta temperatura (refrigeração).

As regiões de maior temperatura, norte e nordeste, possuem o menor consumo. O menor consumo pode ser atribuído ao menor uso do chuveiro, sendo que essas regiões possuem os menores percentuais de posse de chuveiro elétrico, como também atribuído ao rendimento das famílias, que são os menores do Brasil.

Na Figura 6.1 observa-se um crescimento do consumo de energia elétrica com o aumento da temperatura nos meses de verão. Na Figura 6.3 se observa que em geral o consumo médio mensal do chuveiro elétrico decresce no verão. O aumento do consumo na Figura 6.1 pode ser devido a outros equipamentos elétricos. Contudo, na região sul o consumo do chuveiro elétrico reduz em menos de 4,0% no verão, indicando que o chuveiro tem participação significativa no consumo de energia do setor residencial no verão, mesmo com altas temperaturas.

Figura 6.3 - Posse de chuveiro elétrico e consumo médio mensal do chuveiro por domicílio no verão e inverno, por região geográfica (ano 2005)



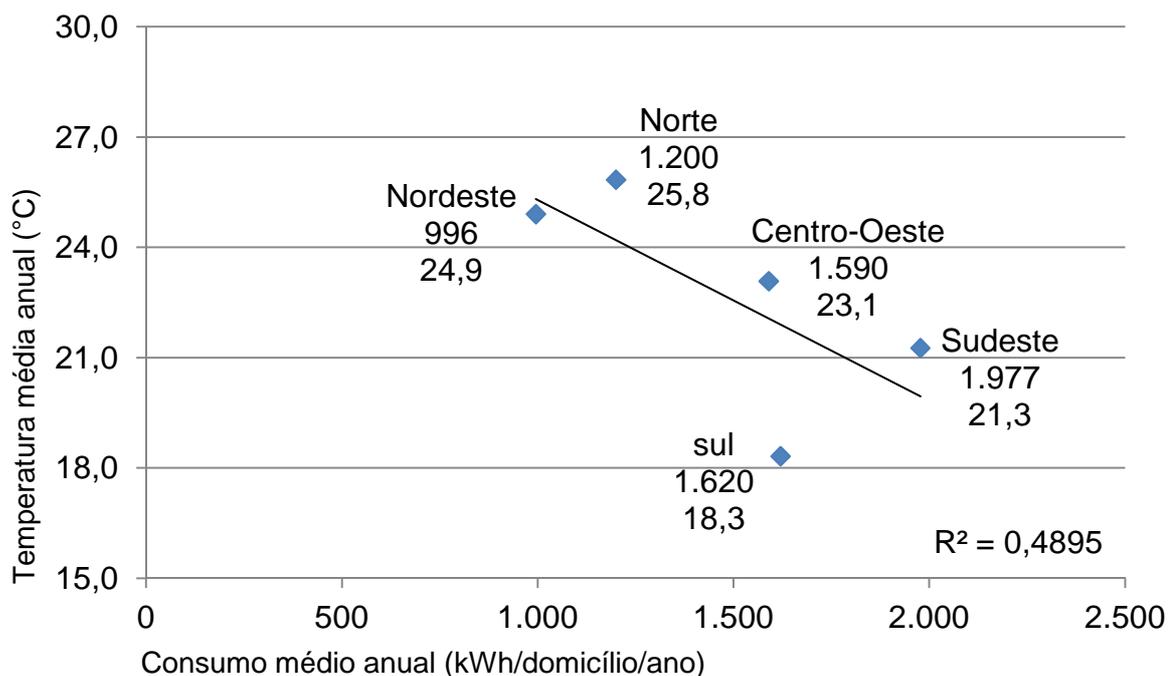
Fonte: Adaptado de PPH (2007)

Na Figura 6.3 se nota que a posse de chuveiro elétrico é maior nas regiões mais frias, sendo estas regiões as que possuem maior consumo de energia elétrica com chuveiro. A região sudeste possui a maior diferença no consumo de eletricidade

do chuveiro entre o verão e o inverno, diferentemente das outras regiões, que possuem o consumo semelhante tanto no verão quanto no inverno. A região sudeste se mostra a região com o hábito de uso de chuveiro mais variado, pois utiliza menos quando a temperatura aumenta. Na região sul, embora tenha temperaturas semelhantes à região sudeste no verão, ocorre pouca alteração de hábito de consumo do inverno para o verão, em relação ao aquecimento de água para banho.

Na Figura 6.4 a temperatura média anual foi calculada através da temperatura média anual das 300 cidades do banco de dados do Inmet (NORMAIS, 2015). O consumo médio anual por domicílio foi calculado dividindo-se o consumo médio por região do setor residencial, transformado de GWh para kWh, pelo número de domicílios de cada região. O Consumo médio por região foi calculado através da média do consumo médio anual de cada região para o período 1989-2014 (BEN, 2015). O número de domicílios foi calculado a partir da média aritmética do número de domicílios particulares permanentes contabilizados pelo Censo 2000 e Censo 2010 (CENSO, 2000; 2010). Na Figura 6.5 foi utilizada a população média do período ao invés do número médio de domicílios na correlação entre o consumo e a temperatura.

Figura 6.4 – Correlação entre o consumo residencial anual médio de energia elétrica e a temperatura média anual, por região geográfica (período 1989-2014)

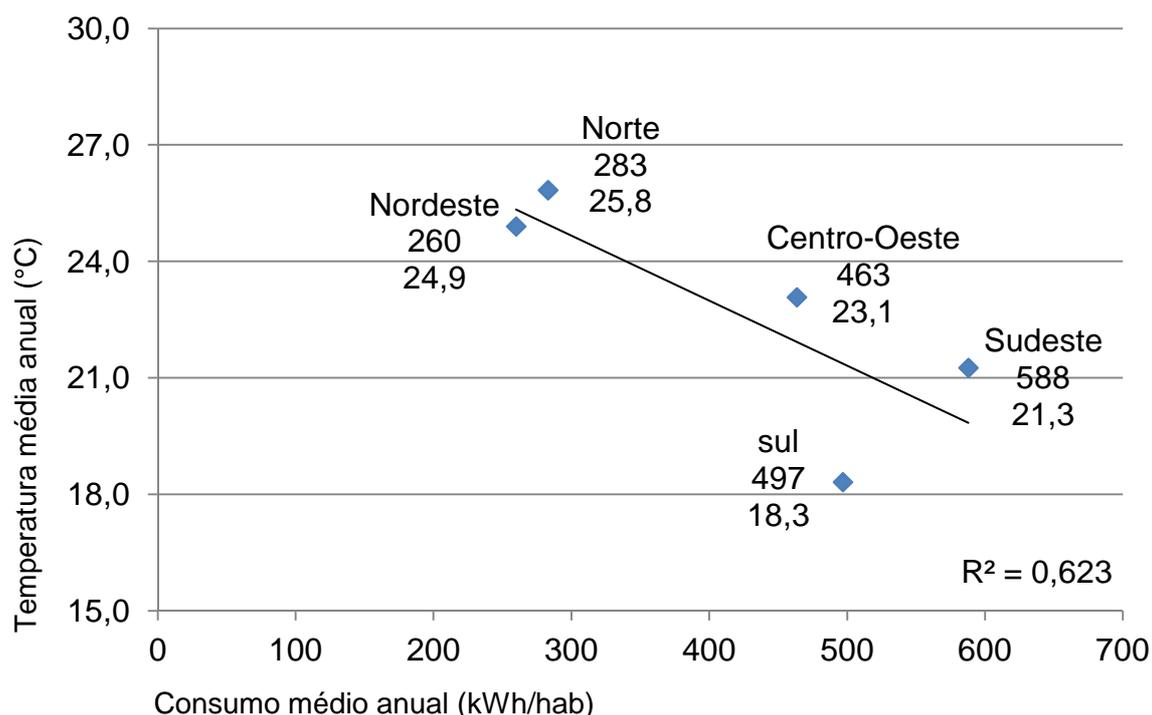


Fonte: Adaptado de Censo (2001; 2011); BEN (2015); Normais (2015)

As correlações das Figuras 6.4 e 6.5 confirmam o observado nas Figuras 6.1 e 6.2. As regiões com maior consumo são a sul e sudeste, seguidas da região centro-oeste. Contudo, nas Figuras 6.4 e 6.5 o consumo do centro-oeste é bem maior do que nas Figuras 6.1 e 6.2. Isto pode ser justificado pelo fato de o consumo médio anual ser mais representativo nas Figuras 6.3 e 6.4, onde o período base é maior (vinte e cinco anos). Nas Figuras 6.1 e 6.2 o período base foi de seis anos.

Em geral, o consumo de energia é maior nas regiões sul e sudeste, que possuem as menores temperaturas médias anuais. Estas regiões também são as de maior renda por domicílio. O consumo de energia para aquecimento de água pode ser associado tanto à temperatura quanto ao rendimento das famílias, pois as regiões norte e nordeste são as mais quentes e com o menor rendimento por domicílio, também têm o menor consumo de energia.

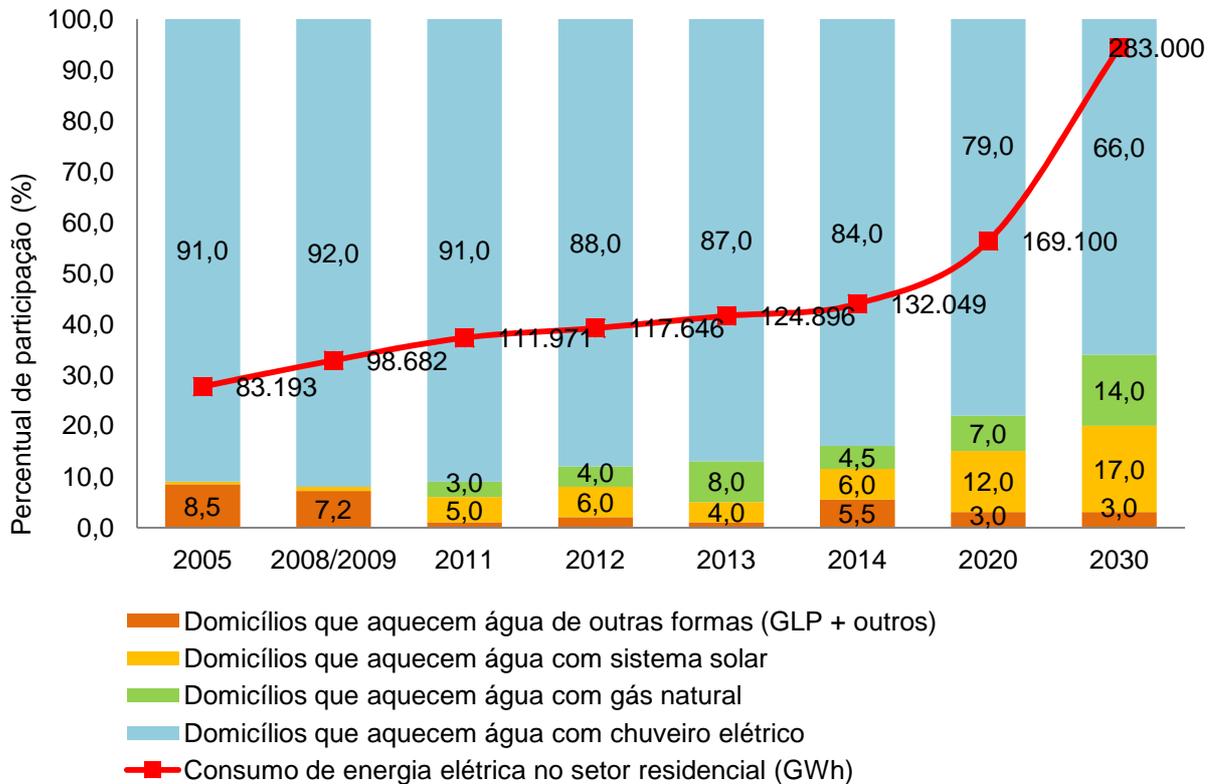
Figura 6.5 – Correlação entre o consumo médio anual por habitante e a temperatura média anual, por região geográfica (período 1989-2014)



Fonte: Adaptado de Censo (2001; 2011); BEN (2015); Normais (2015)

Na Figura 6.6 é mostrado o percentual de domicílios que aquecem água para banho por fonte de aquecimento no Brasil. Os dados mostrados incluem a projeção do consumo para os anos de 2020 e 2030.

Figura 6.6 – Domicílios que aquecem água para banho por fonte de aquecimento e consumo de energia elétrica no setor residencial do Brasil (período 2005-2030)



Fonte: IBGE ESTADOS (2015); MME (2014b); PDE (2015, 2014, 2013, 2012); PPH (2007)

Na Figura 6.6 o percentual de participação das fontes de aquecimento de água para os anos de 2011 a 2014 são aproximados, pois o Plano Decenal de Expansão de Energia disponibiliza somente gráficos de barras sem indicação dos valores ou tabelas. Para os anos de 2005 e 2008/2009 não há registro da participação do gás natural separadamente (está incluso em outras formas, junto com o GLP). No ano de 2008/2009, em “Domicílios que aquecem água de outras formas”, está incluso GLP, lenha, carvão e outros.

Embora a maior fonte de aquecimento de água para banho seja a eletricidade, se percebe um decréscimo de sua participação em relação às demais fontes. Até 2009 a segunda principal fonte de aquecimento era o gás GLP (aquecedores a gás). A partir de 2011 há um crescimento da participação do sistema solar e do gás natural para aquecimento de água.

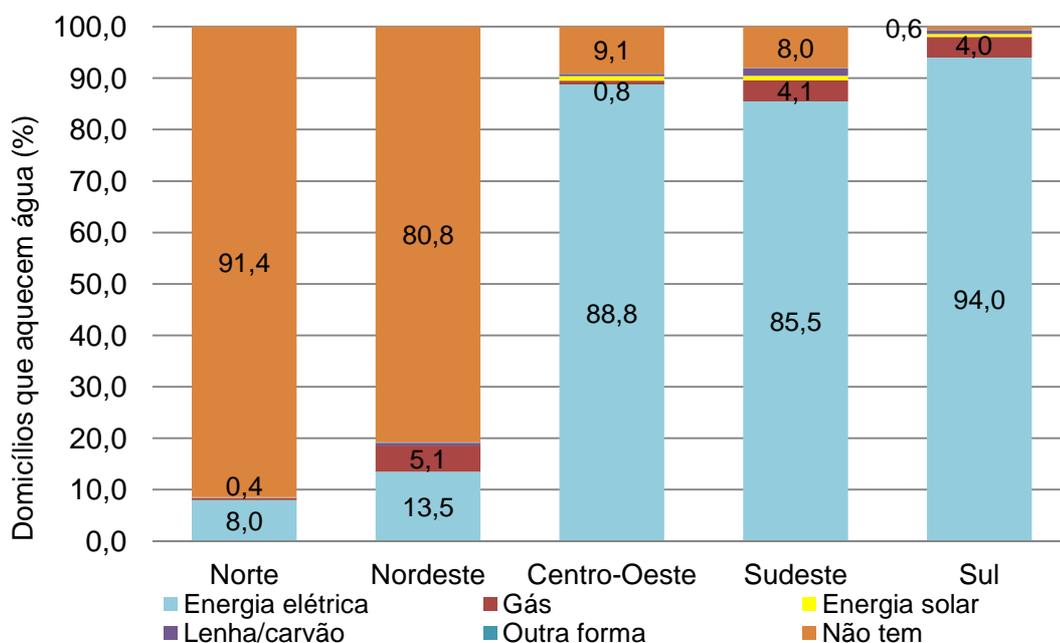
O decréscimo do uso de eletricidade para aquecimento de água para banho é devido a fatores como o aumento de investimento em tecnologia para aproveitamento do gás natural e da energia solar e ao aumento da eficiência energética dos sistemas de aquecimento elétrico.

Na Figura 6.7 é mostrado o percentual de domicílios que aquecem água para banho por fonte de energia para as cinco regiões do Brasil, em 2008. A região norte é que menos aquece água para banho (91,4% não aquece água), sendo que a fonte de aquecimento para 8,4% dos domicílios do norte que aquecem água é praticamente a eletricidade. A região nordeste é a segunda região que menos aquece água, sendo que 13,5% dos domicílios aquecem por energia elétrica e 5,1% por GLP.

Na região sul menos de 0,5% dos domicílios não aquece água para banho, sendo que 94,0% aquecem com energia elétrica e 4,0% com GLP. As regiões centro-oeste e sudeste possuem maior número de domicílios sem aquecimento de água que o sul, contudo não chegam a 10,0%.

A participação do uso da energia solar não chegou a 1,0% nas cinco regiões do Brasil em 2008, assim como a participação do gás natural, mostrando falta de investimento neste setor. Embora baixo, o uso de energia solar foi muito maior nas regiões sul, sudeste e centro-oeste do que nas regiões norte e nordeste, onde ocorrem as maiores temperaturas do país e que possuem os menores rendimentos.

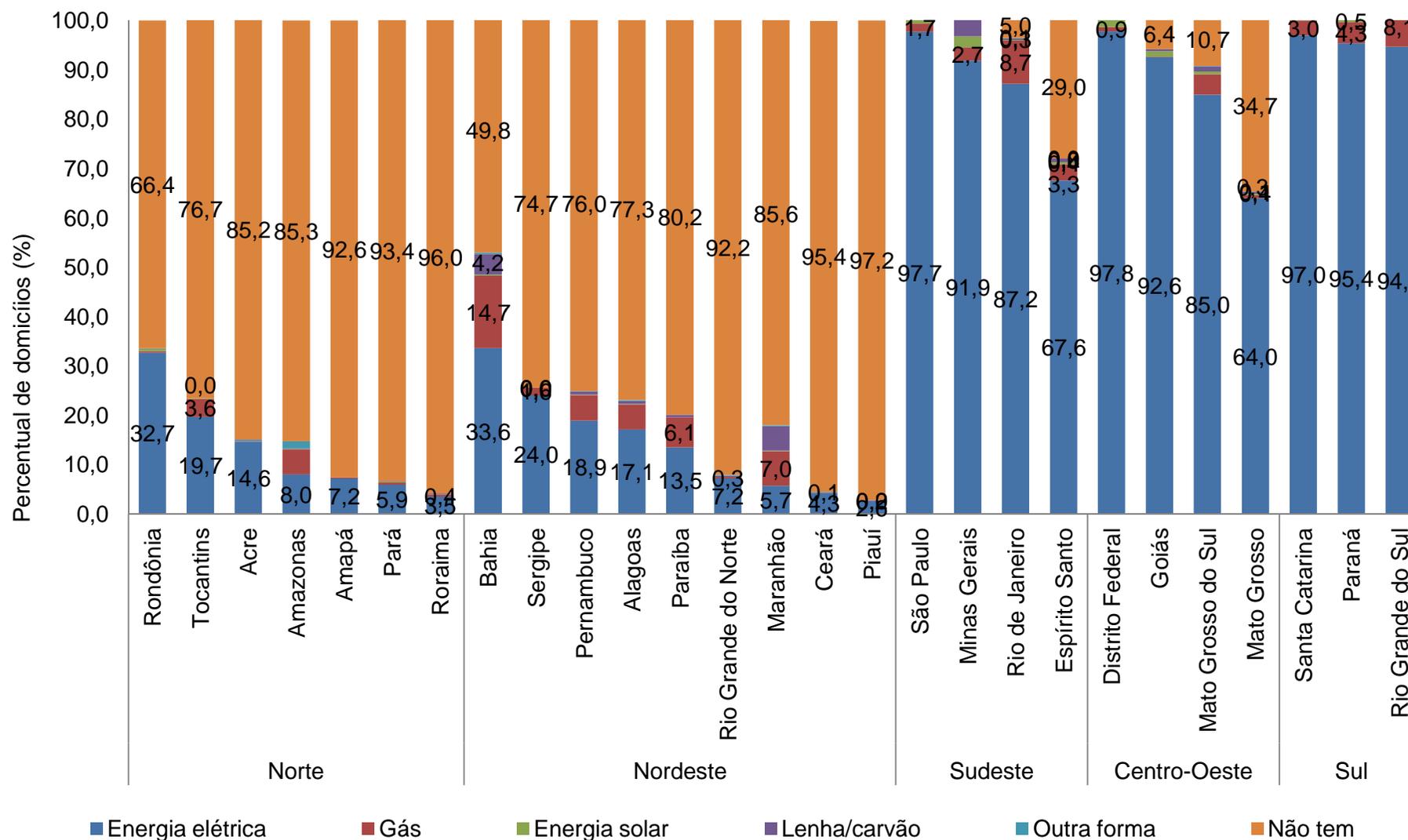
Figura 6.7 – Domicílios particulares permanentes com água encanada por fonte de aquecimento, por região geográfica (ano 2008)



Fonte: IBGE ESTADOS (2015)

Na Figura 6.8 é mostrado o percentual de domicílios particulares permanentes por fonte de aquecimento de água por estado da federação em 2008.

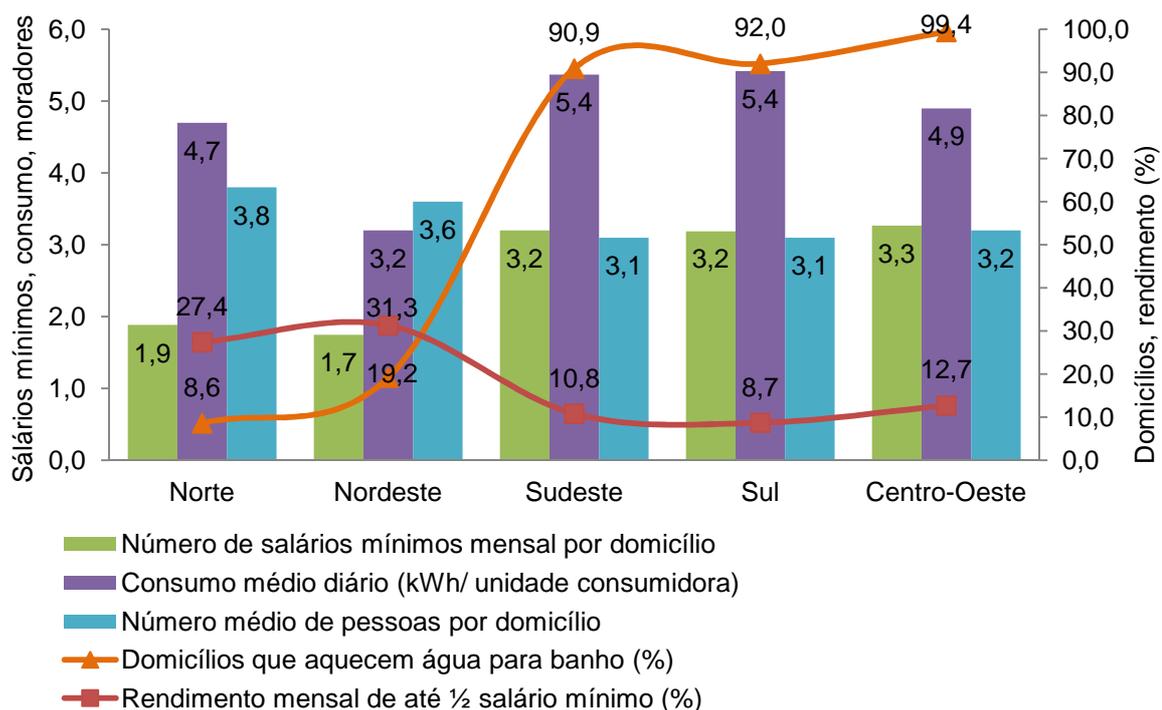
Figura 6.8 – Percentual de domicílios particulares permanentes por fonte de aquecimento de água (período 2008-2009)



Fonte: Adaptado IBGE ESTADOS (2015)

Na Figura 6.9 é mostrado o número médio de salários mínimos mensais e de moradores por domicílio, por região, como também o consumo médio diário de energia elétrica e o percentual de domicílios que aquece água e que possui renda abaixo de  $\frac{1}{2}$  salário mínimo (relativo ao salário mínimo vigente em 2008).

Figura 6.9 – Número de salários mínimos, de moradores, consumo, rendimento e domicílios que aquecem água, por região geográfica (ano 2008)



Fonte: IBGE ESTADOS (2015); Indicadores Sociais (2009); PPH (2007)

Na Figura 6.9 o número de salários mínimos mensal por domicílio é o rendimento mensal familiar *per capita* médio de famílias residentes em domicílios particulares permanentes no ano de 2008 (INDICADORES SOCIAIS, 2009) dividido pelo salário mínimo vigente no ano de 2008 (R\$ 415,00). O consumo médio diário é o consumo médio em kWh, convertido de GWh, do ano 2008 (BEN, 2015) dividido pelo número de unidades consumidoras residenciais de 2008 (ANUÁRIO, 2013). O resultado desta divisão foi dividido por 360 dias se obtendo o consumo médio diário por unidade consumidora (kWh/unidade consumidora/dia).

Na Figura 6.9, o percentual de domicílios que aquecem água para banho inclui todas as fontes de aquecimento de água da Pesquisa de Orçamentos familiares de 2008/2009 (IBGE ESTADOS, 2015): energia elétrica, GLP, energia solar, lenha/carvão e outros.

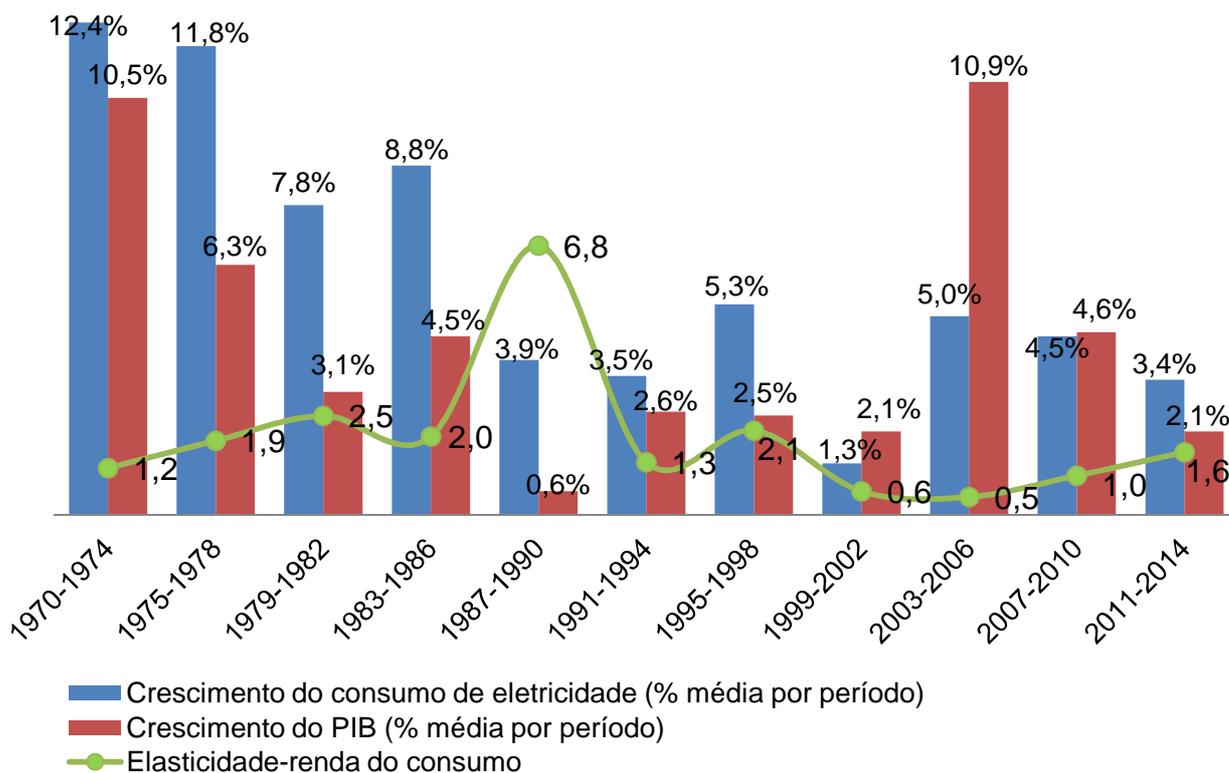
A região nordeste possui o menor número de salários mínimos mensal por domicílio do Brasil, seguida pela região norte. Na região norte, 27,4% dos domicílios situa-se na classe de rendimento mais baixo (até  $\frac{1}{2}$  salário mínimo), e na região nordeste 31,3% dos domicílios. As regiões norte e nordeste possuem o maior número de habitantes por domicílio. A região nordeste, além de possuir o menor rendimento mensal, tem o menor consumo médio diário de eletricidade por unidade consumidora, sendo que somente 19,2% dos domicílios aqueciam água para banho em 2008. Na região norte, embora o consumo médio de eletricidade diário dos domicílios seja maior que no nordeste, somente 8,6% da população aquece água para banho.

A região norte possui a maior divergência entre o número de unidades consumidoras e o número de domicílios particulares permanentes. O número de unidades consumidoras no ano de 2008 foi de 2.848.683 (ANUÁRIO, 2013) e o número de domicílios registrados nos indicadores sociais do IBGE foi de 4.035.000 (INDICADORES SOCIAIS, 2009). Considerando-se o número de domicílios particulares permanentes, o consumo médio diário de energia elétrica da região norte no ano de 2008 foi de 3,5 kWh/domicílio/dia, e não 4,7, como mostrado na Figura 6.9.

As regiões sudeste, sul e centro-oeste apresentam o maior percentual de domicílios que aquecem água para banho, assim como o maior consumo diário de eletricidade por domicílio. Estas três regiões possuem número de salários mínimos mensais por domicílio maior que o número de moradores por domicílio, diferentemente das regiões norte e nordeste. O consumo médio diário de energia elétrica e o percentual de domicílios que aquecem água para banho crescem com o rendimento das famílias e decrescem com o número de moradores por domicílio.

Na Figura 6.10 é mostrado o crescimento do PIB e do consumo de eletricidade para o Brasil nos últimos 44 anos. Observa-se que a elasticidade-renda do consumo, relação entre o percentual de crescimento do consumo de eletricidade e do crescimento do PIB, foi acima de 1,0 de 1970 a 1999, indicando que o consumo de eletricidade cresceu em um ritmo mais acelerado que o crescimento do PIB. Entre os anos de 2000 e 2007 a economia cresceu mais que o consumo de eletricidade (período em que ocorreu a “crise do apagão” no Brasil). No período 2011-2014 o crescimento do consumo de energia voltou a ser superior ao do PIB.

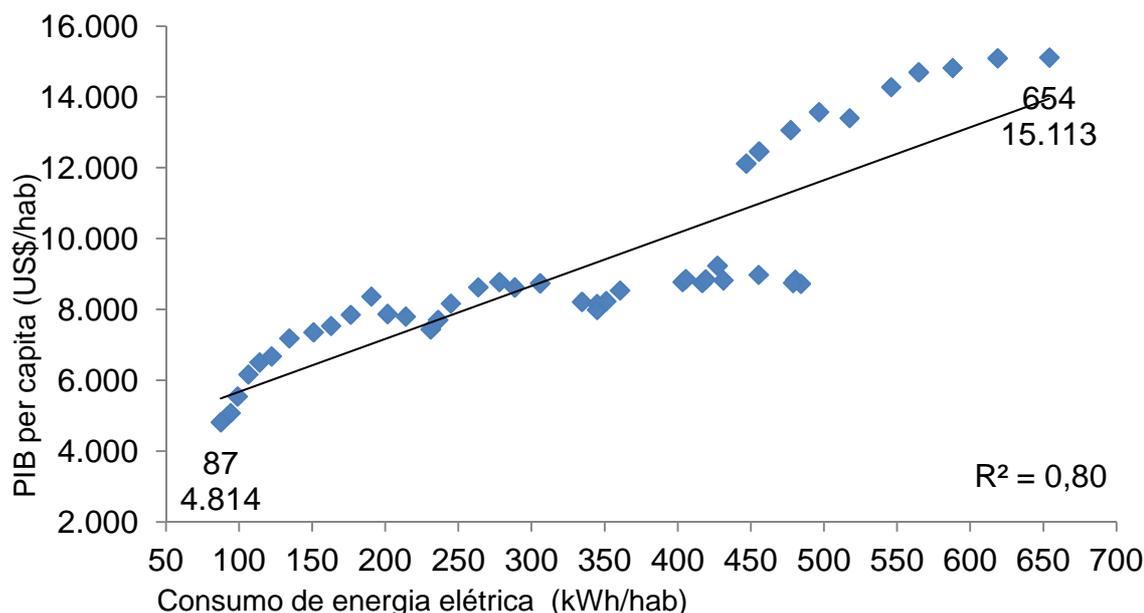
Figura 6.10 – Elasticidade-renda no setor residencial do Brasil (período 1970-2014)



Fonte: Adaptado de Anuário (2015); BEN (2015); EPE (2015)

Na Figura 6.11 é mostrada a correlação entre o PIB e o consumo de energia elétrica no setor residencial, onde se percebe a tendência do consumo de energia aumentar com o crescimento do PIB.

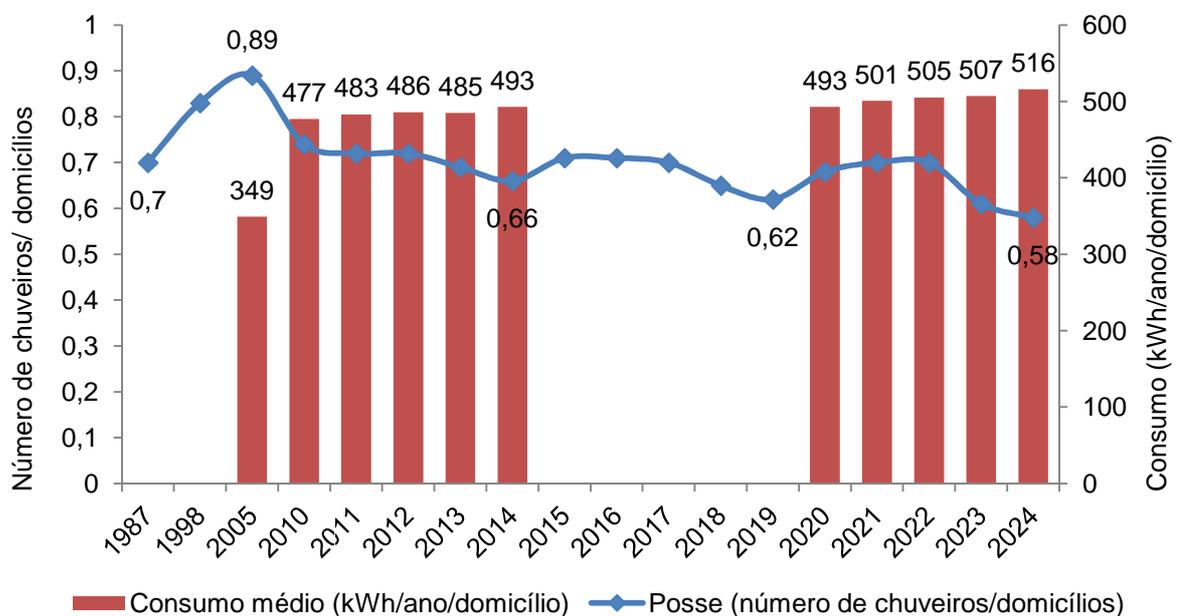
Figura 6.11 – Consumo de energia no setor residencial e o PIB (período 1970-2014)



Fonte: Adaptado de Anuário (2015); BEN (2015); EPE (2015a)

Na Figura 6.12 é mostrada posse de chuveiro elétrico no Brasil e o consumo médio do chuveiro elétrico por ano. A posse e o consumo dos anos de 2015 a 2024 são projeções do PDE (2011; 2012; 2013; 2014; 2015). Observa-se que a posse de chuveiro elétrico reduziu de 2005 a 2014, sendo estimado um aumento para 2015. A projeção indica que de 2016 a 2024 haverá picos de aumento da posse de chuveiro elétrico, contudo, em geral, há um decréscimo da posse ao longo do período. Por outro lado, o consumo de energia elétrica do chuveiro tende a aumentar ao longo do tempo, assim como ocorreu no período de 2005 a 2014.

Figura 6.12 – Posse de chuveiro elétrico por domicílios no Brasil e consumo médio do chuveiro elétrico

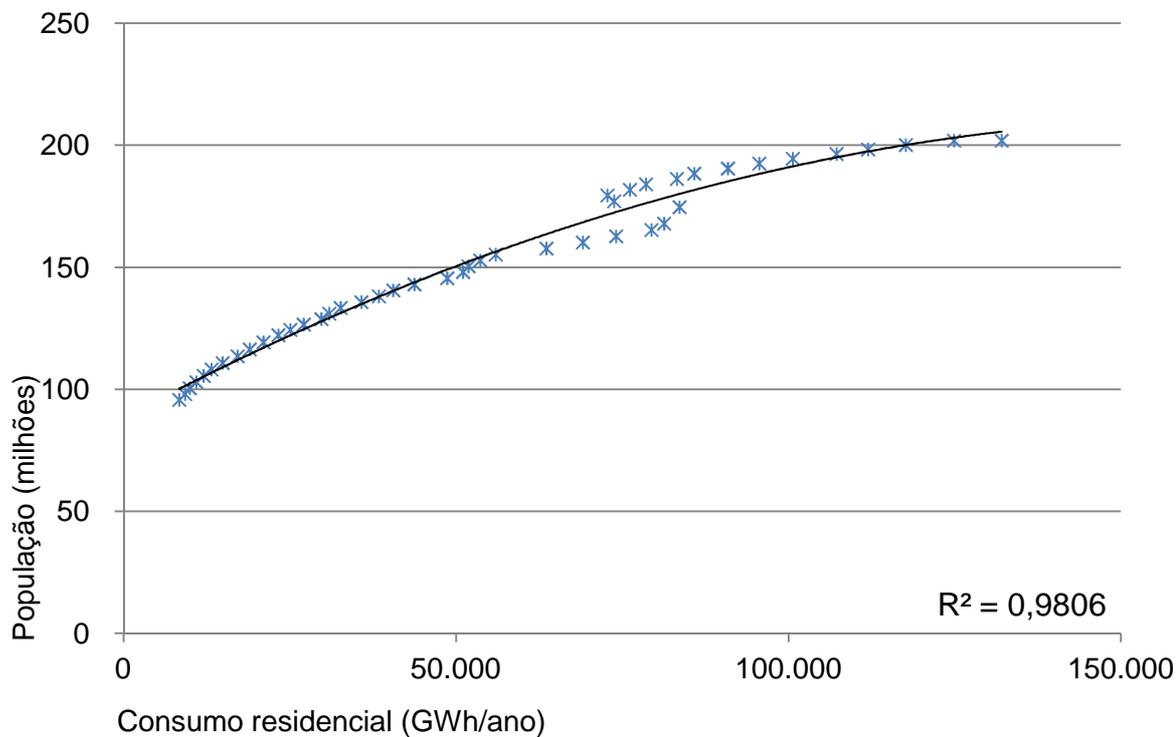


Fonte: Adaptado de Ghisi *et al.* (2007); Januzzi *et al.* (1991); PDE (2011; 2012; 2013; 2014; 2015); PPH (2007)

Observa-se nas Figuras 6.13 e 6.14 que o consumo de energia elétrica no Brasil cresce em uma relação quase linear com o crescimento da população e do número de unidades consumidoras.

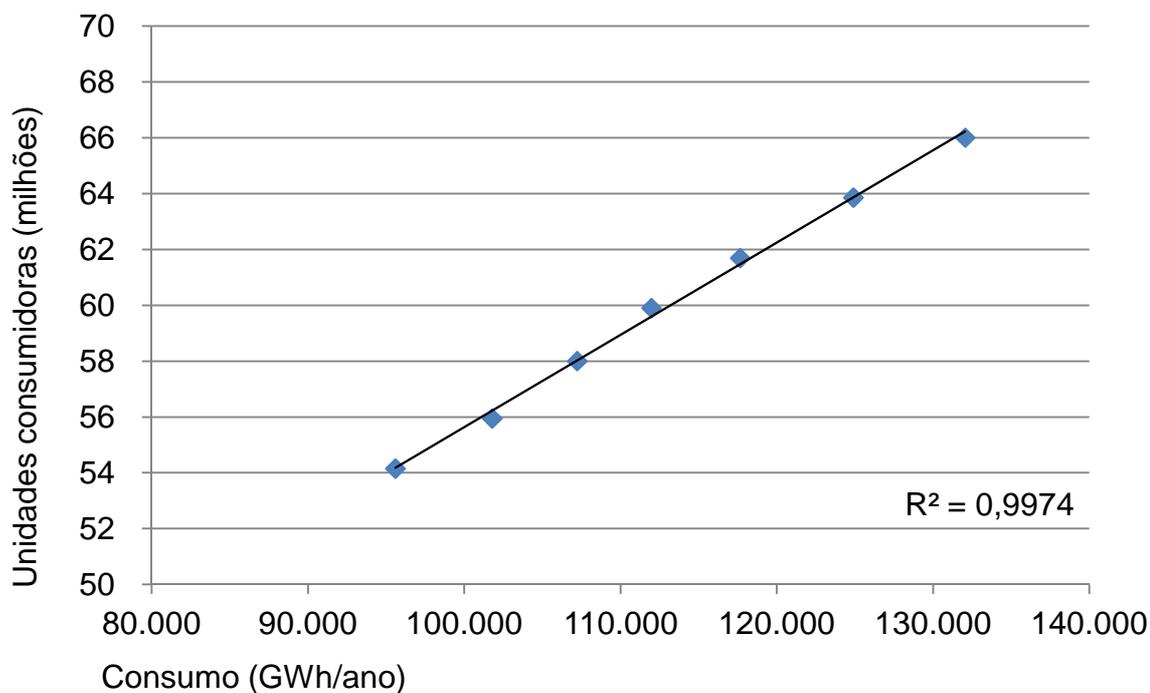
Na Figura 6.15 que mostra o consumo de energia elétrica e o número de unidades consumidoras por região, se observa uma tendência de crescimento do consumo com o crescimento do número de domicílios, assim como para o Brasil. Isto mostra que os novos domicílios tendem a seguir padrões de consumo semelhantes ao de sua região, indicando que os hábitos de cada região prevalecem.

Figura 6.13 – Correlação entre o consumo de energia elétrica no setor residencial e população no Brasil (período 1970-2014)



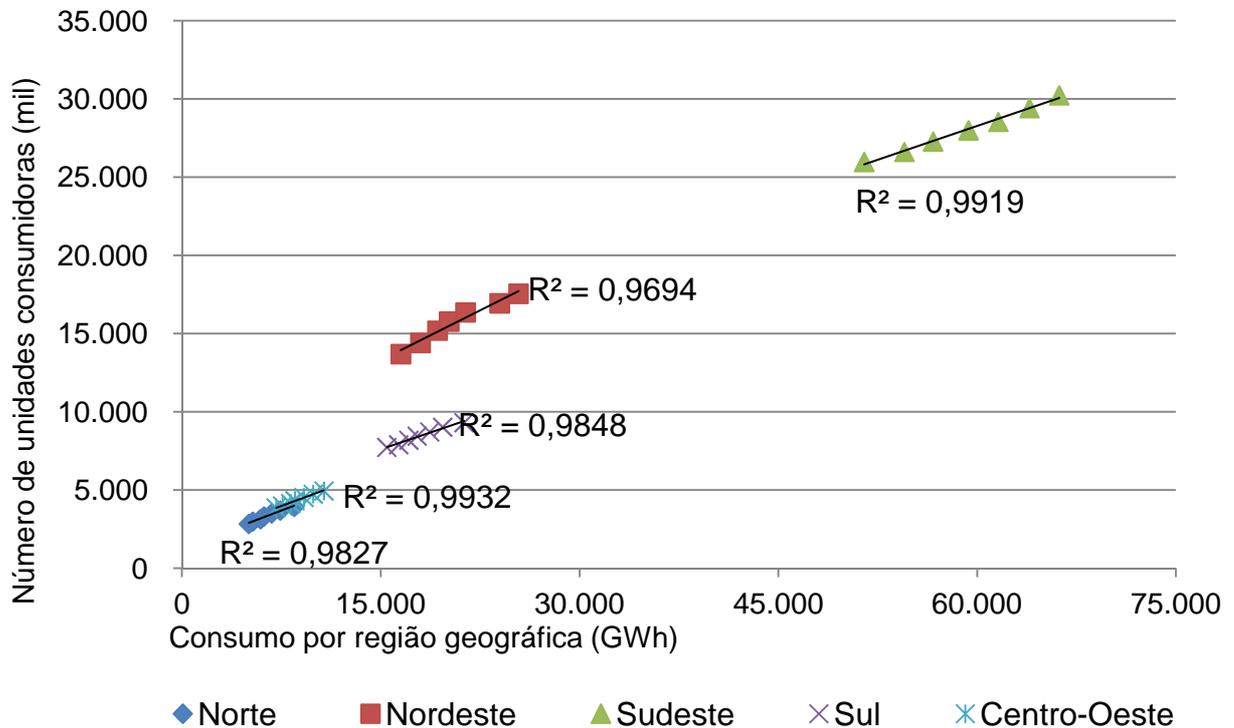
Fonte: Adaptado de Anuário (2015); BEN (2015); EPE (2015a)

Figura 6.14 - Correlação entre o consumo médio anual de energia elétrica residencial e o número de unidades consumidoras no Brasil (período 2008-2014)



Fonte: Adaptado de MME (2015a)

Figura 6.15 – Correlação entre o consumo de energia elétrica no setor residencial e número de unidades consumidoras, por região (período 2008-2014)

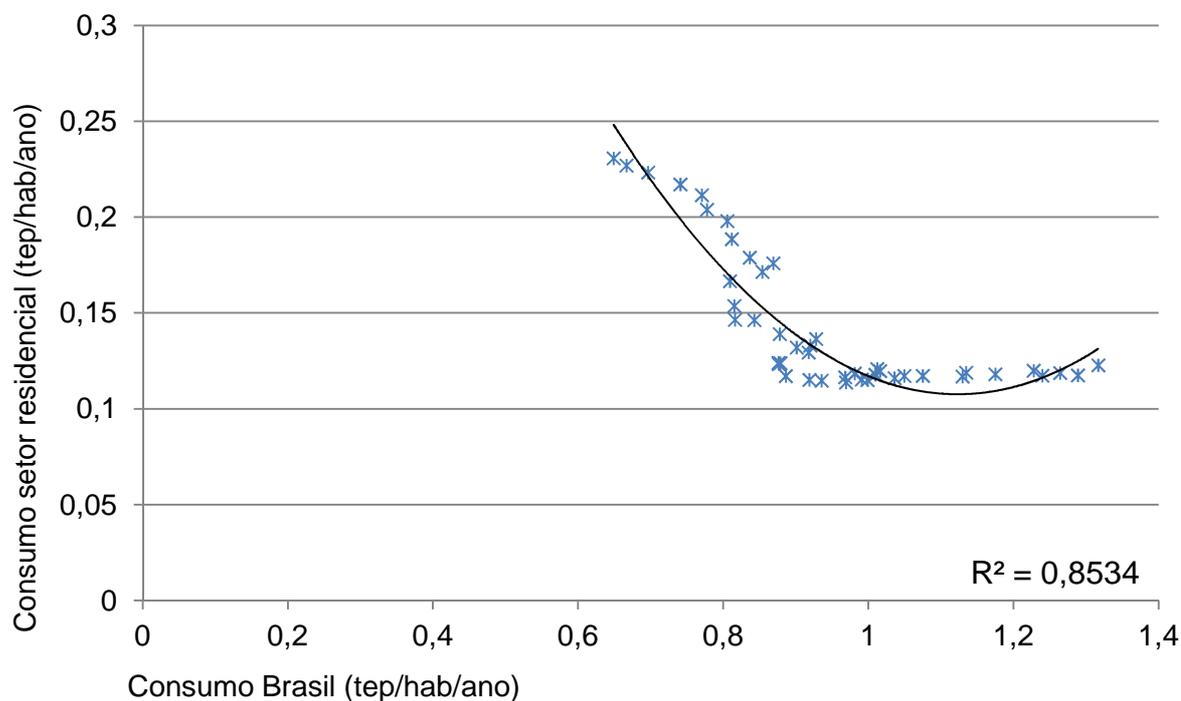


Fonte: Adaptado de Anuário (2015); BEN (2015); EPE (2015a)

Nas Figuras 6.16 e 6.17 é mostrado o consumo de energia total e de energia elétrica do setor residencial com relação ao consumo do Brasil. Nas décadas de 70 a 90 houve uma redução do consumo de energia total do setor residencial e do Brasil, sendo que em 90 voltou a crescer, assumindo uma tendência de crescimento para os anos futuros. O consumo de energia elétrica do setor residencial aumenta desde 1970 de modo praticamente linear em relação ao consumo do Brasil, tendendo a continuar aumentando nos anos futuros.

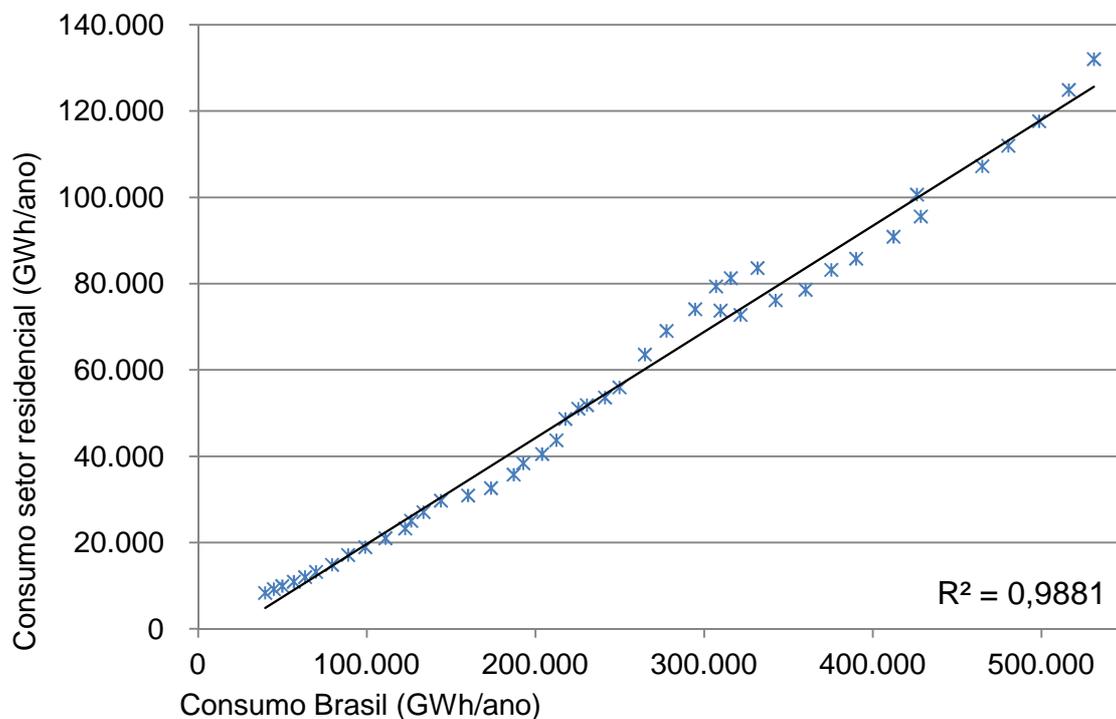
O consumo total de energia do país sofreu uma redução entre as décadas de 70 e 90 devido à transição das principais fontes de energia, lenha e carvão, para a eletricidade gerada por usinas hidrelétricas. Diferentemente do consumo total de energia do país, o consumo de eletricidade cresceu desde 1970, sendo que a tendência é que o consumo de energia total do Brasil, embora reduzido até 1990, aumente progressivamente, mas desta vez com a energia elétrica como uma das principais fontes.

Figura 6.16 – Correlação entre o consumo final de energia no Brasil e no setor residencial (período 1970-2014)



Fonte: Adaptado de Anuário (2015); BEN (2015); EPE (2015a)

Figura 6.17 – Correlação entre o consumo final de energia elétrica no Brasil e no setor residencial (período 1970-2014)



Fonte: Adaptado de Anuário (2015); BEN (2015); EPE (2015a)

## 7 AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA NO BRASIL

Segundo Abrava (2012), a utilização de sistemas de aquecimento solar no Brasil é mais usual em residências unifamiliares e multifamiliares, em piscinas e no setor hoteleiro. Essa tecnologia reduz os picos de carga elétrica nas horas críticas e promove o desenvolvimento econômico do país, pois gera empregos desde a fabricação dos materiais, a instalação e manutenção de sistemas. O uso da tecnologia solar também colabora com o meio ambiente, por exemplo, 1 metro quadrado de coletor solar poupa 56 metros quadrados de região inundada por uma usina hidrelétrica. Um metro quadrado de coletor solar também poupa 215 quilogramas de lenha e 55 quilogramas de GLP por ano.

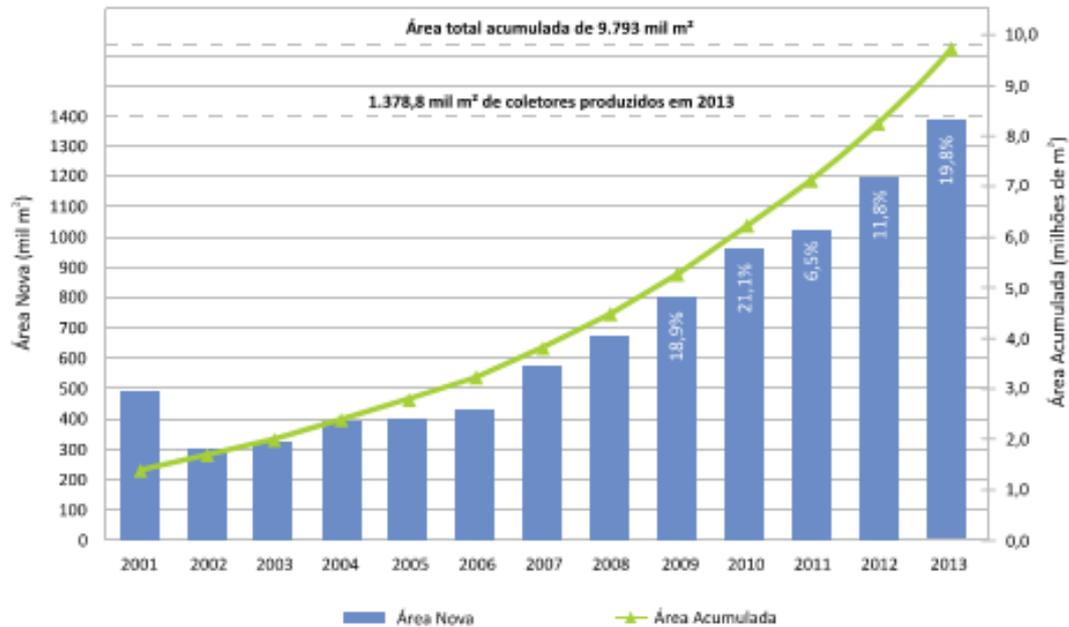
Apesar dos sistemas de aquecimento solar de água ainda serem pouco empregados no país, o seu uso em larga escala pode ser atingido por meio de divulgação, leis e incentivos. Já existem incentivos governamentais e de iniciativa privada que motivam a utilização de sistemas de aquecimento solar no setor residencial. A Universidade do Sol, que visa capacitar profissionais e informar o mercado energético brasileiro sobre a tecnologia de aquecimento solar, é um exemplo de incentivo privado. O Governo Brasileiro disponibiliza publicações informativas sobre o aquecimento solar de água, como guias, cartilhas, normas, recomendações de boas práticas e até manuais para profissionais (ABRAVA, 2012; GUIA, 2015).

De acordo com Abrava (2015), o Brasil possuía seis milhões de metros quadrados de área de coletores solares instalados em 2009/2010, gerando 4 MWh de energia térmica. O crescimento médio da produção de Sistemas de Aquecimento Solar (SAS) na década de noventa foi de 15,0%, passando para 21,1% em 2010. Em 2013 o Brasil passou a contar com uma área total instalada de coletores solares de quase dez milhões de metros quadrados, ocupando a quarta posição no mundo de área de coletores instalados. Na Figura 7.1 é mostrada a evolução do mercado de aquecimento solar de água no Brasil (SOL, 2015).

Os coletores se diferenciam segundo finalidade e eficiência. Em geral, são empregados no Brasil coletor aberto, fechado e com tubo evacuado. O coletor aberto é empregado somente para aquecimento de piscina e banho (pouco usado para aquecimento de ambiente). Os coletores do tipo fechado e com tubo evacuado se aplicam ao aquecimento de piscina, para banho, de ambiente e para processos

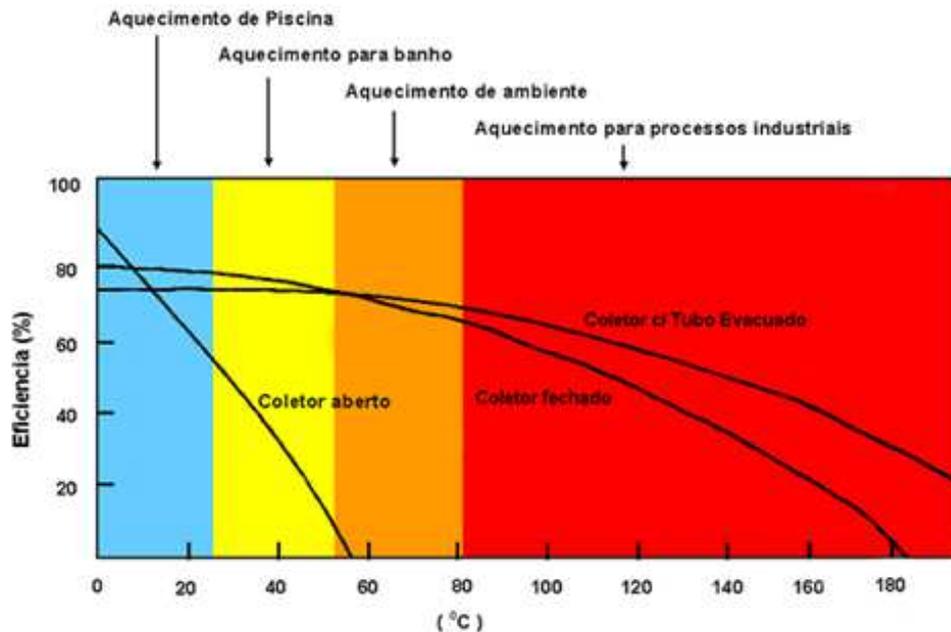
industriais. Estes dois tipos de coletores possuem maior eficiência energética para maiores temperaturas. Na Figura 7.2 é mostrada a relação entre eficiência energética e temperatura de aquecimento para determinados tipos e aplicações de aquecimento solar.

Figura 7.1 – Evolução do mercado de aquecimento solar no Brasil



Fonte: Abrava (2014)

Figura 7.2 – Tipos de coletores: eficiência energética e temperatura



Fonte: Abrava (2012)

## 7.1 Incentivos ao uso da tecnologia de aquecimento solar

O Governo Federal do Brasil, por meio do programa Minha Casa Minha Vida, incentiva a utilização de sistemas de aquecimento solar de água (SAS) para famílias de baixa renda (renda bruta até R\$1.600,00). Na atual política habitacional do Governo Federal é prevista a implantação de SAS para unidades habitacionais unifamiliares (obrigatório) e conjuntos habitacionais multifamiliares (opcional). Os custos de aquisição e implantação de SAS são limitados em até R\$2.000,00 por unidade habitacional (CAIXA, 2015).

O sistema de aquecimento solar de água oferecido pelo programa da CAIXA é composto basicamente de coletor solar, reservatório térmico, caixa redutora de pressão, interligação entre estes elementos e suportes. A integração do sistema de aquecimento solar à rede hidráulica da edificação, bem como o sistema de aquecimento auxiliar (chuveiro elétrico ou aquecedor de passagem a gás) fazem parte do programa da CAIXA. Os projetos de SAS do programa da CAIXA devem atender aos requisitos das Normas brasileiras referentes aos sistemas de aquecimento solar, reservatórios térmicos, etc., e do RAC – Requisito de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Aquecimento Solar de Água do PBE/Inmetro, vigente na data da aprovação do projeto. Também se deve atentar às recomendações da Abrava (CAIXA, 2015).

Outro incentivo do governo é o Guia para Eficiência Energética nas Edificações Públicas, elaborado pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPTEL. Este Guia é um manual que visa orientar os gestores dos ministérios públicos na elaboração de editais para implantação de medidas de eficiência energética em edificações públicas. Uma das recomendações deste documento é o aproveitamento da energia solar para o aquecimento de água, solucionando problemas de demanda energética em edificações públicas. Segundo Guia (2015), o setor de serviços (comercial e público) responde por 9% da área total de coletores solares instalados no país.

O Guia (2015) apresenta fundamentos básicos de sistemas de aquecimento solar de água (SAS) por meio de conceitos e definições, como também os componentes de um SAS. Este Guia também apresenta os tipos de SAS mais empregados – Sistemas por Termossifão e Sistemas de Circulação Forçada, bem

como apresenta o dimensionamento de SAS e indica as normas a serem consideradas.

A Casa Eficiente (2010) é um exemplo de construção modelo em termos de eficiência energética que além de conter tecnologias sustentáveis e servir de estudo para o meio acadêmico, visa informar, divulgar e incentivar a implantação de sistemas sustentáveis nas residências brasileiras. A Casa Eficiente, resultado da parceria entre a Universidade Federal de Santa Catarina, a Eletrosul e a Eletrobras, possui tecnologias referentes ao aproveitamento de energia solar, uso eficiente de energia, entre outros.

A Casa Eficiente (2010) conta com aproveitamento da energia solar térmica para aquecimento de água por meio de um sistema de aquecimento solar plano. O uso da energia solar para aquecimento de água, além de ser uma fonte renovável, limpa e ilimitada, tem grande potencial de uso em todo território nacional, que possui grande disponibilidade de níveis de irradiação solar e condições climáticas apropriadas para o aquecimento de água. A irradiação solar média diária disponível no Brasil varia entre 4,25 kWh/m<sup>2</sup> (sul) e 6,50 kWh/m<sup>2</sup> (nordeste).

Residências com Sistemas de Aquecimento Solar de água, assim como a Casa Eficiente, têm potencial para diminuir o consumo de energia nos picos de demanda do sistema elétrico nacional, evitando apagões (CASA EFICIENTE, 2010).

A Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (Abrava) possui o Departamento Nacional de Aquecimento Solar – Dasol. O Dasol lidera no Brasil a divulgação e promoção do desenvolvimento da energia solar térmica por meio de estudos, feiras, eventos e do Programa Brasileiro de Etiquetagem da Eletrobrás/Procel e Inmetro, e também do programa Qualisol Brasil (DASOL, 2015).

O Programa de Qualificação de Fornecedores de Sistemas de Aquecimento solar – Qualisol Brasil – verifica a conformidade de sistemas de aquecimento solar de água com as normas brasileiras, os requerimentos de qualificação, e a comprovação de qualidade dos equipamentos ofertados pelos fornecedores, registrando os equipamentos e emitindo os certificados Qualisol Brasil. Este programa parte de um convênio entre a Abrava, o Inmetro e o Procel que promove a certificação de equipamentos solares para consumo no Brasil (QUALISOL, 2007).

Outra iniciativa da Abrava, em parceria com o Instituto Ekos Brasil, foi a publicação do estudo de qualidade das instalações de aquecimento solar para

contribuir com a disseminação desses sistemas. Na publicação se abordou sobre a verificação dos componentes e a pré-instalação, seguido da instalação passo a passo com dicas para se evitar erros de instalação e perda de eficiência do sistema (AQUECIMENTO SOLAR, 2009).

O Procel também colabora com a expansão de SAS pelo Brasil por meio da Rede Eletrobras Procel Solar, que disponibiliza publicações exclusivas sobre aquecimento solar de água que estimulam o aproveitamento desta tecnologia. As principais publicações são o Manual do Professor, Manual do Instalador e Manual do Projetista. O Manual do Professor é um curso de capacitação em aquecimento solar de água que visa o desenvolvimento de material didático para estudo do tema (PROCEL, 2015b).

O Manual do Projetista é um curso de capacitação em aquecimento solar de água para sistemas de aquecimento solar de pequeno porte, voltado para engenheiros, arquitetos e técnicos de concessionárias de energia elétrica e professores e instrutores em geral. O Manual do Instalador de sistemas de aquecimento solar de pequeno porte segue a mesma visão e objetivos dos manuais citados. Todos os manuais são de acesso livre (PROCEL, 2015b).

A iniciativa privada também procura estimular o mercado de SAS. Um exemplo recente é a Universidade do Sol. Esta fundação é mantida pela empresa de equipamentos e sistemas solares de aquecimento de água Soletrol, que possui estrutura completa para treinamento teórico e prático de profissionais em aquecimento solar de água. A Universidade do Sol tem por objetivo disseminar a tecnologia do aquecimento solar de água através da capacitação profissional e por meio de pesquisas e publicações técnicas (UNIVERSIDADE DO SOL, 2015).

## **7.2 Estudos brasileiros sobre Sistemas de Aquecimento Solar**

### *7.2.1 Rendimento de coletores planos e coletores de tubos evacuados*

A Universidade do Sol publicou um relatório técnico referente a um estudo comparativo entre a eficiência de coletores solares planos e de tubos evacuados (em inserção no mercado nacional). Segundo a Universidade do sol (2013), os coletores de tubos a vácuo são novos no mercado brasileiro, despertando dúvida

nos consumidores, pois fornecedores afirmam que este tipo de coletor tem um maior rendimento que os tradicionais coletores planos.

O relatório técnico da pesquisa relatou que para um reservatório térmico de 2001, considerando coletores planos e de tubos evacuados com mesma configuração, o maior rendimento foi do coletor plano, produzido nacionalmente. O coletor plano produziu uma média de 7,7 MJ/dia.m<sup>2</sup>, enquanto que o coletor solar de tubos evacuados produziu em média 7,4 MJ/dia.m<sup>2</sup>. O experimento foi repetido, mas desta vez com um térmico de 100 litros. Nesta etapa a produção de energia aumentou para 8,3 MJ/dia.m<sup>2</sup> para o coletor solar plano e reduziu para 6,0 MJ/dia.m<sup>2</sup> para o coletor de tubos a vácuo. Na Figura 7.3 é apresentada a configuração dos sistemas estudados.

Figura 7.3 - Vista em perspectiva dos sistemas, sendo o da direita constituído de tubos evacuados



Fonte: Universidade do sol (2013)

### 7.2.2 Chuveiro híbrido

O Grupo de Chuveiros (GCA) da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee) e o Centro Internacional de Referência em Reuso de Água – CIRRA (Escola Politécnica da USP) elaboraram um estudo de avaliação do consumo de insumos em chuveiro elétrico, chuveiro híbrido, aquecedor a gás,

aquecedor solar e aquecedor de acumulação elétrico. O chuveiro híbrido é composto de um sistema solar de aquecimento de baixo custo com chuveiro elétrico como sistema auxiliar (ABINEE, 2009).

O estudo apontou que as opções mais econômicas para aquecimento de água para banho, em termos de consumo de energia elétrica, gás e água, são o chuveiro elétrico e o sistema híbrido. O custo por banho de 8 minutos foi de R\$ 0,22 para o chuveiro elétrico e sistema híbrido (sistema solar com apoio de chuveiro elétrico), enquanto que para o sistema puramente solar e a gás o custo sobe para R\$ 0,35 e 0,58, respectivamente. Embora o sistema híbrido possua maior custo de implantação que o chuveiro elétrico isolado, ele é o mais indicado não somente por apresentar menor consumo de energia e de água, mas principalmente por reduzir os picos de carga de energia elétrica (ABINEE, 2009).

### *7.2.3 Contagem mais 10: experiência em comunidade de baixa renda*

O Procel realizou uma experiência no município de Contagem (MG), onde foram instalados SAS no ano 2000 em uma comunidade de baixa renda em 100 habitações populares. Foi realizado um acompanhamento até 2005 e uma análise em 2011, levantando a situação das instalações. A publicação deste estudo foi realizada no Livro Solar (PROCEL, 2012).

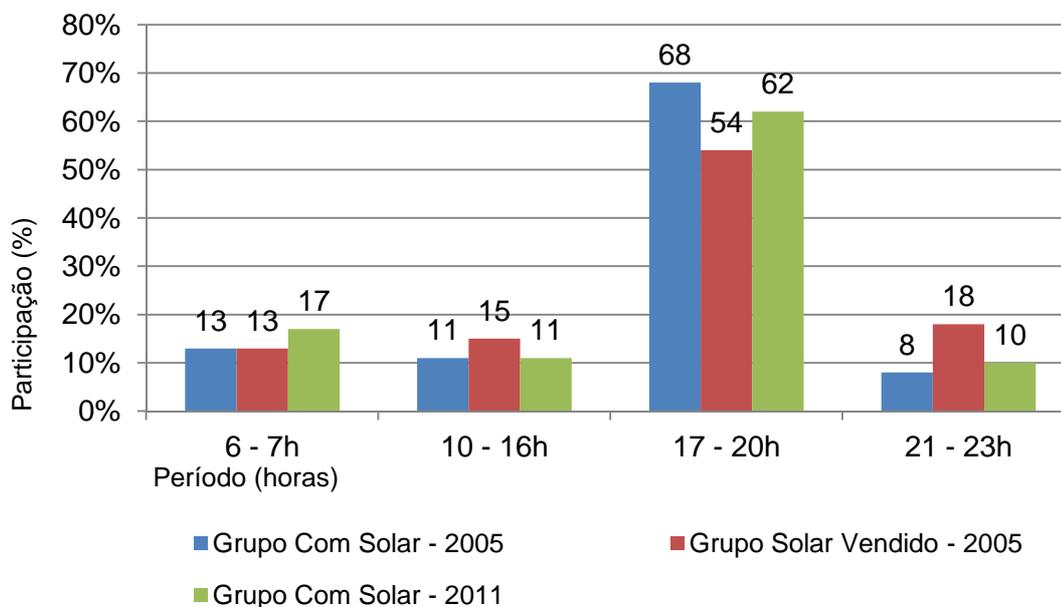
Segundo Procel (2012), os sistemas foram dimensionados para uma família de cinco pessoas, e o sistema consistia em uma placa coletora plana de 2 m<sup>2</sup> e um reservatório térmico de inox de 200 litros (funcionamento em termossifão). Os equipamentos possuíam Selo Procel Eletrobras. Em 79 reservatórios térmicos foram utilizadas resistências elétricas de 1.500 W como sistemas auxiliares (com ativação manual), e nos demais 21 reservatórios foram instalados chuveiros elétricos no ponto de uso.

Embora tenham sido realizadas visitas que visaram à conscientização inicial dos moradores nos primeiros cinco anos, 33% dos sistemas foram comercializados sem o conhecimento dos organizadores do programa. Entre 2005 e 2011 mais 31% dos equipamentos foram comercializados sem o consentimento do programa, restando 46 sistemas de aquecimento (PROCEL, 2012).

A Figura 7.4 mostra que os banhos do grupo estudado se concentravam entre 17 e 20h – horário de pico de carga do sistema elétrico no período (2001-2005). Das

famílias com coletor solar, 50% tomava banho quente no verão e das famílias que o venderam somente 17% tomava banho quente. Em contra partida, no inverno para ambos os grupos de moradores cerca de 95% tomava banho quente.

Figura 7.4 – Horário de banho da família de baixa renda (2005 e 2011)

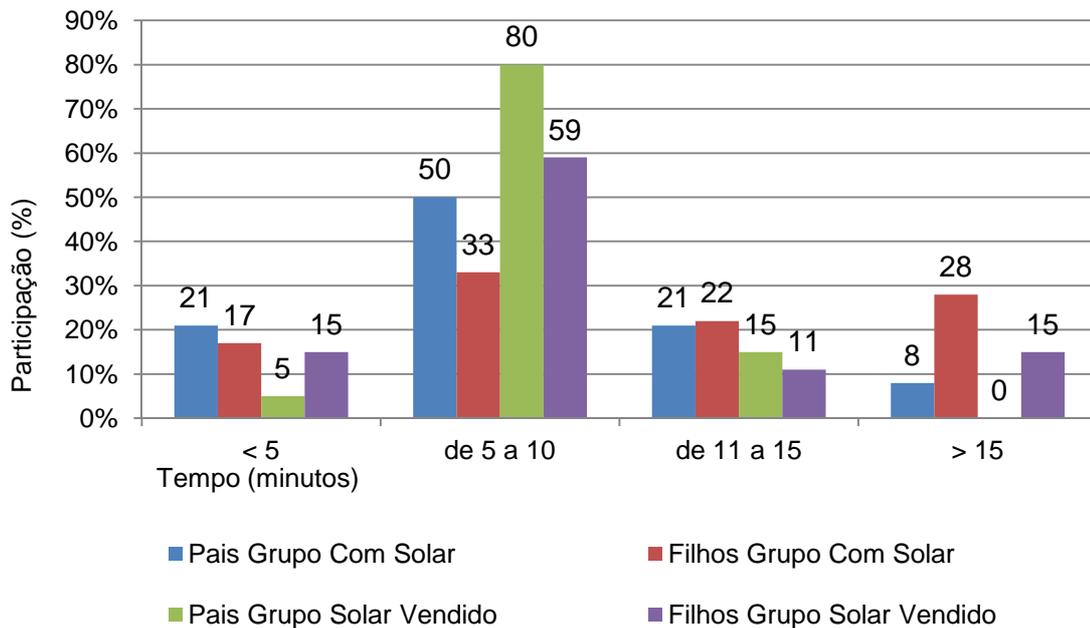


Fonte: Procel (2012)

Na Figura 7.5 se observa que o tempo de banho varia entre pais e filhos, sendo que ao menos 50% dos filhos e 29% dos pais do grupo com SAS tomavam banhos de 11 minutos ou mais. Do grupo com o SAS vendido somente 26 e 15% dos filhos e pais, respectivamente, tomavam banhos de 11 minutos ou mais, indicando que estes domicílios com menor renda economizavam mais, sendo que uma das justificativas de venda dos equipamentos foi para suprir necessidades momentâneas da família.

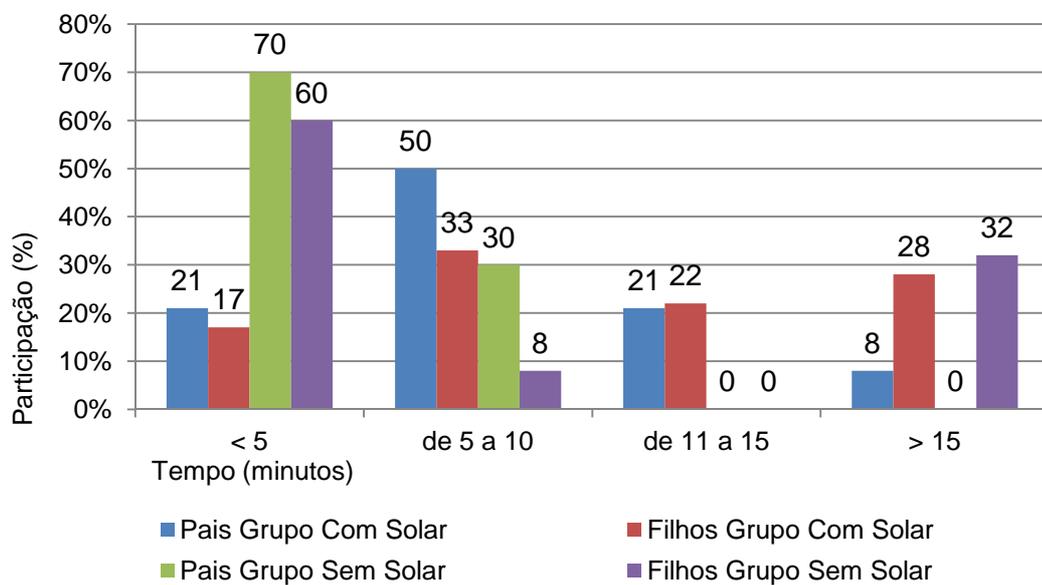
Quanto às famílias com SAS e sem SAS instalado (nunca tiveram coletor solar), na Figura 7.6 se observa uma mudança de comportamento das famílias que passaram a ter SAS. Em geral, pais e filhos deste grupo migraram de banhos de até cinco minutos para tempos maiores, sendo que 29% dos pais chegaram a tomar banhos de 11 ou mais minutos.

Figura 7.5 – Tempo de banho dos grupos Com Solar e Solar Vendido em 2005



Fonte: Procel (2012)

Figura 7.6 – Tempo de banho dos grupos Com Solar e Sem Solar em 2005



Fonte: Procel (2012)

Em geral, houve alta aprovação dos sistemas de aquecimento solar entre os moradores e uso/manejo adequado dos equipamentos instalados, embora tenham ocorrido alguns problemas de manutenção dos sistemas por falta de informação. Na Figura 7.7 é mostrado o local onde a pesquisa foi realizada.

Figura 7.7 – Coletores solares no conjunto habitacional



Fonte: Procel (2012)

#### 7.2.4 Influência do usuário na economia de energia de SAS em Habitações de Interesse Social

Em sua pesquisa, Giglio (2015) mostrou que na avaliação da economia de energia real de um sistema de aquecimento solar de água, em edificações de interesse social, deve se considerar o modo como o usuário se apropria do sistema. Giglio (2015) avaliou qualitativamente (renda, grau de escolaridade, composição da família), por meio de monitoramento não instrumentado (questionários socioeconômicos e de hábitos de uso), e quantitativamente, por meio de medições no sistema de aquecimento (irradiação solar, vazão, temperatura e potência).

Na pesquisa foram estudados 200 domicílios de Londrina (Paraná) de famílias de baixa renda, divididos em cinco subgrupos homogêneos de acordo com fatores predominantes, reduzindo a variabilidade socioeconômica e do consumo. Na Figura 7.8 é mostrado o conjunto habitacional estudado. O estudo foi realizado durante o período de um ano. Em cada subgrupo foi instalado o sistema de monitoramento para uma residência. O agrupamento 2 possui as famílias sem potencial de economia de energia (22% dos casos); o agrupamento 1 possui as famílias de baixo potencial de economia (15%); os agrupamentos 5 e 3 possuem as famílias com bom potencial de economia de energia (47% no total); e o agrupamento 4 contém as famílias com economia desconhecida (16%), devido a ligações clandestinas na rede elétrica.

Figura 7.8 – Vista das unidades habitacionais do residencial estudado



Fonte: Giglio (2015)

Na análise qualitativa, embora 80% dos usuários se mostraram satisfeitos com o sistema de aquecimento solar, 63% tiveram dificuldades para misturar a água do banho; quanto menor o nível de escolaridade, maior a dificuldade. O agrupamento 2, sem potencial de economia, contém as famílias com maior número de crianças maiores e adolescentes, as quais tiveram a maior dificuldade para mistura da água do banho. No agrupamento 1, com baixo potencial de economia, as famílias predominantes são menores e compostas por idosos, sendo o grupo com maior percentual de analfabetismo. Em relação aos agrupamentos 3 e 5, com bom potencial de economia de energia, o agrupamento 3, composto de mulheres chefe de família (maior nível de escolaridade) obteve o maior grau de satisfação com o sistema de aquecimento solar, e o agrupamento 5, composto de famílias jovens, obteve os maiores percentuais de economia.

Em relação à análise quantitativa, somente 47% dos domicílios (agrupamentos 3 e 5) obtiveram resultados satisfatórios de economia, mostrando que para a maioria dos domicílios a forma de apropriação foi inadequada por dificuldade de entendimento da tecnologia e manipulação do equipamento. Os principais fatores agravantes do potencial de economia do sistema de aquecimento solar observados foram: a dificuldade do uso da tecnologia por idosos e por usuários de baixo nível de escolaridade; a presença de maior número de adolescentes nas famílias; dificuldade na mistura da água do banho. A existência destes fatores reflete na grande dispersão nos dados de consumo e economia, pois as condições de

radiação e as características técnicas dos sistemas eram similares, indicando grande influência do usuário de baixa renda na economia de energia com sistema de aquecimento solar.

O sistema de aquecimento solar proporcionou uma redução no consumo total de energia elétrica de 13,1 a 33,4%, com média ponderada de 26,0%, e uma economia de energia de 9,51 a 18,6 kWh/pessoa, representando uma economia acumulada anual de 145 kWh/pessoa. O sistema de aquecimento solar reduziu a fatura de energia elétrica das famílias de baixa renda, permitindo que este orçamento fosse investido em outras finalidades.

Um dos resultados mais importantes de Giglio (2015) mostrou que houve reduções significativas na demanda máxima de pico em todos os agrupamentos. A redução no horário de pico variou de 65,8 a 80,8%, com média de 75,0% de redução. Essa redução colabora com o sistema de energia elétrica do país, pois a redução da demanda no horário de pico diminui os apagões e a sobrecarga da rede.

A pesquisa comprovou os benefícios do aquecimento solar e indicou que é necessária maior atenção para a relação usuário e tecnologia termossolar, pois o usuário mais esclarecido opera o sistema de aquecimento solar com mais eficiência e conforto.

## 8 CERTIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA NO BRASIL

No Brasil, a Eletrobras e o Inmetro implementaram de forma integrada o Programa Brasileiro de Etiquetagem, que visa a avaliação da conformidade de diversos equipamentos em relação a critérios normativos, com foco na eficiência energética, por meio da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) e do Selo Procel. O Selo Procel e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) são coordenados, respectivamente, pela Eletrobras Procel e pelo Inmetro (PROCEL, 2013).

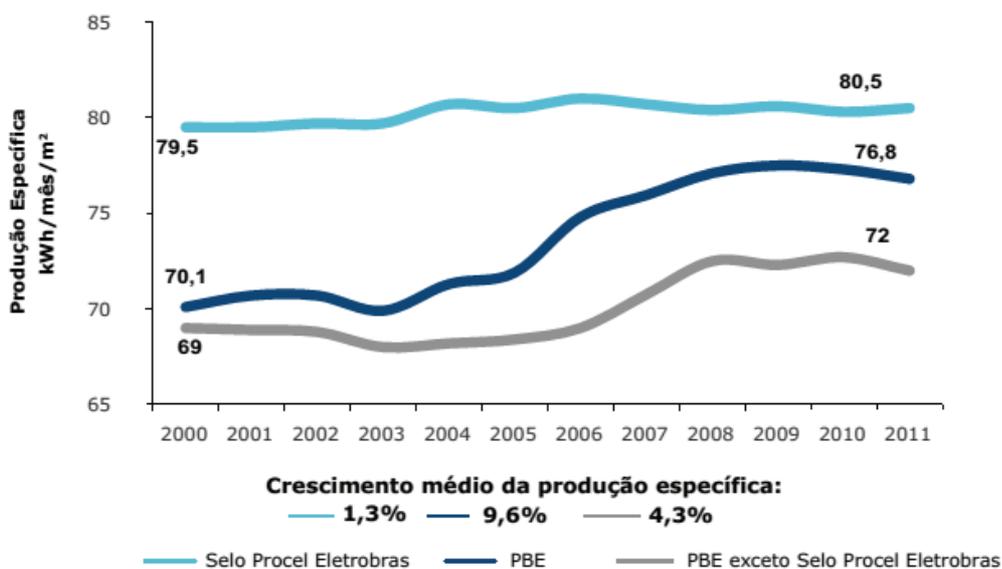
A etiqueta (ENCE) indica a classificação dos equipamentos por nível de eficiência energética, que varia de “A” (mais eficiente) a “G” (menos eficiente). O Selo Procel de Economia de Energia da Eletrobras Procel, juntamente com o Inmetro, é um dos maiores instrumentos de divulgação da eficiência energética de eletrodomésticos, equipamentos eletroeletrônicos e de aquecimento solar de água comercializados no Brasil. O Selo Procel é concedido aos equipamentos, entre os que passam pelos testes e classificação da etiquetagem do PBE (ENCE), que consomem menos energia (maior índice de eficiência energética de sua categoria). Em alguns casos específicos os equipamentos podem receber a bonificação do Selo Procel mesmo sem a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), emitida pelo PBE. Ainda não existem chuveiros elétricos certificados com o Selo Procel de economia de energia, somente com a ENCE (PROCEL, 2012; 2013).

Em relação ao aquecimento solar de água no Brasil, a etiqueta (ENCE) e o Selo Procel motivaram a evolução de índices de desempenho de equipamentos deste setor, como coletores solares e reservatórios de água quente. Tendo em vista o aumento da comercialização de SAS de 2006 a 2010, o Procel, junto ao Inmetro, iniciou o PBE Solar, que avalia a conformidade e eficiência energética exclusivamente de equipamentos de SAS (PROCEL, 2012).

O PBE Solar tem o objetivo de informar o consumidor sobre o desempenho energético dos equipamentos dos SAS emitindo a ENCE e o Selo Procel. Desde a criação do programa se observou melhora no desempenho dos coletores comercializados no país. A eficiência média era de 51,3% em 2000, aumentando ao longo dos anos para 55,7% em 2010. Segundo Procel (2012), os coletores etiquetados com a ENCE do PBE tentam alcançar os padrões dos equipamentos

bonificados com o Selo Procel (mais eficientes do mercado). A Figura 8.1 mostra a evolução da produção mensal de energia específica dos coletores solares para banho entre 2000 e 2011, onde se observa a tendência de melhora na eficiência dos equipamentos certificados com ENCE em direção ao nível dos equipamentos bonificados com o Selo Procel.

Figura 8.1 – Evolução da produção específica de energia em coletores solares certificados

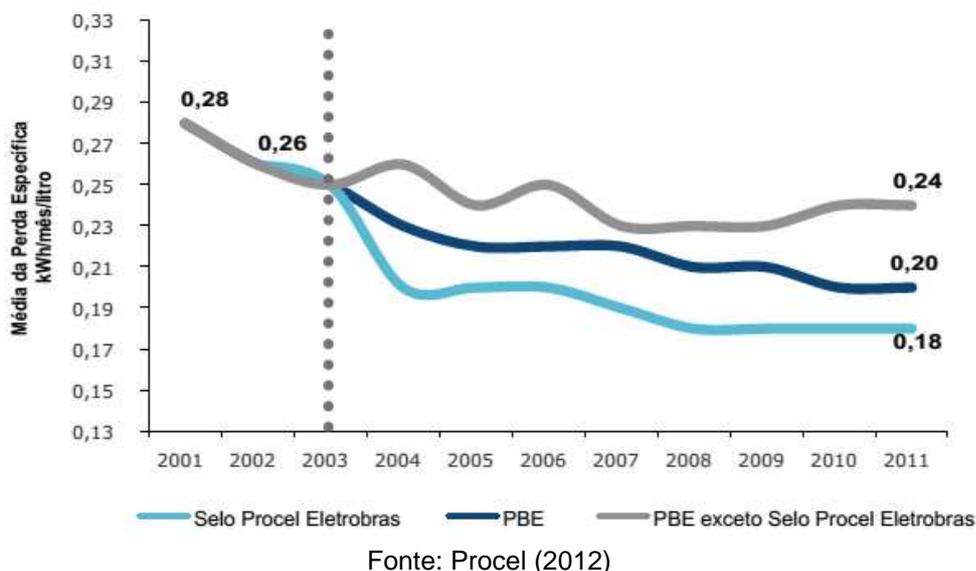


Fonte: Procel (2012)

Outro equipamento avaliado pelo PBE e Selo Procel é o reservatório térmico para SAS. A Figura 8.2 mostra que a tendência ao longo do tempo é que os reservatórios classificados pela ENCE (PBE) tenham melhora de desempenho até se aproximarem dos classificados pela ENCE e pelo Selo Procel.

Além das etiquetas emitidas, o Inmetro disponibiliza ao consumidor tabelas de consumo de energia e de eficiência energética de diversos tipos de equipamentos, o que também incentiva e colabora com a escolha de equipamentos mais eficientes pelos consumidores ao adquirirem novos equipamentos. Nas tabelas de eficiência energética são apresentados todos os produtos aprovados no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e autorizados a possuir a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) (INMETRO, 2015).

Figura 8.2 – Evolução média das perdas específicas de energia em reservatórios térmicos



O Procel Edifica é outra iniciativa que visa economia de energia elétrica no país, mas voltado às edificações. O programa procura divulgar e estimular a aplicação dos conceitos de eficiência energética em edificações, e apoiar a implantação da Lei de Eficiência Energética. Isto por meio do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica) e do Selo Procel Edificações. A etiqueta PBE Edifica indica a conformidade do atendimento das edificações a requisitos de desempenho de normas e regulamentos técnicos (PROCEL, 2014).

Atualmente, além da regulamentação técnica para equipamentos de aquecimento solar de água, existe regulamentação para edificações, que consideram sistemas de aquecimento de água. O regulamento técnico da qualidade (RTQ) para equipamentos de aquecimento solar, publicado pela Portaria Inmetro nº 301/2012 (Inmetro, 2012a), estabelece requisitos essenciais que devem ser atendidos pelos SAS, visando desempenho energético, segurança e responsabilidade ambiental.

O RTQ para o nível de eficiência energética de edificações especifica requisitos técnicos e métodos de classificação das edificações, visando criar condições para etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, públicos e residenciais (INMETRO, 2010).

Outro incentivo para o setor de aquecimento de água são os requisitos de avaliação da conformidade (RAC) para equipamentos de aquecimento solar de água

(INMETRO, 2012b) e para eficiência energética de edificações (INMETRO, 2013), que inspeciona se os equipamentos e edificações estão de acordo com os Regulamentos Técnicos da Qualidade.

## **8.1 Estudos brasileiros sobre a regulamentação da eficiência energética de sistemas de aquecimento solar**

### *8.1.2 Impacto do regulamento para eficiência energética em edificações no consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro*

Na dissertação de mestrado de Morishita (2011) se avaliou o impacto da aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade do nível de eficiência energética de edifícios residenciais (RTQ-R) no consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro. Esta avaliação de impacto do RTQ-R considerou uma projeção de dois cenários para os anos de 2020 e 2030 para as cinco regiões geográficas do Brasil, sendo 2010 o ano base. Um dos cenários é o tendencial, no qual não há aplicação de medidas de eficiência energética, e o outro é o cenário técnico, no qual foram aplicados os requisitos RTQ-R.

Os domicílios foram divididos em quatro faixas de consumo com os seguintes requisitos avaliados: envoltória, refrigerador e freezer, condicionamento artificial de ar, iluminação artificial e aquecimento de água. Em relação aos usos finais analisados, o maior potencial de economia foi observado no que diz respeito ao aquecimento de água, onde se considerou a substituição do chuveiro elétrico por sistema de aquecimento solar (chegando a 100% de substituição em 2030).

As duas faixas com maior média de consumo (41,6% dos domicílios) são responsáveis por 71,5% do consumo e por 82,9% do potencial de economia para 2030 no cenário técnico. O potencial total de economia estimado para o setor residencial foi de 22% para 2020 e 26% para 2030 (em kWh/mês).

Em relação aos sistemas de aquecimento de água foram avaliados os sistemas: elétrico (acumulação e passagem), a gás (GN e GLP), solar e bomba de calor.

O cenário tendencial foi construído com base em dados de projeção de estudos e pesquisas existentes, que consideram a evolução demográfica, de domicílios, do consumo de energia elétrica e do uso final e posse de equipamentos.

De acordo com o Cenário Tendencial haverá crescimento mais acelerado do número de domicílios do que da população, de 2020 para 2030 o crescimento da população estimado foi de 4,2% e do número de domicílios foi de 16,7%. Na Tabela 8.1 são mostradas as projeções para população, domicílios e para o consumo mensal de energia elétrica. Isto confirma a tendência de diminuição no número de habitantes por domicílios, ou seja, indica a existência de famílias menores e de mais habitantes morando sozinhos. De qualquer modo, o consumo mensal de energia elétrica tende a crescer no setor residencial.

Tabela 8.1 – Cenário tendencial no Brasil: população, domicílios e consumo mensal

Fator	2010	2020	2030
População (milhões)	190	207	216
Domicílios (milhões)	67	75	90
Consumo mensal (kWh/mês)	130,16	186,26	263,38

Fonte: Adaptado de BEN (2010); PNE (2007b); MME (2007); MORISHITA (2011)

As Tabelas 8.2 e 8.3 mostram uma tendência de aumento no consumo médio mensal para todas as regiões até 2030. A região sudeste possui o maior consumo médio do país, seguida das regiões sul e centro-oeste. No Cenário Técnico a economia do Brasil para o setor residencial chega a 25,5% em 2020 e 28,8% em 2030, sendo que o maior potencial de economia foi para as regiões de maior consumo.

Tabela 8.2 – Consumo médio mensal de energia elétrica por domicílio para 2020, Brasil e regiões geográficas

Região	2020		
	Cenário tendencial	Cenário técnico	Economia
	(kWh/mês/domicílio)		(%)
Norte	135,64	115,06	15,20
Nordeste	132,69	108,94	17,90
Sudeste	224,36	165,62	26,20
Sul	189,16	122,37	35,30
Centro-Oeste	180,40	136,66	24,20
Brasil	186,26	138,85	25,50

Fonte: Adaptado de BEN (2010); PNE (2007b); MME (2007); MORISHITA (2011)

Tabela 8.3 – Consumo médio mensal de energia elétrica por domicílio para 2030, Brasil e regiões geográficas

Região	2030		
	Cenário tendencial	Cenário técnico	Economia
	(kWh/mês/domicílio)		(%)
Norte	190,08	167,92	11,70
Nordeste	188,42	155,65	17,40
Sudeste	317,59	212,12	33,20
Sul	265,42	176,64	33,40
Centro-Oeste	255,84	190,45	25,60
Brasil	263,38	187,63	28,80

Fonte: Adaptado de BEN (2010); PNE (2007b); MME (2007); MORISHITA (2011)

Na Tabela 8.4 é mostrada a participação do número de domicílios e potencial de economia por faixa de consumo para o Brasil e regiões geográficas. Nota-se que as regiões mais pobres, norte e nordeste, possuem as maiores participações de domicílios nas duas primeiras faixas de consumo, enquanto que as regiões sudeste, sul e centro-oeste possuem as maiores participações de domicílios nas duas últimas faixas de consumo, mostrando que a renda influencia diretamente no consumo de energia.

Segundo Morishita (2011), para todas as regiões, exceto sudeste, a soma dos valores de consumo anual das duas primeiras faixas (concentram a maioria dos domicílios), é menor que a soma dos valores observados para as duas últimas faixas (maior consumo), indicando o alto consumo por domicílio das duas últimas faixas. Culmina que menos de 50% dos domicílios consomem mais de 50% da eletricidade do setor.

Tabela 8.4 – Participação do número de domicílios e potencial de economia por faixa de consumo para 2020, Brasil e regiões geográficas

	Região	Faixa de consumo (kWh/mês)	Faixa de consumo				Total do Brasil
			0 a 100	101 a 200	201 a 400	> 400	
Cenário técnico para 2020	Norte	(%) domicílios	73,71	12,9	5,7	7,69	7,14
		(%) economia	31,3	14,5	10,1	44,1	3,6
	Nordeste	(%) domicílios	72,95	12,4	6,56	8,09	24,85
		(%) economia	23,9	15	13,5	47,6	12,7
	Sudeste	(%) domicílios	37,44	23	20,04	19,52	44,51
		(%) economia	3,5	18,6	25	52,8	55,1
	Sul	(%) domicílios	45,15	27,16	13,81	13,87	15,86
		(%) economia	4,8	25,5	23,4	46,3	21,5
	Centro-Oeste	(%) domicílios	43,92	30,48	11,96	13,64	7,64
		(%) economia	7	27	20,1	45,9	7

Fonte: Adaptado de BEN (2010); PNE (2007b); MME (2007); MORISHITA (2011)

Tabela 8.5 – Participação do número de domicílios e potencial de economia por faixa de consumo para 2020, Brasil e regiões geográficas

	Região	Faixa de consumo (kWh/mês)	0 a 100	101 a 200	201 a 400	> 400	Total
			Cenário técnico para 2030	Norte	(%) domicílios	61,92	19,91
(%) economia	18,7	16,1			16,1	49,1	2,3
Nordeste	(%) domicílios	64,85		14	7,78	13,36	24,75
	(%) economia	13,6		11,2	14,6	60,6	10,7
Sudeste	(%) domicílios	21,21		19,8	29,65	29,34	44,44
	(%) economia	2,5		10,2	29,5	57,8	62,5
Sul	(%) domicílios	33,3		29,2	17,8	19,7	15,97
	(%) economia	3,3		19,6	23,6	53,5	18
Centro-Oeste	(%) domicílios	25,48		37,47	16,94	20,11	7,62
	(%) economia	3,3		21,4	21,3	53,9	6,5

Fonte: Adaptado de BEN (2010); PNE (2007b); MME (2007); MORISHITA (2011)

Em valores absolutos a economia do chuveiro elétrico é a menor dos equipamentos estudados por Morishita (2011). Contudo, em percentual, o potencial de economia é alto, atingindo baixos valores de consumo no uso final. A economia com chuveiro elétrico para o Brasil chega a aproximadamente 72,0% para 2020 e 2030.

Nas Tabelas 8.6 e 8.7 são mostrados consumo e economia do chuveiro elétrico por domicílio para ambos os cenários estudados nos anos 2020 e 2030.

Tabela 8.6 – Consumo e economia do chuveiro elétrico por domicílio para o ano 2020, região geográfica

Região	2020		
	Cenário tendencial	Cenário técnico	Economia
	(kWh/mês/domicílio)		(%)
Norte	0,77	0,23	70,13
Nordeste	9,83	2,95	69,99
Sudeste	48,03	14,41	70,00
Sul	57,56	17,30	69,94
Centro-Oeste	28,74	8,62	70,01
Brasil	32,79	9,29	71,67

Fonte: Adaptado de BEN (2010); PNE (2007b); MME (2007); MORISHITA (2011)

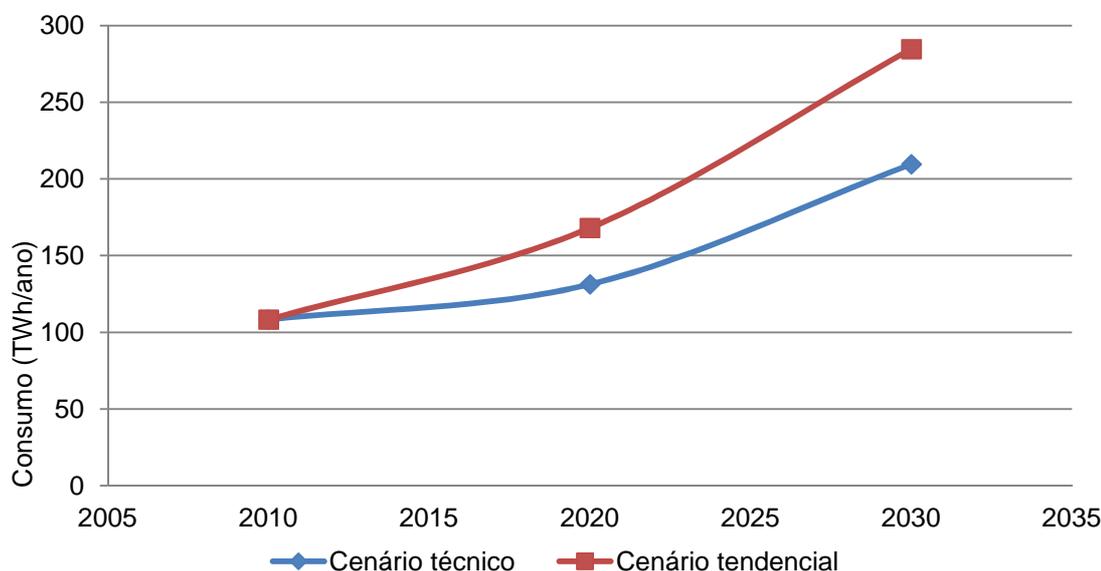
Tabela 8.7 – Consumo e economia do chuveiro elétrico por domicílio para o ano 2030, região geográfica

Região	2030		
	Cenário tendencial	Cenário técnico	Economia
	(kWh/mês/domicílio)		(%)
Norte	0,89	0,27	69,66
Nordeste	11,35	3,40	70,04
Sudeste	55,45	16,64	69,99
Sul	66,56	19,97	70,00
Centro-Oeste	33,18	9,95	70,01
Brasil	37,85	10,55	72,13

Fonte: Adaptado de BEN (2010); MME (2007); MORISHITA (2011)

Segundo Morishita (2011), a partir da aplicação dos requisitos e bonificações do regulamento técnico RTQ-R, os percentuais de economia total média do Brasil foram estimados em 21,8% para 2020 e 26,4% para 2030, como mostrado na Figura 8.3, indicando que as medidas de eficiência apresentam resultados significativos, principalmente com relação ao chuveiro elétrico.

Figura 8.3 – Impacto da aplicação do regulamento no consumo de energia elétrica no setor residencial a partir do ano de 2010



Fonte: Adaptado de BEN (2010); PNE (2007b); MME (2007); MORISHITA (2011)

### 8.1.2 Análise comparativa do desempenho de sistemas de aquecimento de água em edificações residenciais

Segundo Sangoi (2015), a eficiência de um sistema de aquecimento de água, além de considerar a energia para aquecer a água, engloba o desempenho do

sistema como um todo, incluindo o armazenamento, distribuição e o consumo de água.

Na dissertação de Sangoi (2015) foi analisado e comparado o desempenho de diferentes tipos de sistemas de aquecimento de água para banho em edificações residenciais na fase de operação. Os sistemas analisados foram: chuveiro elétrico, aquecedor a gás instantâneo, aquecimento solar com apoio elétrico e com apoio a gás (edificações unifamiliares e multifamiliares). Os sistemas estudados foram dimensionados segundo os critérios para etiquetagem de eficiência energética do RTQ-R. O nível de eficiência foi comparado com os resultados de consumo de energia primária.

As análises foram feitas por simulação computacional e se comparou o consumo de energia final, energia primária e consumo de água dos sistemas, considerando cinco cidades brasileiras de climas diferentes: Curitiba, São Paulo, Brasília, Salvador e Belém. Os resultados são apresentados por cidade, assim é possível determinar o melhor sistema para cada região.

Também foi analisada a influência de isolante térmico, a qual não é representativa para pequenos comprimentos de tubulação. Contudo, no caso de tubulações mais compridas e regiões mais frias o isolante contribui significativamente na conservação da temperatura da água de banho.

O estudo foi realizado para dois cenários. O Cenário Atual, onde foram considerados dados da matriz energética do país em 2013, e o Cenário Crítico, considerando a projeção de um cenário futuro mais crítico em relação à geração de eletricidade.

Os critérios considerados na avaliação de desempenho foram relativos ao consumo primário e final de energia, considerando consumo de energia, de água e custos. Em relação aos custos de instalação e operação, a classificação quanto ao custo global foi considerada a mesma quanto ao custo de operação, sendo que o custo de operação representa o maior gasto durante a vida útil dos sistemas.

Sangoi (2015) mostrou que para cada fonte de energia há perdas de energia primária na sua conversão, transporte e distribuição, assim como há perdas térmicas nas tubulações de distribuição de água quente nas edificações para o consumo final.

De acordo com Sangoi (2015), o sistema de aquecimento de água de uma edificação corresponde a uma parcela significativa do seu consumo de energia, sendo que a eficiência desse sistema contribui para economia de energia de

edificações residenciais. A economia de energia elétrica nas habitações residenciais colabora com a redução da demanda no horário de pico, grande problema enfrentado pelo Brasil. O emprego do gás (GN ou GLP), por exemplo, ao invés da eletricidade, para aquecimento de água, também contribui para redução da demanda de energia elétrica nos horários de pico.

Segundo Sangoi (2015), os sistemas com chuveiro elétrico, que tem menor vazão, obtiveram um menor consumo de água e de energia primária. No caso de residências unifamiliares a opção de menor consumo energético é o aquecimento solar combinado com chuveiro elétrico, tanto para o Cenário Atual quanto para o Cenário Crítico. O aquecimento solar com chuveiro elétrico é a opção que menos consome energia primária neste tipo de edificação residencial para as cinco cidades avaliadas. A segunda melhor opção foi o chuveiro elétrico sozinho. O chuveiro elétrico e o sistema solar com chuveiro elétrico também foram indicados como os sistemas de menor consumo de água no banho.

Em relação às perdas térmicas e desperdício de água, o chuveiro elétrico foi mais eficiente para edificações unifamiliares e multifamiliares. E, o menor custo de operação e menor custo global foram para o sistema solar com chuveiro elétrico, no caso de residências unifamiliares, e para o chuveiro elétrico, no caso de edificações multifamiliares. O chuveiro elétrico também obteve o primeiro lugar, como mais econômico (mais barato), em relação aos custos de instalação para habitações unifamiliares e multifamiliares.

Para as edificações multifamiliares de quatro pavimentos, os sistemas com menor consumo de energia primária são o chuveiro elétrico, no Cenário Atual, e o aquecimento solar com gás, no Cenário Crítico.

Na pesquisa de Sangoi (2015), o chuveiro elétrico além de ser o sistema com instalação mais barata, também foi classificado como o sistema de aquecimento mais econômico durante sua operação em edificações multifamiliares. O sistema de aquecimento solar com aquecedor a gás ficou em segundo lugar em termos de custo de operação e custo global.

Em edificações multifamiliares de pequeno porte, os sistemas com menor consumo de energia primária são o chuveiro elétrico e o aquecimento solar com gás. Para as edificações multifamiliares de maior porte, os sistemas com menor consumo de energia primária são o chuveiro elétrico no cenário atual, e o chuveiro elétrico

(regiões mais frias, onde há mais perda térmica) e aquecimento solar com apoio a gás (regiões mais quentes) no cenário crítico.

Sangoi (2015) mostrou que sistemas de aquecimento solar não garantem economia, dependendo da configuração do sistema. Em sistemas de aquecimento solar são necessários *boilers* para acumulação da água quente, o que torna o sistema menos eficiente que sistemas instantâneos. Outro fator que muitas vezes reduz a eficiência do sistema é o uso de aquecedor (a gás ou elétrico) dentro do reservatório, a fim de manter a temperatura desejada. Na pesquisa de Sangoi (2015), o sistema solar, em muitos casos, resultou em consumo energético maior do que outros sistemas convencionais. Por outro lado, ao considerar o sistema solar com apoio de chuveiro elétrico como um todo, Sangoi (2015) mostrou em algumas comparações que para este caso existe economia com uso de energia solar.

Com relação às perdas térmicas e desperdício de água, onde se considera a influência do comprimento dos tubos no desempenho de sistemas, os sistemas foram classificados a partir da distância entre o aquecedor e o chuveiro. Uma vez que maiores comprimentos de tubulação levam a maior perda de calor, influenciando no consumo de energia, e também levam ao maior consumo de água, pois há maior volume de água desperdiçada no banho, caso esta água “parada” nas tubulações esteja abaixo da temperatura desejada.

O trabalho de Sangoi (2015) também mostrou que não é necessário o uso de isolante térmico para todas as configurações de sistemas de aquecimento de água, conflitando com a avaliação do RTQ-R, onde sistemas de aquecimento de água são classificados com nível C quando não há uso de isolamento térmico. Sangoi (2015) verificou que o impacto de um isolante térmico é pouco significativo em relação ao consumo de água e energia para pequenos comprimentos de tubulação e para regiões mais quentes.

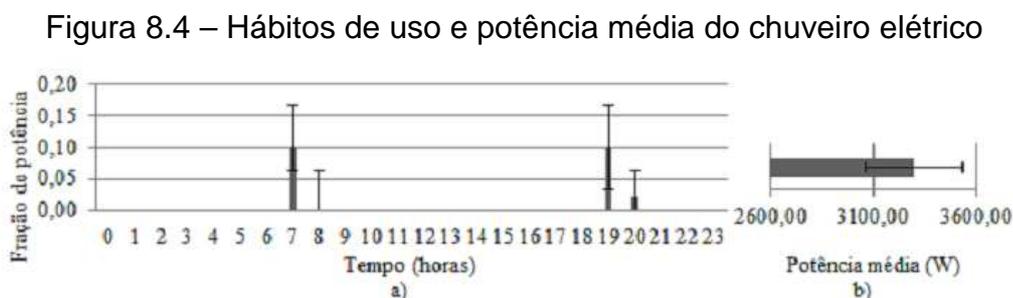
O chuveiro elétrico, que em geral é classificado com baixo desempenho energético e sistema de alto consumo pelo PBE, apresentou um dos menores consumos de energia primária e de água, principalmente por ter menor vazão. Este equipamento também possui o menor custo de instalação e, na maioria dos casos, o menor custo de operação. O maior problema do chuveiro elétrico não é referente à economia ou eficiência energética, mas sim ao hábito de uso, pois como é um sistema de aquecimento instantâneo de água, contribui com o aumento da demanda da rede de energia elétrica no horário de pico.

Sangoi (2015) também verificou que sistemas de alto consumo, como aquecedores a gás individuais e sistema solar com resistência elétrica no reservatório, são classificados com alto desempenho energético pelo PBE, o que na verdade depende da configuração do sistema implantado, condições climáticas, hábito de banho, entre outros.

### 8.1.3 Usos finais de eletricidade e rotinas de uso como base para estratégias de eficiência energéticas por meio de auditoria residencial

Silva *et al.* (2013) realizaram a caracterização do uso final de energia elétrica por meio de auditoria energética em 60 domicílios de interesse social da cidade de Florianópolis-SC. As rotinas de uso e caracterização socioeconômica das famílias foram obtidas por meio de questionário e a caracterização de consumo e tempo de uso dos equipamentos por meio de medição (durante 15 dias, no mínimo).

De acordo com Silva *et al.* (2013), o maior uso final nas habitações estudadas foi do chuveiro elétrico, com 36,8% de mediana, sendo que não houve diferença significativa entre verão e inverno, diferentemente do medido e estimado por outros autores. Na Figura 8.4 são mostradas as rotinas de uso e potência do chuveiro elétrico, onde se verifica a predominância do uso do chuveiro elétrico em horários de pico na demanda de rede, sendo às 7h e às 19-20h. O tempo de banho às 7h varia de 3,8 a 10 minutos (fração de 0,063 a 0,167).



Fonte: Silva *et al.* (2013)

## 8.2 Equipamentos para aquecimento de água certificados no Brasil

O Inmetro disponibiliza tabelas com todos os produtos aprovados no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) que possuem a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). As informações contidas nas tabelas são de

responsabilidade dos fabricantes e são disponibilizadas para auxiliar na escolha do melhor produto em termos de consumo elétrico e/ou eficiência energética (INMETRO, 2015).

### 8.2.1 Equipamentos elétricos de aquecimento de água

O Inmetro avaliou os seguintes equipamentos elétricos utilizados para aquecimento de água: chuveiro elétrico, aquecedores elétricos de água por acumulação (boiler elétrico) e aquecedores elétricos de passagem.

A tabela de especificações técnicas do Inmetro, edição 01/2015 publicou 361 modelos etiquetados de 17 marcas de chuveiro elétrico (49 famílias). O chuveiro elétrico é classificado conforme sua potência, pois todos os modelos etiquetados possuem eficiência energética maior que 95%. Na Tabela 8.8 é mostrado o número de modelos de chuveiros etiquetados por faixa de eficiência energética, como também a potência média e o consumo médio por faixa. Na classificação do PBE nenhum chuveiro possui a etiqueta A (eficiência máxima), e somente 4% dos chuveiros etiquetados possuem etiqueta B. A maioria dos chuveiros possui classificação D (47%), seguidos dos chuveiros de classificação F (19%).

Figura 8.8 – Chuveiros elétricos etiquetados pelo PBE

Classificação Etiqueta PBE (ENCE)	Número de modelos	Potência Média (W)	Consumo mensal máximo		Consumo mensal mínimo	
			Consumo médio (kWh/mês)	Elevação média da temperatura (°C)	Consumo médio (kWh/mês)	Vazão média (l/min)
A	0	-	-	-	-	-
B	16	3150	13,87	14,30	9,53	3,08
C	52	4450	19,70	20,41	12,48	3,92
D	171	5400	23,63	24,22	11,77	3,72
E	55	6600	28,77	28,60	10,85	3,38
F	67	7600	33,15	33,46	11,43	3,22
G	0	-	-	-	-	-

Obs.: Todos os modelos têm eficiência energética acima de 95%

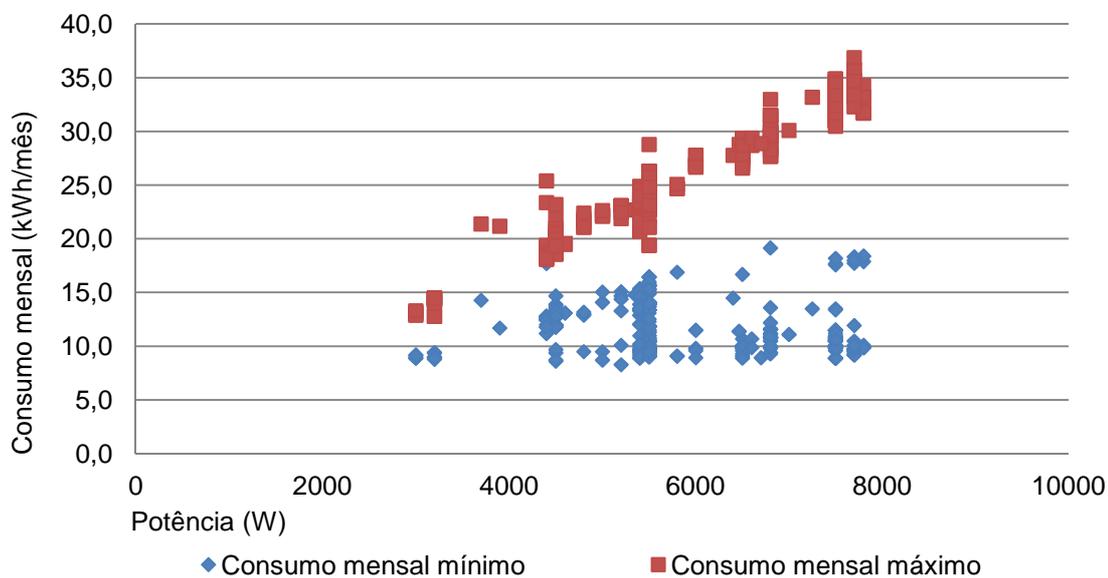
Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

Na Figura 8.5, que mostra o consumo mensal mínimo e máximo mensal de energia elétrica dos chuveiros elétricos por potência, se observa que quanto maior a potência dos chuveiros maior é a diferença entre o consumo mínimo e máximo mensal. Chuveiros de menor potência possuem o consumo máximo e mínimo com menor diferença entre si. Na Figura 8.6, que mostra somente o consumo máximo e

potência dos chuveiros por etiqueta classificatória, se nota que quanto maior a potência maior é o consumo, e que há uma grande concentração de chuveiros classificados com as etiquetas D, E, F, os quais possuem as maiores potências e consumo de energia. Na Figura 8.7, onde é mostrado o consumo mínimo de energia elétrica e a potência dos chuveiros, se observa que há menos variação de consumo entre os chuveiros de maior e menor potência, diferentemente da relação entre o consumo máximo e potência.

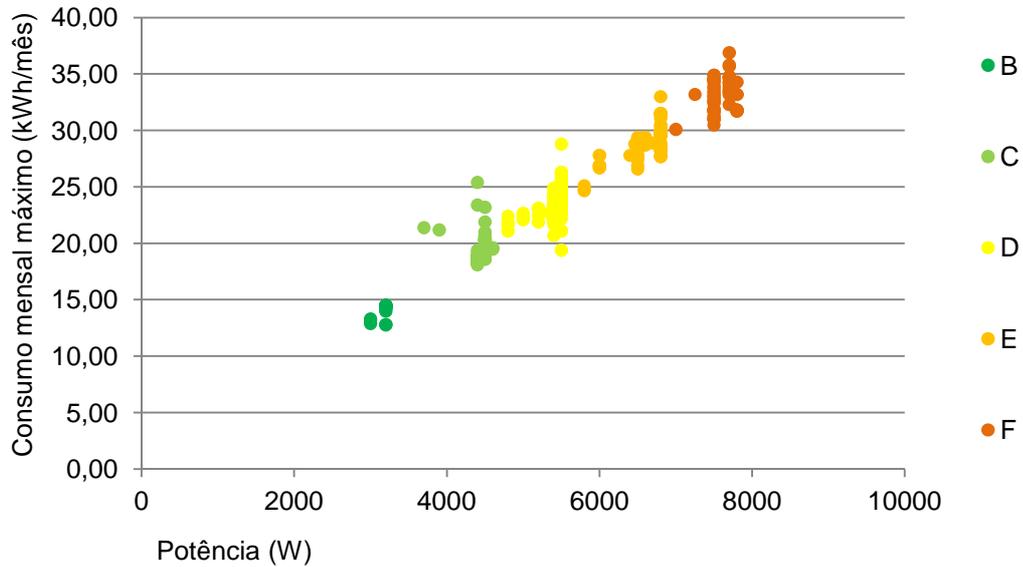
O fato de haver uma diferença menor entre os chuveiros de maior e menor potência com relação ao consumo mínimo de energia mensal mostra que a potência do chuveiro não implica necessariamente em um alto consumo de energia. Isto porque se utilizados em potências baixas o consumo mensal pode até se igualar ao de chuveiros de menor potência nominal, indicando a importância de se considerar os hábitos de uso do chuveiro elétrico e não somente sua potência e eficiência energética.

Figura 8.5 – Consumo mensal de energia elétrica dos chuveiros elétricos etiquetados e potência



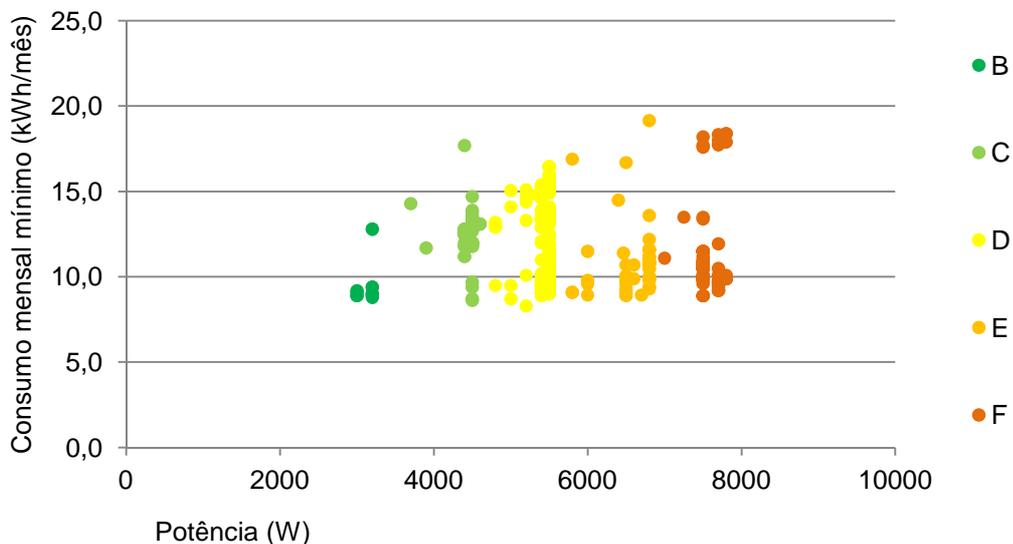
Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

Figura 8.6 – Consumo mensal máximo de energia elétrica e potência dos chuveiros elétricos, por etiqueta classificatória



Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

Figura 8.7 – Consumo mensal mínimo de energia elétrica e potência dos chuveiros elétricos, por etiqueta classificatória



Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

Na Tabela 8.9 são mostrados os aquecedores elétricos de água por acumulação etiquetados pelo PBE. Ao todo são quatro modelos (quatro marcas diferentes), dos quais dois receberam a classificação C, e somente um recebeu classificação B, sendo este o aquecedor mais eficiente (eficiência energética de 81,9%).

Tabela 8.9 – Aquecedores elétricos de água por acumulação (boiler elétrico)

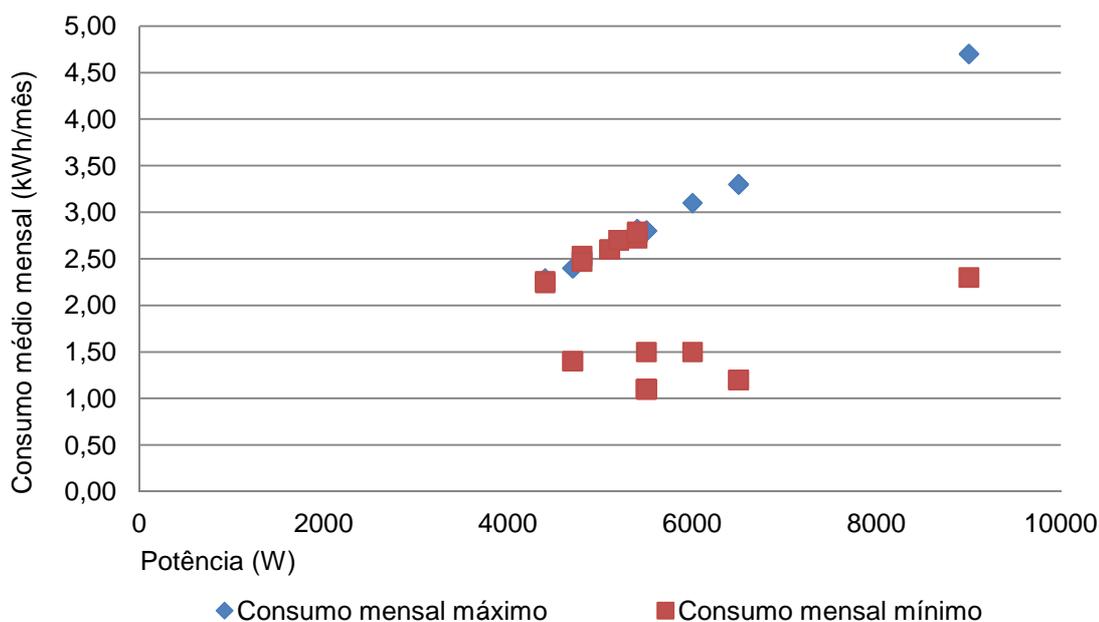
Marca/Modelo	Potência (W)	Consumo (kWh/mês)	Eficiência energética (%)	Classificação etiquetagem PBE
JMS THERMOBATH, EI-200	3000	419	68,7	E
OURO FINO, B-200	2000	319	75,8	C
TRANSSSEN, AP 200 LT	2000	325	81,9	B
TUMA, AQ-200	2500	324	76,7	C

Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

Na Figura 8.8 é mostrado o consumo médio mensal e potência de aquecedores elétricos de passagem (instantâneos). Observa-se que para vários modelos de mesma potência os consumos médios mensais máximo e mínimo são semelhantes, ou seja, não há grande economia de energia ao utilizar estes aquecedores em uma potência inferior à máxima nominal. Contudo, todos os equipamentos etiquetados possuem eficiência energética superior a 95%.

Embora todos os modelos estejam de acordo com as normas brasileiras de segurança, e foram avaliados pelo Inmetro, nenhum possui classificação ENCE de “A” a “G”. No total foram avaliados 25 modelos e três marcas, sendo que 76% possuem potência igual ou abaixo de 5500 W, 26% acima de 550 W, e 32% iguais a 5500 W.

Figura 8.8 – Consumo médio mensal e potência de aquecedores elétricos de passagem (instantâneos)



Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

Na Tabela 8.10 são mostrados valores médios referentes ao consumo mensal, potência, elevação média da temperatura e vazão de aquecedores elétricos de passagem.

Tabela 8.10 – Potência, consumo mensal, elevação da temperatura e vazão média de aquecedores de passagem etiquetados

Potência média (W)	Consumo mensal máximo		Consumo mensal mínimo	
	Consumo médio (kWh/mês)	Elevação média da temperatura (°C)	Consumo médio (kWh/mês)	Vazão média (l/min)
5500	2,84	25,75	1,94	5,32

Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

### 8.2.2 Equipamentos a gás de aquecimento de água

O PBE avaliou aquecedores de água a gás de acumulação e instantâneos. Atualmente são etiquetados vinte modelos de aquecedores a gás de acumulação, sendo um total de cinco marcas (quatro fabricantes). Dentre os vinte modelos etiquetados com a ENCE, treze foram bonificados com o Selo Conpet, concedido pela Petrobras aos equipamentos mais eficientes (classificação A). Exatamente 50% dos modelos etiquetados são movidos a GLP, sendo os outros 50% a GN. Na Tabela 8.11 são mostradas características dos modelos etiquetados pelo PBE.

Tabela 8.11 – Modelos de aquecedores de acumulação a gás etiquetados pelo PBE

Classificação Etiqueta PBE (ENCE)	Número de modelos	Potência Média (kW)	Rendimento médio (%)	Consumo médio máximo de gás GN (m <sup>3</sup> /h) GLP (kg/h)
A	13	8,08	81,00	0,66
B	2	8,2	79,50	0,67
C	4	7,8	76,90	0,57
D	1	6,7	76,20	0,61
E	-	-	-	-
F	-	-	-	-
G	-	-	-	-

Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

Em relação aos aquecedores de água a gás instantâneos, o PBE etiquetou 230 modelos, sendo onze marcas diferentes. Dentre os 230 modelos, doze tiveram sua comercialização suspensa e um cancelada. O Selo Conpet foi concebido a 215 equipamentos (93,5%).

Na Tabela 8.12 são mostradas características dos modelos de aquecedor de passagem etiquetados pelo PBE. A maioria dos modelos, 93,5%, possui eficiência energética média de aproximadamente 85,0% (classificação A), e nenhum modelo possui classificação inferior a C.

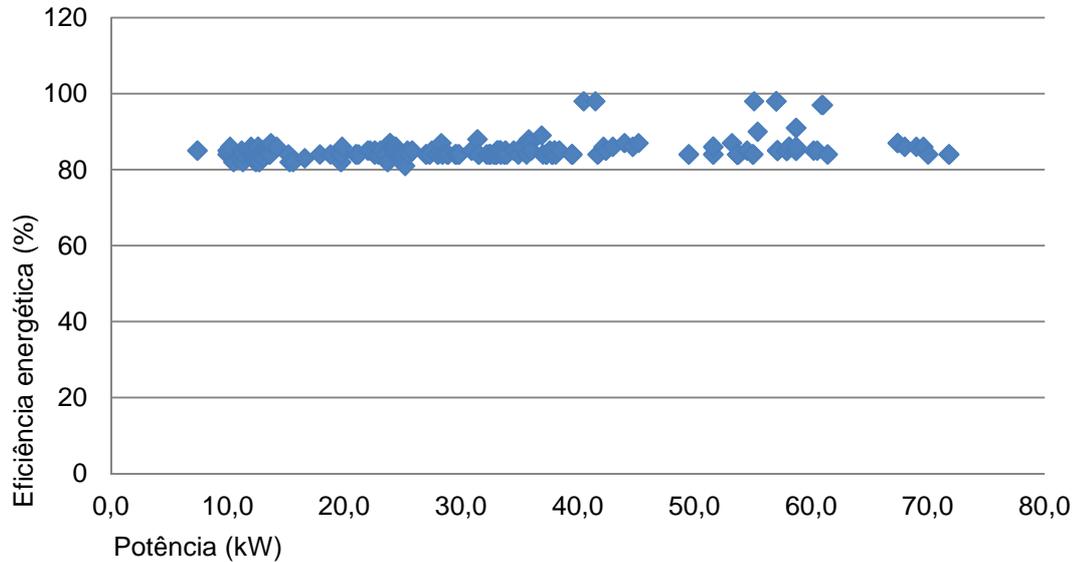
Na Figura 8.9 é mostrada a correlação entre a eficiência energética e a potência dos aquecedores de passagem etiquetados, e na Figura 8.10 a correlação entre eficiência energética e a razão entre potência e o consumo máximo de gás. Observa-se que não há correlação direta entre a eficiência energética e a potência, pois a eficiência não varia significativamente com o aumento da potência. Diferentemente do chuveiro elétrico, cuja eficiência é inversamente proporcional à potência. Contudo, isto é devido à potência também estar associada à vazão dos aquecedores, sendo que maior a vazão, maior a potência requerida. Por outro lado, a razão entre a potência e a capacidade de vazão, quando comparada com a eficiência energética, conforme mostrado na Figura 8.10, denota que a eficiência reduz com o aumento da razão entre a potência e a vazão.

Tabela 8.12 – Modelos de aquecedores de passagem a gás etiquetados pelo PBE

Classificação Etiqueta PBE (ENCE)	Número de modelos	Menor potência (kW)	Potência média (kW)	Maior potência (kW)	Rendimento médio (%)
A	214	7,4	34,8	71,8	85,24
B	13	16,3	16,3	25,2	82,38
C	1	-	25,2	-	81,00
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

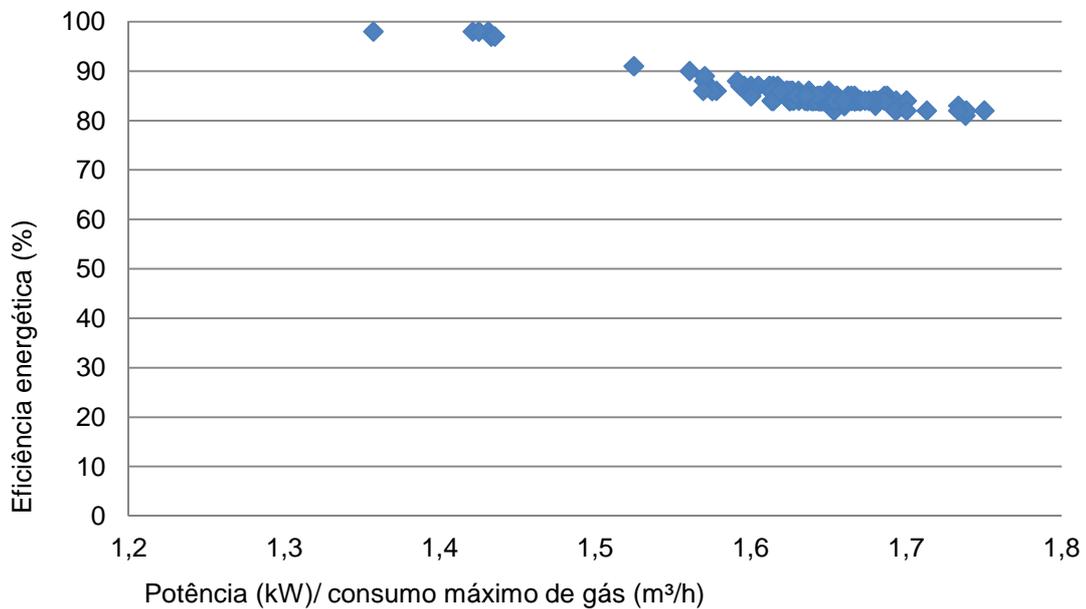
Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

Figura 8.9 – Correlação entre eficiência energética e potência de aquecedores de passagem a gás



Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

Figura 8.10 – Correlação entre eficiência energética, potência e consumo máximo de aquecedores de passagem a gás



Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

### 8.2.3 Sistemas e equipamentos de aquecimento solar de água

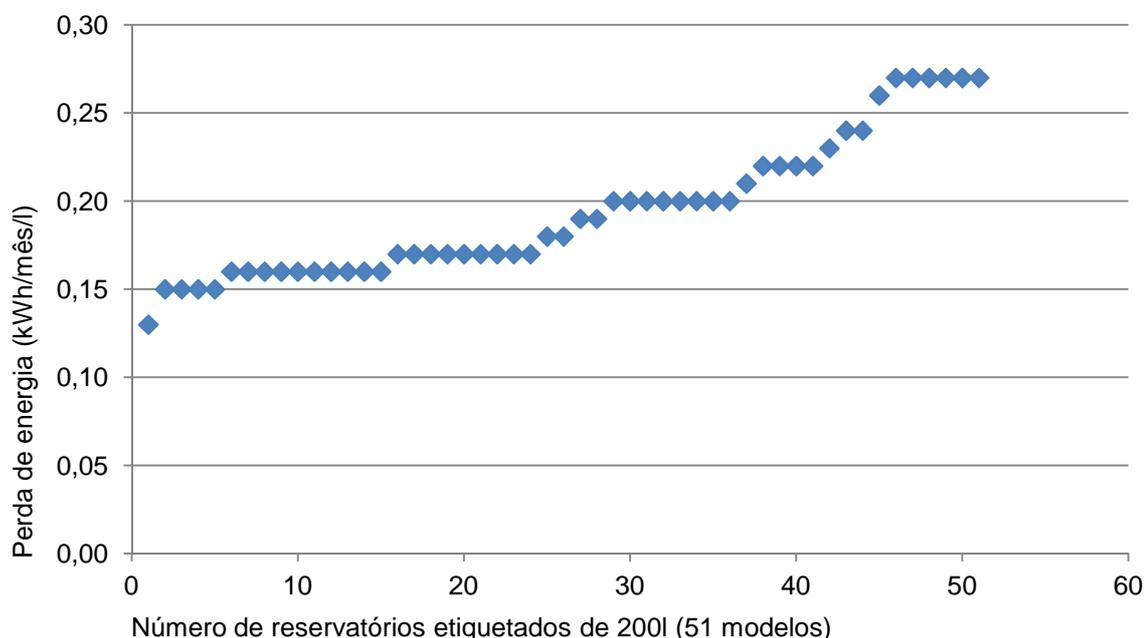
O Inmetro também possui tabelas referentes a equipamentos para sistemas de aquecimento solar de água (SAS), avaliados pelo PBE, que registram o consumo

de energia e a eficiência energética destes equipamentos. Também há tabelas de equipamentos antigos sem registro – com comercialização permitida até março de 2017. Os equipamentos avaliados são coletores solares térmicos para banho e piscina, sistemas solares acoplados, reservatórios térmicos de alta e baixa pressão e reservatórios térmicos OpN (operação de nível) (INMETRO, 2015).

O PBE certificou 55 modelos de reservatórios térmicos sem apoio elétrico (SAE), sendo um total de 28 marcas (atualização em setembro de 2014). Dos 55 modelos certificados somente quatro reservatórios têm volume superior a 200 litros, sendo que aproximadamente 93% dos modelos são de 200 litros (INMETRO, 2015).

Na Figura 8.11 são mostradas as perdas de energia dos reservatórios SAE de 200 litros certificados pelo PBE. Os reservatórios mais eficientes são aqueles que possuem menor coeficiente de perda de energia. Aproximadamente 57% dos reservatórios têm perda de energia entre 0,15 e 0,19 kWh/mês/l, 43% entre 0,20 a 0,27 - sendo que 12% do total tem perda de 0,27 kWh/mês/l.

Figura 8.11 – Perdas de energia em reservatórios térmicos SAE de 200 litros

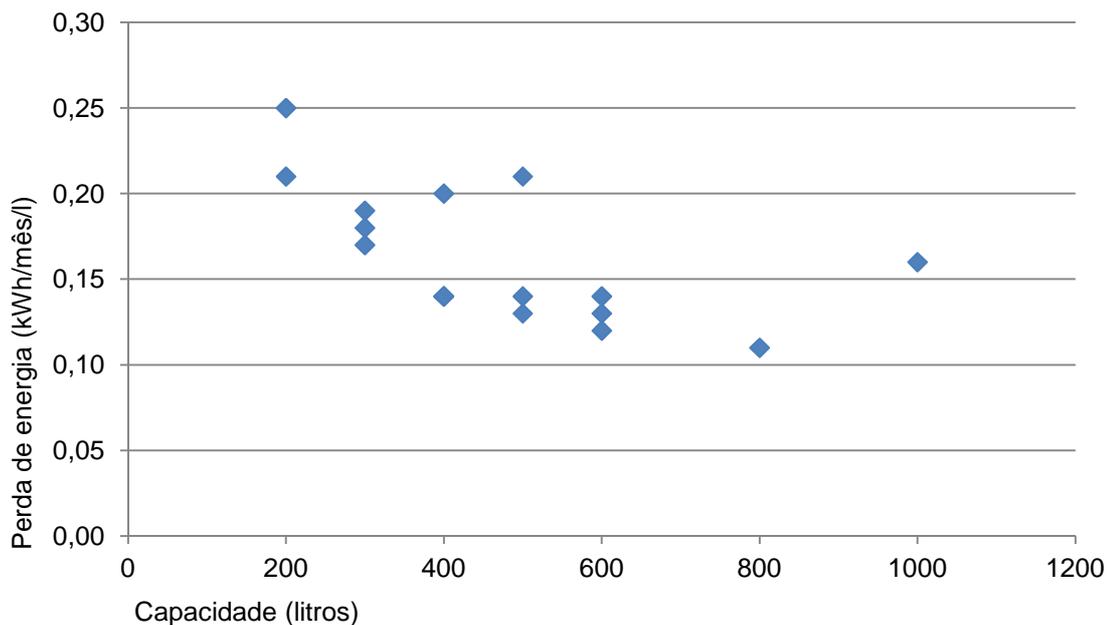


Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

Na Figura 8.12 é mostrada a correlação entre a capacidade de reservatórios térmicos de operação de nível (OpN) e sua perda de energia. O PBE certificou dezessete modelos de duas marcas (atualização em maio de 2013). Na Figura 8.12 se observa que 24% dos reservatórios possui perda de energia entre 0,20 e 0,25

kWh/mês/l, 76% entre 0,11 e 0,20 kWh/mês/l, e 53% entre 0,11 e 0,15 kWh/mês/l. Os reservatórios com maior capacidade de armazenamento de água quente tendem a possuir menos perdas de energia, sendo que as perdas de energia também são inversamente proporcionais à potência dos reservatórios (proporcionais à capacidade).

Figura 8.12 – Correlação entre perda de energia e capacidade de reservatórios OpN

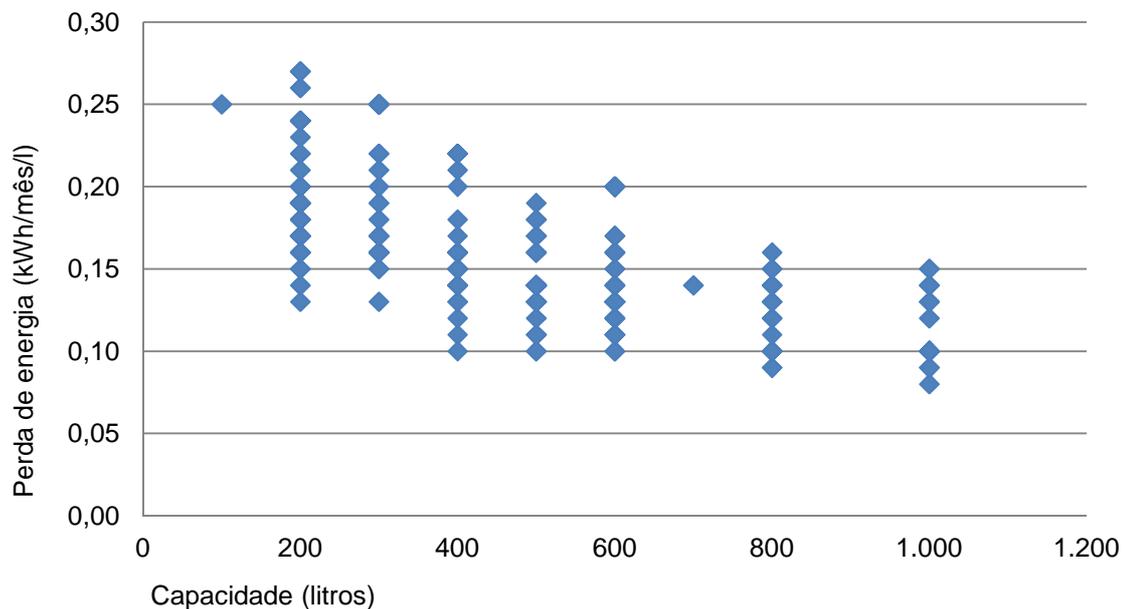


Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

Nas Figuras 8.13 e 8.14 é mostrada a correlação entre a perda de energia e a capacidade de reservatórios térmicos de baixa pressão (BP) e de alta pressão (AP), respectivamente. Para os dois tipos de reservatório há uma tendência de redução da perda de energia com o aumento da capacidade dos mesmos. O PBE etiquetou 219 modelos de reservatórios de baixa pressão, sendo 44 marcas (atualização em setembro de 2014). Dentre os 219 modelos, 53% possui perdas de até 0,15 kWh/mês/l, 46% perdas entre 0,16 e 0,27 kWh/mês/l, e 30% perda de energia entre 0,14 e 0,16 kWh/mês/l.

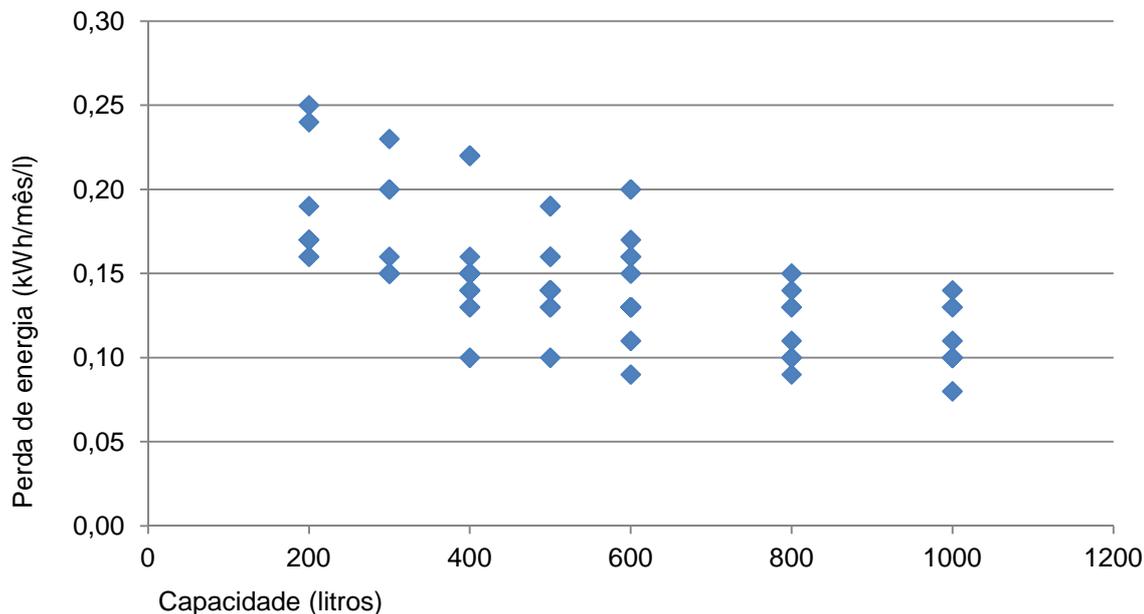
Foram etiquetados 77 modelos de reservatórios térmicos de alta pressão (AP) de quatorze marcas diferentes (atualização em setembro de 2014). Cerca de 70% dos modelos etiquetados possuem perdas de energia entre 0,08 e 0,15 kWh/mês/l e 30% entre 0,15 e 0,25 kWh/mês/l.

Figura 8.13 – Correlação entre perda de energia e capacidade de reservatórios BP



Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

Figura 8.14 – Correlação entre perda de energia e capacidade de reservatórios AP

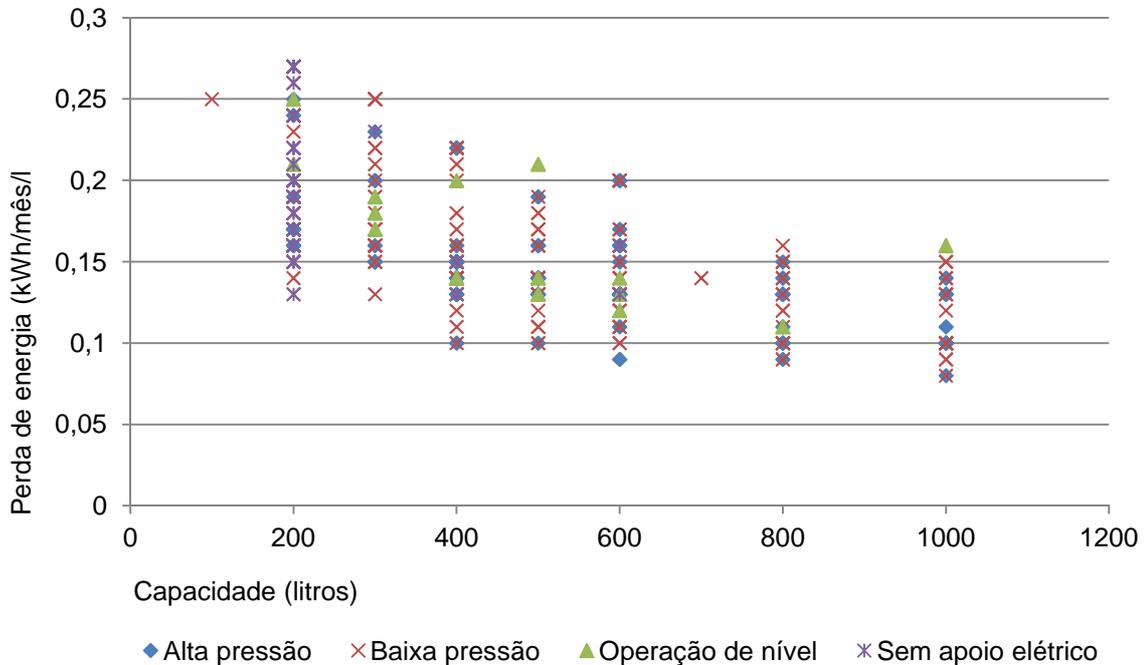


Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

Na Figura 8.15, que mostra a correlação entre a capacidade e a perda de energia para todos os tipos de reservatórios, nota-se que todos os reservatórios seguem uma tendência semelhante de redução da perda de energia com o aumento

da capacidade. As maiores perdas são registradas para os reservatórios de 200 litros.

Figura 8.15 – Correlação entre perda de energia e a capacidade dos reservatórios certificados



Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

O PBE já certificou 300 modelos de coletores solares para aquecimento de água para banho (atualização em abril de 2015), pertencentes a 45 marcas diferentes. Na Tabela 8.13 é mostrado o número de modelos de coletores por classificação da etiquetagem. Aproximadamente 68% (204 modelos) dos coletores recebeu a classificação A e 23% (68 modelos) recebeu a classificação B. O Selo Procel foi concedido a treze coletores solares (PROCEL, 2016).

Tabela 8.13 – Eficiência energética de modelos de coletores solares para banho

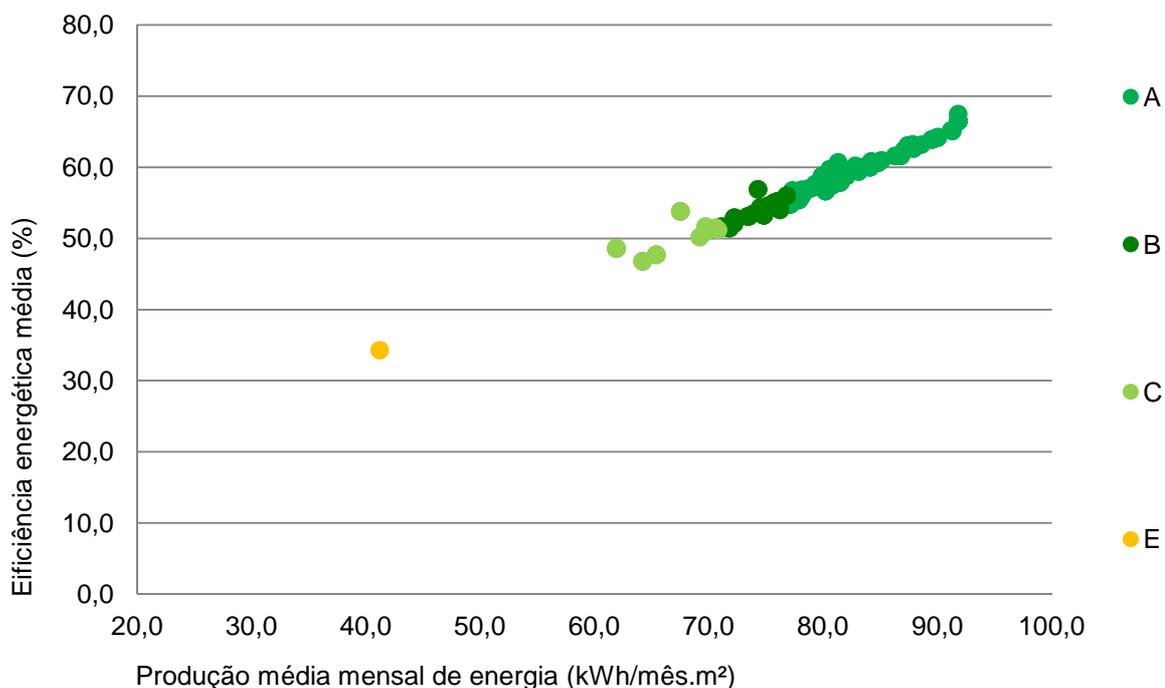
Classificação - Etiqueta PBE (ENCE)	Número de modelos	Eficiência energética média (%)
A	204	60,0
B	68	54,1
C	28	49,9
D	-	-
E	1	34,3
F	-	-
G	-	-

Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

Na Figura 8.16 é apresentada a correlação entre a eficiência energética e a produção média mensal de energia de modelos de coletores solares para banho,

onde se observa que quanto maior a eficiência energética (maior a classificação), maior é a produção mensal de energia. Somente 27% dos modelos possui eficiência energética igual ou superior a 60%.

Figura 8.16 – Correlação entre a eficiência energética e a produção média mensal de energia de modelos de coletores solares para banho



Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

Os coletores solares para piscina possuem maior eficiência energética que os coletores para banho. Na Tabela 8.14 se observa que a menor eficiência energética é de 65,1%, e a eficiência média para os modelos de classificação A é de 73,3%. O PBE etiquetou 120 modelos de coletores para piscina, sendo um total de 36 marcas (atualização de março de 2015). Aproximadamente 80% dos coletores obteve classificação A. O Selo Procel foi concedido a 62 modelos de coletores solares para aquecimento da água em piscinas.

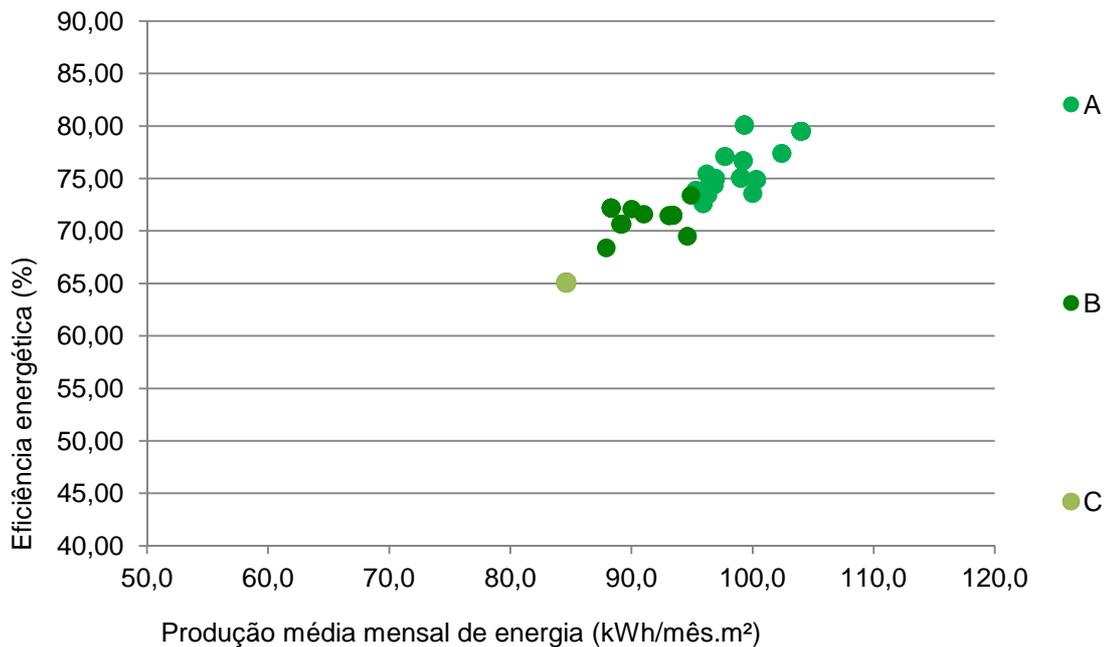
Tabela 8.14 – Eficiência energética de modelos de coletores solares para banho

Classificação - Etiqueta PBE (ENCE)	Número de modelos	Eficiência energética média (%)
A	94	76,3
B	24	71,4
C	1	65,1

Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

Na Figura 8.17 é mostrada a correlação entre a eficiência energética e a produção média mensal de energia de modelos de coletores solares para piscina. É observado que a produção mensal de energia aumenta com a eficiência energética dos coletores. A grande maioria dos modelos possui eficiência superior a 70%.

Figura 8.17 – Correlação entre a eficiência energética e a produção média mensal de energia de modelos de coletores solares para piscina

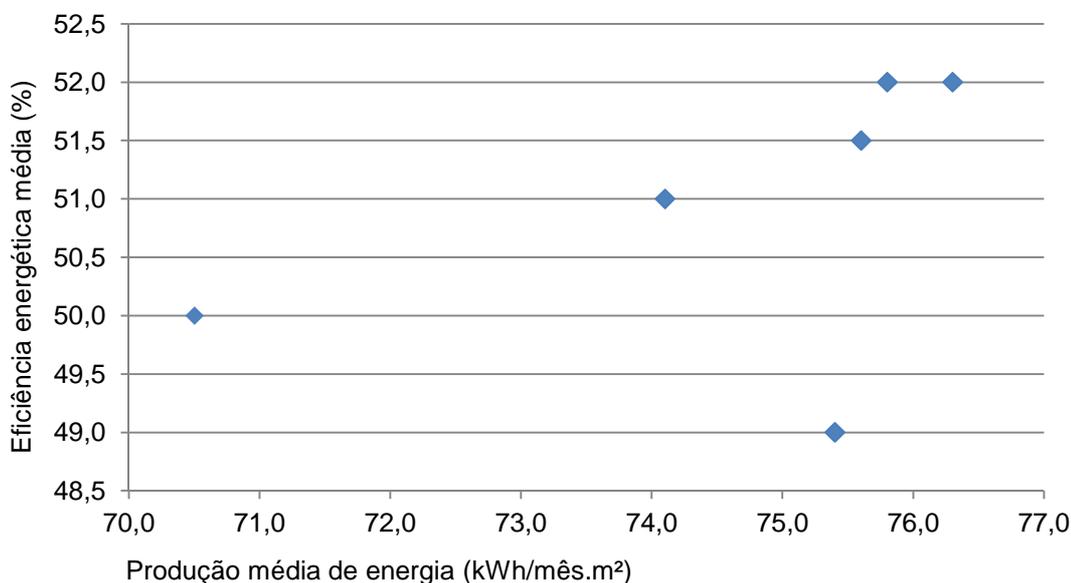


Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

Também há sistemas de aquecimento solar do tipo acoplado (reservatório e coletor). Na Figura 8.18 é mostrada a correlação entre a eficiência energética e a produção média mensal de energia em sistemas acoplados. Foram etiquetados somente seis modelos (quatro marcas) pelo PBE, sendo cinco modelos com classificação A e um com classificação C. Nenhum recebeu o Selo Procel.

Na Tabela 8.15 é mostrado um comparativo da eficiência energética dos sistemas de aquecimento de água avaliados pelo PBE. O chuveiro elétrico possui a maior eficiência energética (95,0%), seguido do aquecedor de passagem a gás, o qual tem eficiência média de 85,2% na classificação A. O coletor solar possui a menor eficiência energética média, atingindo 60,0% na classificação A.

Figura 8.18 – Correlação entre a eficiência energética e a produção média mensal de energia em sistemas acoplados



Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

Tabela 8.15 – Eficiência energética média de sistemas de aquecimento de água para banho no Brasil

Classificação	Chuveiro elétrico <sup>1</sup> (%)	Aq. de acumulação (gás) (%)	Aq. de passagem (gás) (%)	Coletor solar (%)
A	95,0	81,0	85,2	60,0
B	-	79,5	82,4	54,1
C	-	76,9	81,0	49,9
D	-	76,2	-	-
E	-	-	-	34,3
F	-	-	-	-

<sup>1</sup>todos os modelos de chuveiro elétrico tem eficiência superior a 95,0%

Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

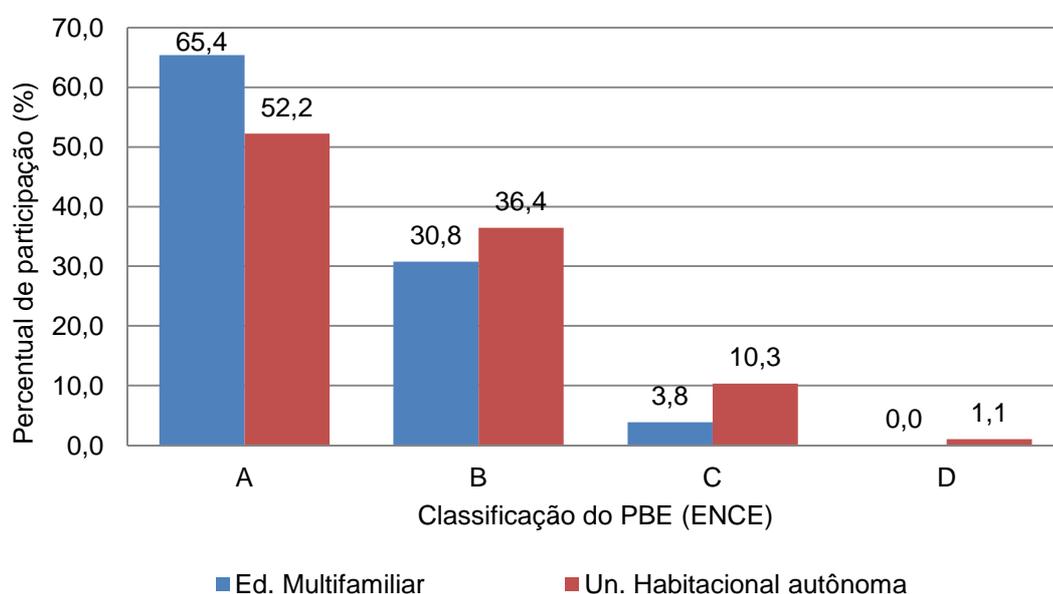
#### 8.2.4 Etiquetagem de edificações

O certificado atribuído pelo PBE Edifica é denominado “Etiqueta PBE Edifica”, o qual classifica a eficiência energética dos edifícios de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Em relação ao setor residencial, o programa emite etiquetas para edificações residenciais multifamiliares e para unidades habitacionais autônomas como edificações unifamiliares e apartamentos de edificações multifamiliares (INMETRO, 2015).

Até dezembro de 2015 foram etiquetadas 26 edificações multifamiliares (21 avaliações de projeto e cinco inspeções *in loco*) e 475 unidades habitacionais autônomas (354 avaliações de projeto e 111 avaliações *in loco*). Na Figura 8.19 é mostrado o percentual de participação das edificações para cada classificação do PBE Edifica. A maioria das edificações recebeu a classificação A.

Em relação às 26 edificações multifamiliares a maioria (dezoito edificações) está localizada na zona bioclimática 3, sendo que quatorze etiquetas receberam classificação A. No caso das unidades habitacionais autônomas, a maioria também pertence à zona bioclimática 3 (406 unidades).

Figura 8.19 – Percentual de edificações classificadas no PBE Edifica



Fonte: Adaptado de Inmetro (2015)

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aquecimento de água para banho possui grande participação no consumo de energia do setor residencial. O chuveiro elétrico é o equipamento mais utilizado no Brasil para aquecimento de água, sendo que foi o equipamento elétrico de maior consumo do setor residencial em 2005, com participação superior ao da refrigeração. Deste modo é imprescindível a procura por tecnologias alternativas para aquecimento de água, principalmente devido ao chuveiro elétrico possuir grande representatividade na parcela de energia demandada nas horas de pico do sistema de abastecimento elétrico.

A apropriação de novas tecnologias para aquecimento de água é uma das soluções para os momentos de sobrecarga do sistema elétrico, onde falhas, conhecidas por “apagões”, podem ser recorrentes nos horários de pico. Contudo, embora investimentos em coletores solares, por exemplo, amenizem a demanda por carga de energia elétrica, o hábito dos consumidores também pode influenciar de modo significativo. Os hábitos de uso do aquecimento de água para banho são ditados exclusivamente pelos usuários. Assim, o uso consciente do chuveiro elétrico, por meio de banhos curtos, não muito quentes e, quando possível, fora do horário de pico, colaboram com a redução da demanda de carga nas horas críticas.

A grande participação do chuveiro elétrico no setor residencial e, por sua vez, a representativa participação do setor residencial no consumo total de energia do Brasil, apontam a grande importância do estudo do aquecimento de água. Contudo, o aquecimento de água foi pouco estudado no país, principalmente nos projetos e pesquisas do Governo Brasileiro. Isto é evidente ao verificar que os principais estudos brasileiros sobre a demanda da matriz energética e sobre o consumo final de energia incluíram o aquecimento de água em poucas ocorrências de suas pesquisas.

A Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), realizada pelo IBGE, assim como a Pesquisa Nacional por Amostra em Domicílios (PNAD), têm por objetivo o levantamento de informações essenciais para o estudo do desenvolvimento socioeconômico do Brasil. Todavia, no que concerne aos hábitos de consumo da população, o aquecimento de água foi estudado poucas vezes. Indicadores relativos ao consumo de energia e hábitos de uso do aquecimento de água no setor

residencial do Brasil foram levantados somente uma vez pela POF e duas vezes pela PNAD (resultados limitados).

Somente nas últimas duas décadas o aquecimento de água começou a receber sua devida atenção. O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), por meio da Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso (PPH), avalia o Mercado de Eficiência Energética no Brasil, onde são levantadas diversas informações sobre aquecimento de água, incluindo a posse de equipamentos, consumo de energia e hábitos de uso, dentre outros. O Governo Brasileiro, por meio do Ministério de Minas e Energia, também passou a incluir aquecimento de água em seus estudos, como no Plano Nacional de Energia 2030, elaborado em 2007.

Neste trabalho, baseado em diversas pesquisas brasileiras, se verificou a correlação entre o consumo de energia para aquecimento de água e fatores socioeconômicos, geográficos e técnicos, tais como: hábitos de uso, rendimento salarial familiar, fontes de energia disponíveis, população, número de domicílios, condições climáticas regionais, eficiência energética de equipamentos, dentre outros.

Em geral, o consumo de energia com aquecimento de água é maior nas regiões sul e sudeste, que possuem as menores temperaturas e detêm a maior renda por domicílio do Brasil. As regiões norte e nordeste têm o menor consumo de energia com aquecimento de água para banho, novamente indicando a associação do consumo de energia e posse de equipamentos ao rendimento salarial das famílias, e às condições climáticas regionais (regiões mais quentes do Brasil).

As grandes diferenças no consumo de energia no setor residencial brasileiro entre as regiões geográficas são gritantes, principalmente devido aos fatores socioeconômicos. O nordeste é responsável somente por 19,0% do consumo residencial de energia, mas contém aproximadamente 30,0% da população brasileira. A região sul possui menos de 15,0% da população brasileira, mas consome 16,0% da energia do setor residencial.

Os hábitos de uso também caracterizam fortemente o consumo de energia com aquecimento de água. Por exemplo, a região sudeste possui a maior diferença do país no consumo de eletricidade do chuveiro entre o verão e o inverno, indicando variação da temperatura do banho de acordo com as variações climatológicas. Por outro lado, a região sul, que possui temperaturas semelhantes à região sudeste no verão, tem uma leve mudança no hábito de consumo do inverno para o verão,

mantendo a temperatura da água do banho não muito diferente da temperatura em estações mais frias.

As fontes alternativas para aquecimento de água de banho crescem a cada ano no Brasil, principalmente o uso de energia termossolar. As regiões sudeste e centro-oeste apresentam o maior percentual de água aquecida por energia solar. Essa tecnologia reduz os picos de carga elétrica nas horas críticas. Embora os sistemas de aquecimento solar sejam uma boa alternativa à energia elétrica, é importante considerar a apropriação destes sistemas, pois o uso inadequado acarreta baixo desempenho energético.

Este trabalho também abordou sobre a certificação de equipamentos para aquecimento de água no Brasil. O Programa Brasileiro de Etiquetagem, por meio da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) e do Selo Procel, incentiva o uso de equipamentos mais eficientes pela população.

Por meio deste estudo é possível verificar o quão significativa é a participação do aquecimento de água no consumo de energia do setor residencial brasileiro, bem como a existência de diversos fatores que influenciam neste consumo. Esta pesquisa também evidencia a importância dos hábitos de uso de equipamentos para aquecimento de água.

## Referências

- ABINEE. Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. Estudo Revela qual o Sistema mais econômico para Tomar Banho. **Revista Abinee**, Ano XI, número 51, pg 28-29, 2009.
- ABRAVA. Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. Já São Seis Milhões de Metros Quadrados de Aquecimento Solar no Brasil. Disponível em: <<http://www.abrava.com.br/ja-sao-6-milhoes-m-de-aquecimento-solar>>. Acesso em janeiro de 2016.
- ABRAVA. Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. **Energia Solar Térmica: Participação na Matriz Energética e Contribuições Socioeconômicas ao Brasil**. Brasil, 2014.
- ABRAVA. Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. **Sistemas de Aquecimento de Solar no Mercado Brasileiro**. Brasil: 1ª Conferência das Renováveis à Eficiência Energética, 2012.
- ALMEIDA, M. A.; SCHAEFFER, R.; ROVERE, E. L. The Potential for Electricity Conservation and Peak Load reduction in the Residential Sector of Brazil. **Energy**, Elsevier Science, Vol. 26, p. 413-429, 2001.
- ANUÁRIO. **Anuário Estatístico 2015**. Ministério de Minas e Energia (MME) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Forms/Anurio.aspx>>. Acesso em outubro de 2015.
- AQUECIMENTO SOLAR. **Qualidade em Instalações de Aquecimento Solar: Boas Práticas**. São Paulo, Brasil: Procobre (Instituto Brasileiro do Cobre), Abrava, GTZ (Agência de Cooperação Técnica Alemã) e o Instituto Ekos Brasil, 2009.
- ATLAS. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas Escolar**. Disponível em: <[http://atlasescolar.ibge.gov.br/images/atlas/mapas\\_brasil/brasil\\_clima.pdf](http://atlasescolar.ibge.gov.br/images/atlas/mapas_brasil/brasil_clima.pdf)>. Acesso em julho de 2015.
- BEN. Balanço Energético Nacional. **Séries Históricas Completas**. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENSeriesCompletas.aspx>>. Acesso em agosto de 2015.
- BEN. **Balanço Energético Nacional**. Ano base 2013. Rio de Janeiro, Brasil: Ministério de Minas e Energia (MME) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2014.
- BEN. **Balanço Energético Nacional**. Ano base 2009. Rio de Janeiro, Brasil: Ministério de Minas e Energia (MME) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2010.

- CAIXA. Caixa Econômica Federal. **Termo de Referência: Sistemas de Aquecimento Solar de Água – SAS.** Disponível em: <<http://www.solarthermalworld.org/sites/gstec/files/Requirements%20CAIXA%20September%202011.pdf>>. Acesso em dezembro de 2015.
- CASA EFICIENTE. **Consumo e Geração de Energia.** Brasil: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (UFSC), Procel e Eletrobras Eletrosul, 2010.
- CENSO. Censo Demográfico 2010. **Características da População e Domicílios.** Rio de Janeiro, Brasil: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2011.
- CENSO. Censo Demográfico 2000. **Características da População e Domicílios.** Rio de Janeiro, Brasil: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2001.
- DASOL. Departamento Nacional de Aquecimento Solar da Abrava. **Aquecimento Solar.** Disponível em: <<http://oficinadofrio.com.br/aquecimento-solar>>. Acesso em janeiro de 2016.
- ELETROBRÁS. Programas e Fundos Setoriais. **Programa Nacional de Conservação de Energia (Procel).** Disponível em: <<http://www.eletrobras.com/elb/data/Pages/LUMIS0389BBA8PTBRIE.htm>>. Acesso em julho de 2015.
- ECONOMIA. Em Economia. **Pesquisa de Orçamentos Familiares Defasada e Sem Perspectiva.** Disponível em: [http://www.em.com.br/app/noticia/economia/2015/02/08/internas\\_economia,615984/pesquisa-defasada-e-sem-perspectiva.shtml](http://www.em.com.br/app/noticia/economia/2015/02/08/internas_economia,615984/pesquisa-defasada-e-sem-perspectiva.shtml). Acesso em junho de 2015.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Consumo Anual de Energia Elétrica por Classe.** Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumonacionaldeenergiael%C3%A9tricaPorClasse%E2%80%932009.aspx>>. Acesso em setembro de 2015, 2015a.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Resenha Mensal.** Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/Forms/EPEResenhaMensal.aspx>>. Acesso em outubro de 2015, 2015b.
- FEDRIGO, N. S.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Usos Finais de Energia Elétrica no Setor Residencial Brasileiro.** Brasil: X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído – NATAL 2009, 2009a.
- FEDRIGO, N. S.; GONÇALVES, G.; FIGUEIREDO, P. L. **Usos Finais de Energia Elétrica no Setor Residencial Brasileiro** Santa Catarina, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina - Relatório Técnico de Iniciação Científica (CNPq), 2009b.

GHISI, E.; GOSCH, S.; LAMBERTS, R. Electricity End-Uses in the Residential Sector of Brazil. **Energy Policy**, Elsevier Science, Vol. 35, p. 4107-4120, 2007.

GIGLIO, T. G. F. **Influência do Usuário na Economia de Energia Obtida por Meio do Uso de Sistema de Aquecimento Solar de Água em Habitações de Interesse Social**. Santa Catarina, Brasil: tese de doutoramento, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

GUIA. **Guia para Eficiência Energética nas Edificações Públicas**. Rio de Janeiro, Brasil: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), Ministério de Minas e Energia, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: **Indicadores Selecionados**. Apresentação da Diretoria de Pesquisas do IBGE e do Comunica IBGE, 2012.

IBGE BIBLIOTECA. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biblioteca Online**. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/>>. Acesso em julho de 2015.

IBGE BME. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco Multidimensional de Estatísticas**. Disponível em: <https://www.bme.ibge.gov.br/app/adhoc/index.jsp>. Acesso em junho de 2015.

IBGE CES. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Comitê de Estatísticas Sociais**. Disponível em: <http://ces.ibge.gov.br/en/base-de-dados/200-comite-de-estatisticas-sociais/base-de-dados/1145-pesquisa-de-orcamentos-familiares>. Acesso em junho de 2015.

IBGE ESTADOS. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estados@**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/index.php>>. Acesso em junho de 2015.

IBGE INDICADORES. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisas de Orçamentos Familiares**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/sipd/segundo\\_forum/segundo\\_apres\\_pof07.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/sipd/segundo_forum/segundo_apres_pof07.shtm)>. Acesso em junho de 2015.

IBGE METADADOS. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Metadados**. Disponível em: <<http://www.metadados.ibge.gov.br/consulta/prnRelatorioPesquisa.aspx?codPesquisa=OF>>. Acesso em junho de 2015.

IBGE SIDRA. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pof/default.asp>>. Acesso em junho de 2015.

- INDICADORES SOCIAIS. Síntese de Indicadores Sociais: **Uma Análise das Condições de Vida da População Brasileira**. Rio de Janeiro, Brasil: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2014.
- INDICADORES SOCIAIS. Síntese de Indicadores Sociais: **Uma Análise das Condições de Vida da População Brasileira**. Rio de Janeiro, Brasil: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2009.
- INMETRO. **Tabelas de Consumo/Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>>. Acesso em dezembro de 2015.
- INMETRO. **Requisitos de Avaliação da Conformidade (RAC) para Eficiência Energética de Edificações**. Portaria Inmetro nº 50, 2013.
- INMETRO. **Requisitos de Avaliação da Conformidade (RAC) para Equipamentos de Aquecimento Solar de Água**. Portaria Inmetro nº 352, 2012b.
- INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ) para Equipamentos de Aquecimento Solar**. Portaria Inmetro nº 301, 2012a.
- INMETRO. **Requisitos Técnicos da Qualidade (RTQ) para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Portaria Inmetro nº 372, 2010.
- JANNUZZI, G. M.; SCHIPPER, L. The Structure of Electricity Demand in the Brazilian Household Sector. **Energy Policy**, Elsevier Science, Vol. 19, p. 879-891, 1991.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Ministério de Minas e Energia. **Eficiência Energética na Arquitetura**. Eletrobrás Procel, 3ª edição. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Livro%20-%20Efici%C3%AAncia%20Energ%C3%A9tica%20na%20Arquitetura.pdf>>. Acesso em julho de 2015.
- MMA. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas**. Brasil: Ministério de Meio Ambiente (MMA), Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) e Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), 2014.
- MME. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico**. Ministério de Minas e Energia e Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/energia-eletrica/publicacoes/boletim-de-monitoramento-do-sistema-eletrico?\\_20\\_displayStyle=descriptive&p\\_p\\_id=20l](http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/energia-eletrica/publicacoes/boletim-de-monitoramento-do-sistema-eletrico?_20_displayStyle=descriptive&p_p_id=20l)>. Acesso em outubro de 2015.

- MME. Nota Técnica DEA 13/14: **Demanda de Energia 2050**. Série: Estudos de Demanda de Energia. Rio de Janeiro, Brasil: Ministério de Minas e Energia (MME) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2014a.
- MME. Nota Técnica 10/14: **Consumo de energia no Brasil**. Série: Estudos da Eficiência Energética. Rio de Janeiro, Brasil: Ministério de Minas e Energia (MME) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2014b.
- MME. Ministério de Minas e Energia. **Matriz Energética Nacional 2030**. Brasília, Brasil: EPE, 2007.
- MORISHITA, C. **Impacto do Regulamento para Eficiência Energética em Edificações no Consumo de Energia Elétrica do Setor Residencial Brasileiro**. Santa Catarina, Brasil: dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.
- NORMAIS. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em julho de 2015.
- PDE 2024. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024**. Brasília, Brasil: Ministério de Minas e Energia (MME) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2015.
- PDE 2023. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024**. Brasília, Brasil: Ministério de Minas e Energia (MME) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2014.
- PDE 2022. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024**. Brasília, Brasil: Ministério de Minas e Energia (MME) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2013.
- PDE 2021. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024**. Brasília, Brasil: Ministério de Minas e Energia (MME) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2012.
- PNAD. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/pnad/pnadtic.asp>>. Acesso em julho de 2015, 2015a.
- PNAD. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Resultados de Pesquisas. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa\\_resultados.php?id\\_pesquisa=40](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=40)>. Acesso em julho de 2015, 2015b.
- PNAD. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. **Síntese de Indicadores 2012**. Rio de Janeiro, Brasil: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2013.

- PNAD. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 1988: **Síntese de Resultados da Pesquisa Básica**. Rio de Janeiro, Brasil: Secretaria de Planejamento da Presidência da República e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 1988a.
- PNAD. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 1988: **Instruções**. Rio de Janeiro, Brasil: Secretaria de Planejamento da Presidência da República e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 1988b.
- PNAD. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 1977: **Resultados Região Metropolitana de Porto Alegre**. Rio de Janeiro, Brasil: Secretaria de Planejamento da Presidência da República e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 1980a.
- PNAD. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 1977: **Resultados Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, Brasil: Secretaria de Planejamento da Presidência da República e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 1980b.
- PNAD. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 1977: **Resultados Região VII**. Rio de Janeiro, Brasil: Secretaria de Planejamento da Presidência da República e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 1979.
- PNAD. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 1977: **Manual do Entrevistador**. Rio de Janeiro, Brasil: Secretaria de Planejamento da Presidência da República e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 1977.
- PNE 2030. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília, Brasil: Ministério de Minas e Energia (MME) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2007a.
- PNE 2030. **Plano Nacional de Energia 2030**. Volume 11: Eficiência Energética. Brasília, Brasil: Ministério de Minas e Energia (MME) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2007b.
- PNE 2030. **Plano Nacional de Energia 2030**. Volume 1: Análise Retrospectiva. Brasília, Brasil: Ministério de Minas e Energia (MME) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2007c.
- PNE 2030. **Plano Nacional de Energia 2030**. Volume 2: Projeções. Brasília, Brasil: Ministério de Minas e Energia (MME) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2007d.
- PNEf. **Plano Nacional de Eficiência Energética**. Fórum Sobre Eficiência Energética e Geração Distribuída (CEPAT/ANEEL). Brasília, Brasil: Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético e Departamento de Desenvolvimento Energético, 2015.

- PNEf. Plano Nacional de Eficiência Energética: **Premissas e Diretrizes Básicas**. Brasília, Brasil: Ministério de Minas e Energia (MME), Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético e Departamento de Desenvolvimento Energético, 2011.
- PNUD. Programa Nacional das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Ranking IDHM Unidades da Federação 2010**. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/Ranking-IDHM-UF-2010.aspx>>. Acesso em julho de 2015, 2015a.
- PNUD. Programa Nacional das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal**. Disponível em: <[http://www.pnud.org.br/IDH/IDHM.aspx?indiceAccordion=0&li=li\\_IDHM](http://www.pnud.org.br/IDH/IDHM.aspx?indiceAccordion=0&li=li_IDHM)>. Acesso em julho de 2015, 2015b.
- POF. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009. **Manual do Agente de Pesquisa**. Rio de Janeiro, Brasil: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2008.
- PPH. Avaliação do Mercado de Eficiência Energética. **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso**. Classe Residencial – Relatório Brasil. Rio de Janeiro, Brasil: Programa Nacional de Conservação de Energia (Procel) e Eletrobrás, 2007.
- PROCEL. **Tabela de equipamentos para aquecimento de água com Selo Procel de economia de energia**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={B70B5A3C-19EF-499D-B7BC-D6FF3BABE5FA}>>. Acesso em janeiro de 2016.
- PROCEL. Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética – Procel INFO. **Pesquisas de Posse e Hábitos de Consumo de Energia**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={4A5E324F-A3B0-482A-B1CD-F75A2A150480}>>. Acesso em julho de 2015. 2015a
- PROCEL. **Materiais para Download Relacionados à Aquecimento de Água**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7b864629F8-AFCB-4AEC-9FD7-184047D68486%7d>>. Acesso em janeiro de 2015. 2015b.
- PROCEL. **Resultados Procel 2015**: Ano Base 2014. Rio de Janeiro, Brasil: Eletrobras Procel, 2014.
- PROCEL. **Regulamento para Concessão do Selo Procel de Economia de Energia**. Rio de Janeiro, Brasil: Eletrobras Procel, 2013.
- PROCEL. **Energia Solar para Aquecimento de Água no Brasil**. Rio de Janeiro, Brasil: Eletrobras Procel, 2012.
- PROCEL. Avaliação do Mercado de Eficiência Energética. **Sumário Executivo**. Ministério de Minas e Energia e Eletrobrás, 2005.

- QUALISOL. Fornecedor Qualificado em Aquecimento Solar. **Programa de Qualificação de Fornecedores de Sistema de Aquecimento Solar: Manual Geral**. Brasil: Abrava, Inmetro e Procel, 2007.
- RORIZ, M.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Bioclimatic Zoning of Brazil: **A Proposal Based on the Givoni and Mahoney Methods**. PLEA'99 Conference, 1999.
- SANGOI, J. M. **Análise Comparativa do Desempenho de Sistemas de Aquecimento de Água em Edificações Residenciais**. Santa Catarina, Brasil: dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.
- SILVA, A. S.; LUIZ, F.; MANSUR, A. C.; GHISI, E. **Usos Finais de Eletricidade e Rotinas de Uso como Base para estratégias de Eficiência Energéticas por Meio de Auditoria Residencial. Brasília, Brasil**. XII Encontro Nacional do Conforto no Ambiente Construído (ENCAC), e VIII Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído (ELACAC), 2013.
- SOL. Família Sol. **O Aquecedor Solar em Números**. Disponível em: <<http://www.familiasol.eco.br/>>. Acesso em dezembro de 2015.
- UNIVERSIDADE DO SOL. **Histórico**. Soletrol Aquecedores Solares de Água. Disponível em: <<http://www.universidadedosol.org.br/universidade-do-sol/>>. Acesso em janeiro de 2015.
- UNIVERSIDADE DO SOL. **Eficiência de Coletores e Comparações entre Tubos Evacuados e Coletores Planos**. Brasil: Relatório Técnico 01, 2013.