

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

**Análise da evolução de ações na difusão do aquecimento
solar de água para habitações populares
Estudo de caso em Contagem - MG**

Autora: Jane Tassinari Fantinelli

Orientador: Prof. Dr. José Tomaz Vieira Pereira

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Elizabeth Marques Duarte Pereira

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

**Análise da evolução de ações na difusão do aquecimento
solar de água para habitações populares
Estudo de caso em Contagem - MG**

Autora: Jane Tassinari Fantinelli

Orientador: Prof. Dr. José Tomaz Vieira Pereira

Co-orientadora: Prof^a Dr^a Elizabeth Marques Duarte Pereira

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos.

Tese de doutorado apresentada à comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como um dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, 2006
SP – Brasil

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

F218a Fantinelli, Jane Tassinari
Análise da evolução de ações na difusão do aquecimento solar de água para habitações populares - estudo de caso em Contagem - MG / Jane Tassinari Fantinelli. - Campinas, SP: [s.n.], 2006.

Orientador: José Tomaz Vieira Pereira
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Coletores solares. 2. Aquecedores solares de água. 3. Energia solar. 4. Habitações – aquecimento solar. 5. Habitação. 6. Tecnologia apropriada. I. Pereira, José Tomaz Vieira. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

Titulo em Inglês: Evolution actions difusion of solar water heating technology for low-cost house: Study Case Contagem – MG

Palavras-chave em Inglês: Solar Collector, Low-cost houses, Diffusion, Solar collector
Área de concentração: Planejamento de Sistemas Energéticos

Titulação: Doutora em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: José Antonio Perrella Balestieri, Maurício Roriz, Moacyr Trindade de Andrade e Sonia Regina da Cal Seixas Barbosa

Data da defesa: 22/02/2006

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

TESE DE DOUTORADO

**Análise da evolução de ações na difusão do aquecimento
solar de água para habitações populares
Estudo de caso em Contagem - MG**

Autora: **Jane Tassinari Fantinelli**

Prof. Dr. José Tomaz Vieira Pereira
Instituição: FEM/UNICAMP

Prof. Dr. José Antonio Perrella Balestieri
Instituição: UNESP

Prof. Dr. Maurício Roriz
Instituição: UFSCar

Prof. Dr. Moacyr Trindade de Andrade
Instituição: FEM/UNICAMP

Prof^ª Dr^ª. Sonia Regina da Cal Seixas Barbosa
Instituição: NEPAN/UNICAMP

Campinas, 22 de fevereiro de 2006.

Agradecimentos

À Glacir Fricke, eternamente grata pelo incentivo, apoio e viabilização de meus estudos na Unicamp.

À Arlete Machado, pelos conselhos e abraços carinhosos.
À Silvia Raimundo, pela palavra amiga.

Ao meu pai Cezare (saudades) por minha infância feliz.
À minha mãe Thereza, pela espera, coragem e entusiasmo pela vida.

Ao Marco Túlio Chella, pelo incentivo e apoio à informática.
Ao José Emílio Maiorino, pela revisão da redação.

Ao Prof. Dr. Sinclair Mallet Guy Guerra pela iniciação à Economia.

Ao Prof. Dr. Célio Bermann, à Profa. Dra. Carla Cavaliero e ao Prof. Dr. Moacyr Trindade de Andrade pela leitura cuidadosa e sugestões importantes apresentadas no exame de qualificação.

À Profa. Dra. Elizabeth Marques Duarte Pereira, pela acolhida carinhosa, como participante deste trabalho, e por ter aberto as portas do GREEN Solar, dispondo sua equipe de trabalho para a realização da pesquisa desta tese.

Agradeço em especial ao meu orientador, Prof. Dr. Tomaz, por sua paciência e carinho em me ensinar termodinâmica ao longo destes anos, para que eu entendesse, um pouquinho, sobre coletores solares. Agradeço seu empenho e a confiança depositada em mim, o que garantiu o meu ingresso na Unicamp, e a possibilidade de aprofundar meus estudos sobre as questões energéticas das populações pobres brasileiras. Minha eterna gratidão!

*Soberano.
Absoluto qual sombra definida
...guardado no relicário estás
protegido da razão.
Relíquia.
Eternamente em mim.*

A ciência nos ensina o quanto é importante
a vida, o segundo, o limite... o infinito...
o quanto é preciso preservar a relíquia
que a evolução nos presenteou!
A nossa capacidade
de pensar
crer
criar
sonhar
amar
e realizar!

Resumo

FANTINELLI, Jane Tassinari. Análise da evolução de ações na difusão do aquecimento solar de água para habitações populares: Estudo de caso em Contagem – MG. 2006. 294 p. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

Os programas para a redução da pobreza e para o acesso das populações às condições básicas para uma boa qualidade de vida devem contemplar soluções que considerem os avanços tecnológicos e os benefícios da produtividade e da eficiência energética. O uso de sistemas termossolares (coletores solares) como forma de substituir a eletricidade para o aquecimento de água já foi uma solução adotada em diversos países do mundo, entre a Primeira e a Segunda guerras mundiais e no primeiro e segundo choques do petróleo. Hoje se insere como uma alternativa que causa menores danos ambientais e traz retorno financeiro para as populações de baixa renda, pela economia de energia elétrica. A eficiência energética alcançada com coletores solares dimensionados para pequenos volumes de água para o consumo no banho e a adaptação das famílias com a tecnologia foram constatados através de estudo de caso realizado no Bairro Sapucaias, em Contagem (MG). A economia com a redução da conta de energia se reflete na aquisição de eletrodomésticos e também nas aspirações e desejos que sinalizam novas perspectivas de futuro, como a posse de microcomputador. A investigação sobre as ações dos diversos agentes envolvidos na disseminação do uso de sistemas termossolares para os segmentos de interesse social no Brasil mostra que os sucessivos programas, planos e metas, estabelecidos para se incorporarem em políticas estratégicas de desenvolvimento do país, não foram implementados. A ausência de um planejamento energético específico para a parcela da população (49,7 milhões de pessoas– 27,6% da população) que ganha até 2 salários mínimos mostra que as políticas públicas deverão ser direcionadas para promover estratégias que considerem planos de longo prazo e de grande abrangência social. Para essa parcela, o gasto com energia elétrica para banho representa 14% a 23% de sua renda mensal. Ações que promovam o

uso de tecnologias eficientes para o benefício de grandes parcelas da população devem estar inseridas no planejamento estratégico de desenvolvimento na nação, alinhadas com todas as demais estruturas: econômicas, energéticas, ambientais, educacionais.

Palavras Chave: coletores solares; aquecedores solares de água; habitações aquecimento solar.

Abstract

FANTINELLI, Jane Tassinari. Evolution actions difusion of solar water heating technology for low-cost house: Study Case Contagem – MG. Campinas: Mechanical Engineering Faculty, State University of Campinas, 2006. 294 p. Thesis.

The programs for reduction of poverty and for providing people with access to the basic conditions for a good life quality should include solutions that take into account technological advances and the benefits of productivity and energyc efficiency. The use of solar collectors to replace electricity in water heating has already been adopted in several countries of the world, between the First and Second World Wars and on the first and second oil crises. Today it appears as an alternative that causes less environmental harm and brings financial gains to low income populations through electric energy savings. The energyc efficiency attained with solar collectors designed for small water volumes for consumption in bathing and the families' adaptation to this technology have been verified by means of a case study conducted at the Sapucaias district, in Contagem, MG. The savings through the reduction of the energy bill are witnessed by the acquisition of electric and electronic goods and also by the aspirations and desires denoting new perspectives about the future, like possessing a personal computer. An inquiry on the actions of the several agents involved in the diffusion of the use of solar collectors among classes of low-cost houses in Brazil reveals that the successive programs, plans and goals proposed for incorporation in strategic development policies for the country have not been executed. The absence of an energy planning specific to the significant parcel of Brazilian population (49.7 million people, 27.6% of its population) earning up to 2 minimum wages shows that public policies should be directed to the promotion of strategies founded on long term planning of large social reach. For this, parcel the expenditure with electric energy for bathing represents approximately 14 to 23 percent of their monthly income. The actions promoting the use of efficient technologies for the benefit of great parcels of population should be inserted in the

strategic planning for the nation's development, in line with all its other structures: economic, energetic, environmental, educational.

Key Words: solar water heating; solar collector; diffusion solar collector.

Lista de Figuras

Figura 2.1 Metodologia adotada: países e mercados com experiências relevantes e as investigações realizadas para estabelecer as estratégias adotadas para a disseminação dos sistemas termossolares.....	16
Figura 2.2 Estudos de Saussure em 1760.....	19
Figura 2.3 Coletor solar em residência datada de 1896.....	20
Figura 2.4 O primeiro coletor desenvolvido em Israel em 1953.....	23
Figura 2.5 O mercado mundial de energia por região: histórico e projeção 1970 a 2025.....	25
Figura 2.6 Histórico do preço do Petróleo 1980-2004 e cenário: 2030.....	26
Figura 2.7 O consumo de eletricidade por região: projeção para 2025.....	27
Figura 2.8 O consumo de energia no setor residencial por região: projeção para 2025.....	27
Figura 2.9 Cenário do consumo de energia com o incremento das energias renováveis.....	28
Figura 2.10 Mercados que possuem as maiores instalações de coletores.....	32
Figura 2.11 A instalação de sistemas termossolares no mercado mundial.....	32
Figura 2.12 População da UE em comparação com outros países, em 2004.....	34
Figura 2.13 Coletores com reservatórios cilíndricos nos telhados de Telaviv em Israel.....	46
Figura 2.14 Tubos evacuados tipo <i>Sydney</i>	55
Figura 2.15 Tubos evacuados tipo <i>Dornier</i>	55
Figura 2.16 Coletor com tubos evacuados de 3 fabricantes chineses	55
Figura 2.17 Coletores em tubos evacuados na cobertura dos prédios da cidade de Xian	56
Figura 3.1 Diagrama da metodologia adotada no capítulo 3.....	61
Figura 3.2 Evolução do consumo de eletricidade por setor 1970-2003.....	67
Figura 3.3 Evolução dos preços médios: eletricidade, GLP e lenha 1973-2003.....	68
Figura 3.4 A nova rede de agentes envolvidos para a consolidação da Política Nacional de Eficiência Energética.....	94
Figura 4.1 Diagrama da metodologia adotada no capítulo: análise das interações entre Tecnologia, Indústria e Estado.....	112
Figura 4.2 Corte esquemático de uma placa coletora solar e a inclinação para melhor desempenho.....	114
Figura 4.3 Esquema de um reservatório térmico	116
Figura 4.4 Sistema de aquecimento solar de água: placa coletora, reservatório térmico e reservatório de água fria.....	118
Figura 4.5 Tipos de instalações feitas com os sistemas termossolares brasileiros.....	118
Figura 4.6 Sistema acoplado desenvolvido na Austrália em 1960.....	119
Figura 4.7 Coletor solar acoplado desenvolvido pela indústria brasileira a partir de 2001.....	119

Figura 4.8 Esquema de coletor com sistema TPCTs e em testes no laboratório da UFSC.....	120
Figura 4.9 Típica placa solar produzida no Brasil.....	121
Figura 4.10 Vista interna de célula de automação de coletores em empresa brasileiras.....	121
Figura 4.11 Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE, para coletores solares...	123
Figura 4.12 Eficiência térmica instantânea dos coletores brasileiros.....	123
Figura 4.13 Área externa de testes do laboratório GREEN Solar PUC-MG, em BH.....	124
Figura 4.14 Simulador Solar instalado no laboratório GREEN Solar.....	125
Figura 4.15 Evolução do preço dos sistemas termossolares no Brasil.....	135
Figura 4.16 Segmentação do mercado de coletores solares no Brasil: 2005.....	137
Figura 4.17 Evolução da área de coletores instalados no Brasil: 1985-2004.....	137
Figura 4.18 Projeção temporal de instalação e vendas de coletores nas regiões Sudeste, Sul e Centro-oeste do Brasil até 2010.....	139
Figura 4.19 Número de fabricantes, por estado brasileiro, com site eletrônico em 2005.....	142
Figura 4.20 Indústrias etiquetadas que mostram desempenho dos equipamentos nos sites.....	146
Figura 4.21 Material das aletas.....	147
Figura 4.22 Material da caixa do coletor.....	148
Figura 4.23 Material do isolamento.....	148
Figura 4.24 Material da cobertura.....	149
Figura 4.25 Estado de conservação do coletor.....	153
Figura 4.26 Matérias primas do coletor.....	157
Figura 4.27 Matérias primas do reservatório térmico.....	157
Figura 4.28 Estimativa dos custos de produção de aquecedores solares em 2003.....	157
Figura 4.29 Custo de um sistema termossolar com 200 litros para um pequeno fabricante....	158
Figura 4.30 Percentuais de participação dos preços na comercialização do mesmo sistema...	158
Figura 4.31 Relação percentual do preço final de um sistema termossolar instalado.....	159
Figura 4.32 Perfil de duas indústrias de sistemas termossolares: 60 e 20 funcionários.....	160
Figura 4.33 Perfil de duas indústrias de sistemas termossolares: 13 e 46 funcionários.....	160
Figura 4.34 Influência dos custos fixos de instalação dos sistemas termossolares no preço do kWh/m ² de diversas tecnologias, com diferentes eficiências energéticas.....	164
Figura 4.35 Preço do kWm/m ² , do kWh/m ² + instalador, do kWh/m ² + instalador + comp...	166
Figura 4.36 Preço do kWh/m ² de coletores acoplados brasileiros com mesmos materiais.....	166
Figura 4.37 Relação custo-eficiência energética dos sistemas termossolares.....	167
Figura 4.38 Influência da temperatura de armazenagem na fração solar.....	171
Figura 4.39 Influência da eficiência térmica do coletor na fração solar.....	172
Figura 5.1 Metodologia adotada no capítulo: análise das interações entre as áreas Tecnologia, Indústria e Usuário, através de um Estudo de Caso.....	182
Figura 5.2 Os primeiros coletores instalados na Ilha do Mel, no Paraná, em 1996.....	184

Figura 5.3 Coletor no Bairro Sapucaias, em Contagem, MG, instalado em 2000. No centro: coletores instalados em Paracambi, na Baixada Fluminense, RJ, em 2004. À direita: coletores na comunidade Vargem das Flores, em Betim, MG, em 2005.....	186
Figura 5.4 O projeto padrão e as moradias construídas em Contagem (MG) em 1999. À direita, o núcleo em novembro de 2003.....	188
Figura 5.5 O sistema termossolar convencional, com o coletor apoiado no telhado e o reservatório no interior da moradia, em 2000, no Projeto Sapucaias.....	189
Figura 5.6 Vista do bairro Sapucaias em 2000, com o sistema termossolar Popsol, com estrutura portante abrigando o coletor e o reservatório.....	189
Figura 5.7 Vista do Bairro Sapucaias. Registro fotográfico realizado em julho de 2005.....	190
Figura 5.8 Vista dos dois tipos sistemas solares instalados no Bairro Sapucaias. Registro fotográfico realizado em julho de 2005.....	190
Figura 5.9 Fluxograma das atividades desenvolvidas para a Avaliação Pós-ocupação da inserção de sistemas termossolares no Projeto Sapucaias, em Contagem – MG	192
Figura 5.10 Percentuais de habitantes por domicílio no Sapucaias - 2005.....	199
Figura 5.11 Moradores por idade no Sapucaias – 2005.....	200
Figura 5.12 Renda familiar dos moradores da comunidade do Projeto Sapucaias.....	200
Figura 5.13 Distribuição do trabalho do chefe da família no Projeto Sapucaias.....	201
Figura 5.14 Escolaridade do entrevistado.....	202
Figura 5.15 Consumo de GLP: <i>Grupo Com solar</i>	210
Figura 5.16 Consumo de GLP nos <i>Grupos Sem solar</i>	210
Figura 5.17 Hábito de banho quente verão <i>Grupo Com Solar</i>	216
Figura 5.18 Hábito de banho quente verão <i>Grupo Solar Vendido</i>	216
Figura 5.19 Hábito de banho quente inverno <i>Grupo Com Solar</i>	217
Figura 5.20 Hábito de banho quente inverno <i>Grupo Solar Vendido</i>	217
Figura 5.21 Tempos de banho das famílias <i>Com solar e Solar Vendido</i>	217
Figura 5.22 Tempos de banho <i>Grupo Com solar</i>	218
Figura 5.23 Tempos de banho <i>Grupo Solar vendido</i>	218
Figura 5.24 Horário de banho <i>Grupo Com solar</i>	220
Figura 5.25 Horário de banho <i>Grupo Solar vendido</i>	220
Figura 5.26 Tempos e horário de banho do <i>Grupo Sem solar</i> no Projeto Sapucaias – 2005...	221
Figura 5.27 Oxidação na estrutura da caixa da placa do coletor solar, falta de limpeza nos vidros da placa e reservatório danificado por pedras.....	222
Figura 5.28 Sombreamento na placa por muro lateral e estrutura de arame sobre a placa.....	223
Figura 5.29 Consumo de água por número de membros da família no <i>Grupo Com solar</i>	225
Figura 5.30 Consumo de água por número de membros da família no <i>Grupo Sem solar</i>	225
Figura 5.31 Poucas famílias possuem hortas no quintal como estas moradias.....	226
Figura 5.32 Satisfação dos moradores do Projeto Sapucaias com a tecnologia	229
Figura 5.33 Avaliação da satisfação da tecnologia pelos moradores do Projeto Sapucaias.....	230
Figura 5.34 Quem controla o tempo de banho no Projeto Sapucaias.....	231

Figura 5.35 Diagrama de Pareto: satisfação com a tecnologia termossolar Proj.Sapucaias....	233
Figura 5.36 Consumo de energia elétrica e número médio de habitantes no Projeto Sapucaias 2001-2005 no <i>Grupo Com solar</i>	235
Figura 5.37 Evolução do consumo de energia elétrica de dois moradores no Projeto Sapucaias entre julho de 2000 e maio de 2005.....	236
Figura 5.38 Consumo de energia elétrica do <i>Grupo Com solar</i> antes e depois dos coletores solares, no período de outubro de 2000 a junho de 2005.....	239
Figura 5.39 Faixa etária dos moradores em 2000 e 2005 no Projeto Sapucaias.....	239
Figura 5.40 Posse de eletrodoméstico no Projeto Sapucaias	240
Figura 5.41 Posse de equipamentos para lazer no Projeto Sapucaias.....	240

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 Cenário de energia produzida com a cana de açúcar no Brasil- 2003-2025.....	28
Tabela 2.2 Área típica dos coletores de placa plana em alguns países.....	30
Tabela 2.3 Custo dos sistemas termossolares típicos em alguns países.....	30
Tabela 2.4 Quadro comparativo dos países da UE com os melhores índices de inserção de sistemas termossolares –2002.....	37
Tabela 4.1 Tabela de informações da eficiência dos coletores solares planos brasileiros.....	126
Tabela 4.2 Tabela de informações da eficiência dos coletores acoplados brasileiros.....	126
Tabela 4.3 Classificação de coletores planos e acoplados no INMETRO.....	127
Tabela 4.4 Critério para uso do selo PROCEL-INMETRO de desempenho de reservatórios.....	129
Tabela 4.5 Estimativas de custos dos sistemas termossolares em 1979.....	135
Tabela 4.6 Evolução do mercado termossolar brasileiro: 1985-2004.....	137
Tabela 4.7 Evolução do número de associados de fabricantes de sistemas termossolares na ABRAVA-1991-2005.....	140
Tabela 4.8 Data de fundação das indústrias termossolares existentes no Brasil: 2005.....	142
Tabela 4.9 Informações dos fabricantes aos consumidores pela Internet – 2005.....	146
Tabela 4.10 Materiais empregados nos coletores brasileiros pela indústria nacional - 2005.....	147
Tabela 4.11 Dimensões de coletores fabricados no Brasil- 2005.....	148
Tabela 4.12 Os problemas previstos na instalação de sistemas termossolares no Brasil-2005...	155
Tabela 4.13 Composição das matérias primas nos coletores solares brasileiros - 2005.....	156
Tabela 4.14 Composição das matérias primas nos reservatórios térmicos brasileiros - 2005.....	157
Tabela 4.15 Custos e preços de um sistema termossolar de 200 litros em 2005.....	159
Tabela 4.16 Preços dos sistemas termossolares na região de Campinas 2001-2003-2005.....	162
Tabela 4.17 Preços dos sistemas termossolares acoplados brasileiros – 2005.....	164
Tabela 4.18 Custo comparativo de diversas fontes de energia para o aquecimento da água para o banho no Brasil, para uma demanda de 180 litros.....	168
Tabela 4.19 Valor da prestação do coletor solar nas linhas de financiamento da CEF – 2001...	173
Tabela 4.20 Preço do sistema termossolar X taxa de juro 0,5%/mês X retorno invest. 2001.....	174
Tabela 4.21 Preços do sistema termossolar X taxa de juro 1,2%/mês X retorno invest. 2001....	175
Tabela 5.1 Projetos de implantação de equipamentos termossolares em moradias de interesse social no Brasil no período de 1980 a 2005.....	185
Tabela 5.2 A análise econômica: sistema solar convencional e pré-aquecedor.....	186
Tabela 5.3 Matriz geral de tabulação de dados adotada para o Projeto Sapucaias.....	196
Tabela 5.4 Levantamento da condição da habitação no Projeto Sapucaias – julho 2005.....	198

Tabela 5.5 Número de moradores por moradia no Projeto Sapucaias – julho 2005	199
Tabela 5.6 Número de habitantes no Projeto Sapucaias -2005.....	199
Tabela 5.7 Filhos com algum conhecimento de informática e internet no Sapucaias 2005.....	202
Tabela 5.8 Tipos de sistemas solares implantados e vendidos no Projeto Sapucaias – 2005.....	204
Tabela 5.9 Alterações na área construída em relação ao projeto original no Sapucaias – 2005..	204
Tabela 5.10 Posse e uso de equipamentos eletrodomésticos no Projeto Sapucaias – 2005.....	206
Tabela 5.11 Potência de eletrodomésticos.....	207
Tabela 5.12 Condutas adotadas para economizar eletricidade <i>Grupo Com solar</i>	208
Tabela 5.13 Condutas adotadas para economizar eletric <i>Grupo Solar Vendido e Sem solar</i>	208
Tabela 5.14 Consumo de GLP por moradia X número de hab por moradia no Proj Sapucaias..	209
Tabela 5.15 Equipamentos eletroeletrônicos desejados no Sapucaias – 2005.....	211
Tabela 5.16 Consumo de energia elétrica no mês junho de 2005 no Projeto Sapucaias.....	212
Tabela 5.17 Quantidades e tipos de lâmpadas utilizadas no Sapucaias – 2005.....	213
Tabela 5.18 Moradias com lâmpadas econômicas no Sapucaias – 2005.....	213
Tabela 5.19 Potência média com iluminação nas moradias do Sapucaias – 2005.....	214
Tabela 5.20 Comportamento do <i>Grupo com solar</i> para redução de consumo de eletricidade....	214
Tabela 5.21 Comportamento do <i>Grupo Solar vendido e Sem solar</i> para redução cons eletric....	214
Tabela 5.22 Iluminação usada no <i>Grupo com solar</i> e proposta com lâmpadas eficientes.....	215
Tabela 5.23 Tempos de banho do <i>Grupo Com solar</i> no Projeto Sapucaias – 2005.....	218
Tabela 5.24 Tempos de banho do <i>Grupo Solar vendido</i> do Sapucaias – 2005.....	219
Tabela 5.25 Horário de banho no Projeto Sapucaias – 2005.....	220
Tabela 5.26 Manutenção e periodicidade de limpeza do sistema termossolar no Sapucaias.....	223
Tabela 5.27 Mudança da posição e cuidados com o sombreamento do termossolar.....	223
Tabela 5.28 Consumo de água no Projeto Sapucaias em junho de 2005.....	226
Tabela 5.29 Hábito de molhar flores e lavagem das calçadas no Projeto Sapucaias – 2005.....	226
Tabela 5.30 Moradias com carros e frequência de sua lavagem no Projeto Sapucaias.....	227
Tabela 5.31 Consumo de água x número de hab/moradia x posse de carro no <i>Grupo Com solar</i> no Projeto Sapucaias.....	227
Tabela 5.32 Avaliação da satisfação com a tecnologia e com a quantidade de água quente.....	229
Tabela 5.33 Insatisfeitos e razões para a insatisfação com o termossolar no Sapucaias-2005....	230
Tabela 5.34 Desejo de aumentar a quantidade de água quente no Projeto Sapucaias – 2005....	231
Tabela 5.35 Famílias que lavam a louça com água quente ou desejam lavar no Proj. Sapuc.....	231
Tabela 5.36 Comportamento quanto à falta de água quente do termossolar no Proj. Sapucaias.	231
Tabela 5.37 Horário que a família liga a resistência auxiliar do termossolar no Proj Sapuc....	232
Tabela 5.38 Satisfação das famílias com a tecnologia termossolar no Proj. Sapucaias – 2005...	233
Tabela 5.39 Consumo de energia e número de habitantes no Proj. Sapucaias de 2000 a 2005...	235
Tabela 5.40 Consumo médio de eletricidade no Proj Sapucaias, de janeiro a julho de 2005.....	235
Tabela 5.41 Preço e desconto na tarifa Baixa Renda – Lei nº 10.438.....	237
Tabela 5.42 Conta da energia elétrica de consumidores com e sem aquecedor termossolar.....	237
Tabela 5.43 Valor da conta de energia elétrica para consumos diferenciados.....	238

Nomenclatura

ABRAVA	Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicion., Ventilação e Aquecimento
ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional de Petróleo
APO	Metodologia Avaliação Pós-ocupação
BEN	Balanco Energético Nacional
BIRD	Banco Mundial
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CEF	Caixa Econômica Federal
CEFET	Centro Federal de Educação Tecnológica
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A.
CELPE	Companhia Energética de Pernambuco
CEMA	Centro de Estudos de Mecânica Aplicada
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CESP	Comissão de Serviços Públicos de Energia
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
CMB	Confederação de Mulheres Brasileiras
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COELBA	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
COELCE	Companhia Energética do Ceará
COHAB	Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CONFAZ	Conselho Nacional de Política Fazendária
CONPET	Programa Nacional de Racionalização dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
COPEL	Companhia de Energia Elétrica do Paraná
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CRESESB	Centro de Referência de Energias Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito
CTEE	Comitê Técnico para Eficientização do Uso da Energia
D.O.U.	Diário Oficial da União
DaSol	Departamento de Aquecimento Solar da ABRAVA
DNDE	Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético
DNEE	Departamento Nacional de Eficiência Energética
EBHE	Greek Solar Industry Association
EDPM	Ethylem Propylen Gummi

ELETRABRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras S. A.
EPE	Empresa de Pesquisa Energética.
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EREC	European Renewable Energy Council
ESCOs	Empresas de Serviço de Conservação de Energia
ESTIF	European Solar Thermal Industry Federation
EU	European Union
EUA	Estados Unidos da América
FGTS	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FMM	Federação das Mulheres de Minas Gerais
FSEC	Flórida Solar Energy Center
FUNSOL	Fundo Nacional de Fomento ao Uso de Energia Solar
GC	Gerenciador de corrente
GEF	Global Environment Facility
GLP	Gás liquefeito de petróleo
GREEN Solar	Centro Brasileiro para o Desenvolvimento da Energia Solar Térmica
GT-SOL	Grupo de Trabalho em Energia Solar
GTZ	Agência Alemã de Cooperação Técnica
HPDE	Polietileno de alta densidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICM	Imposto sobre Circulação de Mercadorias
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IEA	International Energy Agency
INMETRO	Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
INPE	Instituto de Pesquisas Espaciais
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change Scientific Assessment
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
LIGHT	Concessionária de Energia do Rio de Janeiro
MEC	Ministério de Educação e Cultura
MCT	Ministério de Ciência e Tecnologia
MDIC	Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comercio Exterior
MICT	Ministério da Indústria, do Comércio e do Turismo
MIT	Massachussetts Institute of Technology
MME	Ministério de Minas e Energia
MPOG	Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
NREL	National Renewable Energy Laboratory
ONG	Organização Não Governamental

PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PEAD	Poliuretano de alta densidade ou Polyethylene high density -PEHD
PEAPM	Poliétileno alto peso molecular ou Polyethylene ultra high molecular weight - PUHMW
PEE	Programa de Eficiência Energética
PIB	Produto Interno Bruto
PIS	Contribuição para o Programa de Integração Social
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
POF	Pesquisa de Orçamentos Familiares
PPA	Plano Pluri-Anual
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROINFA	Programa Nacional de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
PROSOL	Programa Nacional de Instalação de Coletores Solares
PRO-SOLAR	Plano Diretor do Programa Nacional de Energia Solar
PUC-MG	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
PVC	Cloreto de Polivinila Polyvinyl chloride
RGR	Reserva Global de Reversão
ROL	Receita Operacional Líquida
SE	Secretaria de Energia
SDE	Secretaria de Desenvolvimento Energético
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem na Indústria
SRCC	Solar Rating & Certification Corporation
TPCTs	Two-phase closed thermosyphons
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNDP	United Nation Development Program
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USAID	United States Agency for International Development
USP	Universidade de São Paulo
WHO	World Health Organization

Sumário

1. Introdução.....	1
2. Ações estratégicas mundiais para o uso dos sistemas termossolares.....	14
2.1 A habitação e a energia do sol.....	17
2.2 O pioneirismo dos EUA, Japão, Austrália e Israel.....	18
2.3 As estratégias para o uso dos sistemas termossolares.....	24
2.3.1 As ações de fomento na União Européia.....	34
2.3.2 A geração termossolar na Grécia	41
2.3.3 A geração termossolar em Israel.....	44
2.3.4 A geração termossolar na Turquia.....	47
2.3.5 A geração termossolar na Índia.....	49
2.3.6 A geração termossolar na China.....	51
2.4 Considerações finais do capítulo.....	56
3. As ações para o incentivo ao uso dos sistemas termossolares no Brasil.....	60
3.1 Das primeiras iniciativas ao incentivo financeiro estatal.....	62
3.2 Os sistemas termossolares incluídos nas políticas de eficiência energética.....	86
3.3 A redução de energia na ponta com os sistemas termossolares.....	96
3.4 Considerações finais do capítulo.....	101
4. A evolução da indústria brasileira de sistemas termossolares.....	111
4.1 A tecnologia dos sistemas termossolares.....	112
4.1.1 A radiação solar incidente no Brasil.....	113
4.1.2 Os componentes de um sistema termossolar.....	113
4.1.3 A eficiência térmica da placa coletora.....	117
4.2.2 O sistema termossolar típico produzido no Brasil.....	118
4.3 A normalização do desempenho dos sistemas termossolares.....	122
4.3.1 O ensaio da placa coletora.....	122
4.3.2 O ensaio dos reservatórios térmicos.....	128
4.4 A evolução da indústria brasileira.....	129
4.4.1 O custo dos sistemas termossolares.....	133

4.4.2 O crescimento da produção dos coletores planos.....	135
4.4.3 O crescimento do setor industrial termossolar.....	140
4.5 O estágio de desenvolvimento tecnológico dos fabricantes.....	143
4.5.1 A quantificação de fabricantes e os participantes no PBE.....	144
4.5.2 A disponibilidade de informação sobre os sistemas termossolares.....	145
4.5.3 A informação nos sites das empresas.....	146
4.5.4 As matérias primas dos coletores e reservatórios térmicos.....	146
4.5.5 O dimensionamento dos sistemas termossolares.....	150
4.5.6 Os problemas de operação com os sistemas termossolares.....	151
4.5.7 Os custos e preços dos sistemas termossolares.....	156
4.5.8 O perfil da indústria termossolar.....	159
4.6 O preço do kWh/m ² instalado com os sistemas termossolares.....	161
4.7 A viabilidade econômico-financeira para a baixa renda.....	167
4.7.1 Avaliação da área do coletor e temperatura de armazenamento da água quente.....	170
4.7.2 Avaliação da área do coletor e volume do reservatório térmico.....	171
4.7.3 Avaliação da área do coletor e eficiência térmica do coletor.....	172
4.7.4 A viabilidade econômica frente ao preço da energia.....	174
4.8 Considerações finais do capítulo.....	175
5. O aquecimento termossolar na habitação popular brasileira.....	181
5.1 Os projetos experimentais com os sistemas termossolares.....	183
5.2 Estudo de caso: o Projeto Sapucaias (Projeto Eletrobrás Solar).....	187
5.2.1 Metodologia APO.....	191
5.2.2 Questionário.....	194
5.2.3 Mecanismo de controle da APO.....	195
5.3 Diagnóstico da pesquisa de campo.....	197
5.3.1. Levantamento sócio-econômico.....	197
5.3.2 A venda dos sistemas termossolares.....	203
5.3.3 A posse de eletrodomésticos e as condutas para economia de energia elétrica.....	205
5.3.4 O consumo de gás, lenha e o aquecimento da água para banho.....	209
5.3.5 As aspirações por novos produtos.....	210
5.3.6 O consumo de energia e a economia com a iluminação da moradia.....	211
5.3.7 O comportamento quanto ao banho.....	216
5.3.8 O comportamento quanto à manutenção da nova tecnologia.....	221

5.3.9 O consumo de água e a nova tecnologia.....	224
5.3.10 A avaliação da satisfação com a tecnologia.....	228
5.3.11 O consumo de energia e a economia com o sistema termossolar.....	233
5.4 Considerações finais do capítulo.....	240
6.Considerações Finais da Tese.....	246
6.1 As barreiras comuns à disseminação da tecnologia termossolar.....	247
6.2 As estratégias comuns mundiais.....	247
6.3 O fomento para a capacitação tecnológica da indústria brasileira.....	248
6.4 A adequação entre tecnologia e usuária de baixa renda.....	249
6.5 As barreiras para a inserção da tecnologia nas classes populares.....	250
6.6 As ações de fomento a serem estimuladas.....	254
6.7 Estudos propostos a serem desenvolvidos.....	257
Referências.....	258
Apêndice.....	272
Apêndice I A radiação solar incidente no Brasil.....	273
Apêndice II Questionário aos fabricantes.....	275
Apêndice III Cálculo da população amostral.....	278
Apêndice IV Questionário sobre inserção dos sistemas termossolares aplicado no Projeto Sapucaias.....	281
Apêndice V Tabulação Grupo Com Solar.....	284
Apêndice VI Tabulação Grupo solar Vendido.....	287
Apêndice VII Planilha de Avaliação da satisfação com o aquecedor solar no Projeto Sapucaias, Contagem/MG.....	289
Apêndice VIII Diretrizes da Política Nacional de Eficiência Energética MME/PNEE – 2003..	292
Anexo Planilha de Especificações Técnicas -PBE-INMETRO: Coletores acoplados Reservatórios Térmicos.....	294

Capítulo 1

Introdução

O consumo de energia pela humanidade, baseado até o século XIX na biomassa – lenha, carvão e resíduos agrícolas - mudou radicalmente com a Revolução Industrial. Do século XX até meados da década de 1970, o carvão mineral passou a ser o principal energético. Nos últimos 40 anos o petróleo assumiu a liderança, passando a ser uma das fontes energéticas mais importantes para a manutenção da significativa qualidade de vida de uma parcela da humanidade. O gás (16,2%), o carvão mineral (7,1%) e a energia nuclear (6,8%) se somam ao petróleo (34,9%) para formar a cadeia de combustíveis fósseis responsáveis por 86,4% da energia mundial ofertada (ano de 2002). As fontes renováveis participam com 10,9% e a energia hidráulica com 2,2%. No Brasil (2004) a participação das fontes fósseis na Oferta Interna de Energia é de 58,3% (petróleo, 40,5%; gás, 8,8%; carvão, 6,3%; e urânio, 2,7%), contrabalanceada por 39,4% das energias renováveis (hidráulica, 12,8%; lenha, 13,0%; produtos da cana, 13,6%; outras energias, 2,3%) (MME-EPE-BEN, 2005; IEA, 2004).

Os avanços tecnológicos têm disposto ao homem o uso de fontes de energia de alto rendimento energético. Mas a oferta é insuficiente para satisfazer as exigências da população mundial, hoje de seis bilhões de indivíduos. Mesmo que cada um demande formas de energia diferentes para obter o seu bem-estar, que cada sociedade apresente consumos distintos, existe uma grande disparidade entre os baixos consumos *per capita* das nações mais populosas e mais pobres e o alto consumo das mais ricas. A análise dos índices de consumo de energia *per capita* dos países industrializados e de sua relação com os valores do IDH dessas nações mostra que existem formas distintas de consumo de energia (Guerra e Fantinelli, 2001). Diante da conjuntura mundial, de aumento de preços e escassez das fontes fósseis, e do processo histórico particular de

cada nação pobre, as soluções para uma maior demanda de energia, vetor de seu crescimento econômico e melhoria de padrões de bem-estar, virão de estratégias de diversificação dos suprimentos energéticos, do aproveitamento das potencialidades territoriais e de recursos naturais e humanos. Isso porque a questão energética e tecnológica assume caráter de soberania e desafio para os países que necessitam crescer economicamente para modificar seus índices de pobreza humana.

Mesmo nos países desenvolvidos, com altos níveis de renda *per capita* e padrões satisfatórios de qualidade de vida, há parcelas da população vivendo em situação de indigência e de miséria absoluta. Todavia, o empobrecimento persiste com mais intensidade nas nações com acentuadas disparidades sociais e regionais, como o Brasil. A homogeneidade do padrão de consumo e a satisfação das necessidades básicas para toda a população ainda são condições a serem buscadas e conquistadas pela sociedade organizada.

O desequilíbrio de consumo se manifesta pela adoção de modelos diferenciados de desenvolvimento entre os países industrializados e os que ainda precisam alcançar o seu bem-estar com padrões dignos de qualidade de vida, traduzidos pela necessidade de maiores demandas de energia para estruturação de suas atividades sócio-econômicas. O crescimento econômico mundial, baseado no suprimento de reservas energéticas fósseis, de abundância relativa, se restringe a regiões específicas e que se configuram em pontos geopolíticos de extrema vulnerabilidade, passa ciclicamente por choques de abastecimento e crises de aumento de preços, cujas conseqüências envolvem todas as nações e sociedades estruturadas sob esta dependência.

Os limites da disponibilidade de energias fósseis e a previsão do fim dos estoques desses recursos naturais têm alimentado políticas de enfrentamento dos países dominantes (de saber tecnológico) à soberania das nações que ainda possuem essas riquezas em seu subsolo. Os conflitos, embargos e suspensões de fornecimento da valiosa matéria-prima energética são estratégias legítimas dos que possuem essas riquezas, como uma forma de exercer seu poder de troca com as modernas sociedades tecnológicas, cujas economias se desenvolveram na dependência dos hidrocarbonetos.

A reprodução dos sistemas de produção e consumo dos países ricos, apresentados como modelos de inspiração e criação para todas as sociedades, fazia supor que a expansão ilimitada de seu crescimento seria extensível aos demais, e faria desaparecer a pobreza e as desigualdades (Heméry et al., 1993). O modelo de consumo energético irrestrito se estendia também à arquitetura, do projeto às formas de construir e de manter a edificação, com gastos e desperdícios na utilização da energia em toda a cadeia dos componentes construtivos e, posteriormente com as formas de uso do espaço projetado. A aplicação do condicionamento natural e da conservação de energia na edificação, tanto nos projetos individuais como nos planos urbanísticos, começaram a fazer parte das preocupações dos planejadores após a primeira crise do petróleo, na década de 1970. Até então a arquitetura seguia os padrões de uma estética internacional, totalmente desvinculada do caráter social, cultural e ambiental nos países nos quais era aplicada.

A crise enfrentada pela população mundial, em decorrência do aumento do preço da energia (escassez) fomenta a busca de soluções adequadas ao seu modelo de bem-estar. A escassez de combustíveis convencionais, com os embargos à produção e comercialização do petróleo determinados pelos principais produtores durante a década de 1970 e o início da década de 1980, provocou um impacto de tal magnitude nos países industrializados e nas economias em desenvolvimento que acelerou as pesquisas, em âmbito mundial, para a busca de alternativas tecnológicas para a substituição das fontes de energia não renováveis. A energia solar passou a ser vista como um recurso disponível, possível de ser explorado a partir de todas as suas potencialidades, ao mesmo tempo em que constitui um recurso natural sobre o qual ainda não foram impostas regras de domínio para o seu uso e aproveitamento. A consciência ecológica e ambiental passou a ser uma preocupação nos meios intelectuais, científicos e nas sociedades cujos valores éticos contemplam a responsabilidade de que a apropriação dos recursos naturais e sua transformação para a satisfação da necessidade de sobrevivência devam ser extensíveis aos demais e às gerações futuras.

As tecnologias solares novamente voltaram a ser pesquisadas e exploradas pelos países industrializados, a fim de diminuir a dependência dos energéticos fósseis, que até então constituíam recursos baratos e considerados inesgotáveis. O aproveitamento da energia solar tem ocorrido sempre aliado às crises energéticas das sociedades, fazendo com que novas soluções

sejam buscadas e difundidas. Muitos experimentos acabam gerando as informações básicas para o desenvolvimento de sistemas que serão usados muitas décadas mais tarde, aprimorados pelo descobrimento de novos materiais e de novas tecnologias. Novas tecnologias eficientes têm sido continuamente ofertadas (como refrigeradores, lâmpadas eficientes e aquecedores solares) possibilitando a opção de reduzir os gastos em um setor, para aumentar o consumo em outro. No entanto, em virtude do preço elevado das novas tecnologias, no primeiro momento da sua difusão, somente as classes sociais de maior renda acabam tendo acesso à elas. Os segmentos populares têm tido acesso apenas às tecnologias tradicionais, de menor investimento inicial, com altos consumos de energia (chuveiro elétrico, refrigeradores com alto consumo de energia, lâmpadas incandescentes com menor eficiência, dentre outros).

A investigação dos fomentos existentes para a difusão das tecnologias solares entre os segmentos populares brasileiros se insere na preocupação com o bem coletivo, com a distribuição do saber de Ésquilo, Xenofonte, Aristóteles, Vitruvius - os quais, já em 525-456 a.C., reconheciam a importância do aproveitamento solar na habitação (Rosenfeld, 1998) e com o processo civilizatório dos povos, contido que está no conhecimento armazenado de um produto tecnológico, cujo valor representa os saberes da humanidade e os avanços na busca do seu bem-estar (Odum, 1996). As pesquisas das condições, das causas e dos efeitos de processos, que se articulam e consolidam ações, devem servir para realimentar e reforçar novas posturas e estratégias para que, a distribuição dos benefícios do conhecimento e dos avanços da modernidade, se realize de forma equitativa.

A moradia construída e mantida com consumo energético mínimo não significa necessariamente o sacrifício do conforto dos usuários. A incorporação de soluções tecnológicas eficientes e adequadas para a redução do consumo de energia significa planejar com visão estratégica, tanto do ponto de vista econômico quanto social e ambiental. A análise conjunta dos fatores de eficiência e dos fatores econômicos passa a determinar quais os parâmetros desejáveis e compatíveis para uma determinada realidade social. A busca de soluções adequadas para o aquecimento doméstico de água com o uso da energia solar encontra respaldo quando se analisam as condições sócio-econômicas de uma parcela da população brasileira que se situa na faixa de pobreza extrema. Essa realidade evidencia a má distribuição da renda e a exclusão social.

O Brasil possui uma população de 180 milhões de habitantes, já estimada para 185 milhões de habitantes em 2006 (IBGE, 2006a). No *Índice de Desenvolvimento Humano - IDH 2004*, o país está classificado no 72º lugar, em uma lista de 177 países (PNUD, 2005). O crescimento médio anual do Produto Interno Bruto-PIB, de 1995 a 2004, foi de 2,4%. O crescimento do PIB no ano de 2000 foi de 4,36%; em 2004 foi de 4,9%; em 2005 foi de 2,6% (IBGE, 2005a). O país concentra 50% do PIB em 70 municípios (33% da população); 25% em 9 municípios (14% da população) e os outros 25% nos demais 5.153 municípios (44% da população) (IBGE, 2005b).

Os dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares-POF, realizada em 2003, mostram que o tamanho médio das famílias é de 3,62 membros (no Norte, 4,34; Nordeste, 4,01; Centro-oeste, 3,50; Sudeste, 3,42; Sul, 3,33) (IBGE-POF, 2003a). Quanto ao rendimento, 51% das famílias brasileiras têm um ganho de até R\$1.000,00, e 16% ganham até R\$ 400,00¹. Na avaliação do grau de dificuldade para chegar ao fim do mês com o rendimento monetário familiar, 51% das famílias estão classificadas nos indicadores de *dificuldade e muita dificuldade*. Nos segmentos de menor renda, este percentual variava de 66% até 78%. Apenas 6% da população possui *facilidade e muita facilidade* (IBGE-POF, 2003b). Os dados constantes nos documentos do Plano Pluri-Anual - PPA 2004-2007, do governo federal, mostravam que em 2003 pelo menos 53,4 milhões de habitantes (31,7%) viviam abaixo da linha de pobreza, e destes, 22 milhões em condições de miséria (MPOG, 2004).

A Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios – PNAD realizada pelo IBGE em 2004 mostrou que o rendimento real da população havia interrompido a queda iniciada em 1996 (R\$ 906,00), e durante 2003 e 2004 havia-se estabilizado em R\$ 733,00, mantida, assim, a perda real de 18,8% em relação a 1996. O índice de Gini² da distribuição dos rendimentos atingiu, em 2004, seu mais baixo valor desde 1981 (0,547). Esse indicador havia sido de 0,600 em 1993, e 0,567 em 1999. As desigualdades regionais econômicas e sociais persistem no Brasil. Do total de pessoas ocupadas em 2004, 27,6% ganhavam até 1 salário-mínimo. No Nordeste, esse índice era de 46,0%, superando os das demais regiões: 30,9% no Norte; 23,1% no Centro-Oeste; 20,1% no Sudeste; 17,9% no Sul. Os que ganhavam mais de 20 salários-mínimos (R\$ 6.000,00) eram 0,9%

¹ 14% entre R\$ 400,00 e R\$ 600,00; 21% entre R\$ 600,00 e R\$ 1.000,00; 24% entre R\$ 1.000,00 e R\$ 2.000,00; 14%, R\$ 2.000,00 a R\$ 4.000,00. Fonte: IBGE-POF, 2003.

² Medida do grau de concentração de uma distribuição, cujo valor varia de zero - perfeita igualdade - até um - desigualdade máxima. Fonte: IBGE-PNAD, 2006.

da população ocupada do país. O percentual variou de 0,4% no Nordeste a 1,6% no Centro-Oeste (IBGE-PNAD, 2005).

Quanto às condições dos domicílios em 2004: 31,1% das moradias não tinham esgotamento sanitário adequado; 17,8% dos domicílios não estavam ligados à rede geral de água; 15,2% não contavam com coleta de lixo; 34,6% não tinham telefone; 3,2% não dispunham de iluminação elétrica; e 2,7% das moradias eram construídas com material não apropriado para edificação (madeira aproveitada de embalagens, taipa não revestida, adobe, palha etc.). O Sudeste detinha os maiores percentuais de moradias com luz elétrica (99,4%), abastecimento de água (91,5%), coleta de esgoto (77,4%), coleta de lixo (94,2%) e esgotamento sanitário adequado (86,9%) (IBGE-PNAD, 2005).

Quanto ao consumo de energia elétrica, mais da metade de toda a energia elétrica consumida pelo setor residencial em 1996 (51,7%) foi destinada à classe de maior renda. As classes de menor renda, com 10% do total de domicílios, consumiram 5,9% do total de energia elétrica do setor residencial (Achão e Schaeffer, 2004). Os consumos de energia elétrica das populações podem ser melhores identificados quando se analisam as relações entre consumo de energia, renda, posse de eletrodoméstico, tipologia da habitação, número de habitantes por domicílio, hábitos de vida, diversidade climática (sazonalidade do uso da energia) e padrões sócio-culturais (Fantinelli, 2002).

Em 2000, 27,6% da população ganhava até 2 salários mínimos e 32,2% entre 2 e 5 salários mínimos. Quanto ao consumo de energia elétrica, 25% consumiam até 50 kWh/mês; 43% entre 50 e 150 kWh/mês, 22% entre 150 e 300 kWh/mês. Na região Sudeste, consumos de até 150 kWh/mês representavam 42% da população; no Sul, 63%; no Centro-oeste, 59%; no Norte, 69%; no Nordeste, 83%. Contudo, o maior percentual de consumo de energia elétrica se situava na faixa entre 201 kWh/mês e 300 kWh/mês (Fantinelli, 2002). No atual estágio de desenvolvimento do país, as investigações mostram que a família típica dos segmentos populares necessita consumir entre 150 kWh e 220 kWh mensais para que suas necessidades básicas de energia elétrica sejam atendidas (Bermann, 2002; Fantinelli, 2002). Hoje são incluídos nas investigações os tipos de recursos energéticos que podem vir a ser substituídos e também os equipamentos

eficientes que podem ser disponibilizados, através de incentivos ou de programas públicos direcionados especificamente para estes setores sociais, para que os atuais níveis de consumos de eletricidade venham a ser diminuídos.

O chuveiro elétrico, usado em 97% das habitações brasileiras (IBGE-PNAD, 2004), representa um consumo de energia de 20% a 25% para o setor residencial. É responsável por 34% do consumo total de energia na ponta para o sistema energético brasileiro. Para os segmentos populares que ganham até 2 salários mínimos, o consumo de eletricidade com o chuveiro elétrico representa 22,8% da renda (consumo médio de 20,3 kWh/domicílio/mês), e 20,3% para os que ganham entre 2 e 3 salários mínimos (23,2 kWh /domicílio/ mês) (Achão e Schaeffer, 2004).

O custo da eletricidade com o uso do chuveiro elétrico (apesar da aquisição do equipamento conversor constituir um investimento inicial pequeno) representa um ônus muito grande no orçamento familiar, principalmente para os segmentos de baixa renda. As tarifas residenciais de energia elétrica de cunho social já haviam sido previstas em junho de 1985, pelo Ministério de Minas e Energia - MME, como um mecanismo de discriminação de preços para o atendimento de uma parcela do mercado consumidor que poderia ser incluída, caso houvesse descontos. As políticas de subsídio a um consumo mínimo essencial (uso de determinados eletrodomésticos) tiveram, assim, origem num cenário de excesso de geração, necessidade de expansão de consumo e de novos usuários, ausência de capacidade de investimento e alto endividamento do setor elétrico, agravado pelo aumento das taxas de juros internacionais e pela manipulação das tarifas (Tavares, 2003).

As políticas de barateamento do fornecimento de energia às famílias de baixa renda, cuja implementação foi adiada em decorrência do Plano Cruzado em 1986, foram postas em vigor a partir de 1990. O percentual de desconto ou subsídio tarifário abrangia então todos os consumidores, com tarifas escalonadas segundo o consumo de energia elétrica (descontos maiores para os menores consumos), com a implantação de critérios e programas determinado pelas próprias concessionárias (Tavares, 2003). Em 1995, com a reestruturação do setor elétrico (privatizações), as tarifas foram reajustadas em 20,5% - contra uma inflação acumulada de 33,3% - e a *Subclasse Residencial de Baixa Renda* foi oficializada para que as concessionárias

concedessem descontos somente a uma parcela do universo que até então era beneficiado, disponibilizando um mecanismo que separasse consumidores de baixa e alta renda³. Embora o aumento da tarifa não tivesse sido significativo, a mudança de enquadramento e a redução da progressividade nos descontos ocasionaram aumentos substanciais nas contas de energia elétrica (Ramalho 2005). Em 2001 a ANEEL registrava o número de 13 milhões de unidades consideradas nesta categoria, representando 32,13% do total de consumidores residenciais, e 23,5% do consumo total de energia elétrica (19.618.898 MWh/mês). A região Sudeste apresentava o maior índice de consumidores de baixa renda, 63%, e o maior percentual de consumo de energia, 67,7% (Fantinelli, 2002).

Os estudos realizados pelo órgão regulador (ANEEL, 1999 e FIPE-ANEEL, 2000) para a definição de domicílios de baixa renda com a inclusão do maior número possível de usuários como beneficiários e a exclusão de maior número possível dos que estivessem fora deste grupo, levaram a novos critérios sócio-econômicos que foram definidos sob diversos enquadramentos, até ficar determinado que fossem as famílias inscritas no Cadastro Único do Governo Federal⁴. As dificuldades com a implantação do cadastramento e a interação entre os diversos agentes envolvidos (prefeituras, concessionárias, usuários, poder público) obrigaram a prorrogações sucessivas dos prazos, tendo sido acordado o prazo limite para o final de fevereiro de 2006.

O novo subsídio tarifário, estabelecido pelo governo federal, em 2004, para as famílias de baixa renda enquadradas no Cadastro Único, concede descontos escalonados, conforme o consumo de energia elétrica, que vão de 65,97% até 2,99%⁵. Consumos entre 50 e 150 kWh/mês representavam, em 2000, 43% do universo de famílias brasileiras. Embora o racionamento energético obrigatório, determinado em 2001 pelo governo federal, tenha reduzido o consumo residencial em 15%, existe um percentual significativo da população pobre que ficará enquadrado

³ Em 1989, consumos entre 101 e 200kWh/mês possuíam descontos de 65%; a partir de 1990, 45%; a partir de 1991, 35%; a partir de 1993, 24%; a partir de 1995, 10%; em 2005 os descontos acima de 140 kWh/mês são de 2,99%. Fonte: Ramalho, 2005.

⁴ O Decreto 4.102, de 24 de janeiro de 2002 definiu os novos critérios sócio-econômicos. Segundo esse decreto, uma família seria considerada de baixa renda se: tivesse uma renda mensal *per capita* de até 1/2 salário mínimo (1/2 salário mínimo x 3,62 membros por moradia = R\$ 543,00); fosse beneficiária dos programas sociais do governo federal (*Bolsa Escola* e *Bolsa Alimentação*); tivesse atendimento por circuito monofásico; apresentasse um consumo mensal inferior a 80 kWh ou entre 80 e 220 kWh. Em outubro de 2003 este critério foi modificado, e passaram a ser consideradas aquelas famílias de baixa renda aquelas inscritas no *Programa Bolsa Família*, que unificava todos os programas sociais de transferência de renda do governo, com consumo mensal entre 80 e 220kWh (calculado com base na média móvel do últimos 2 meses). Em fevereiro de 2004, novo critério: a família (consumidor) deveria comprovar sua inscrição no Cadastro Único do Governo Federal, dentro de um prazo estabelecido.

⁵ Desconto de 65,97% para consumo de até 30 kWh; 41,97% para consumos entre 31 e 100 kWh; 12,54% para consumo entre 101 e 140 kWh; 2,99% para quem consome mais de 140 kWh.

nos descontos de 12,54% (para consumo mensal entre 101kWh e 140 kWh) e 2,99% (para consumos maiores do que 140 kWh), devido ao número de membros residentes em cada casa.

Os programas para a redução da pobreza e para o acesso das populações às condições básicas para uma boa qualidade de vida devem contemplar soluções que considerem os avanços tecnológicos e os benefícios da produtividade e da eficiência energética. Se nas moradias fossem utilizados equipamentos mais eficientes (refrigeradores e lâmpadas eficientes) e se fosse realizada a substituição parcial do chuveiro por coletores solares, o consumo de eletricidade entre 150 kWh/mês e 240 kWh/mês cairia significativamente. Com um dimensionamento adequado, os sistemas de aquecimento solar de água para fins sanitários podem se tornar competitivos com as tarifas de energia elétrica. A substituição dos chuveiros elétricos representaria economia de energia, com um superávit de eletricidade que poderia ser redirecionado para outros investimentos, permitindo a diminuição do pico atual de demanda de energia, com sua oferta sendo dirigida para outros usos finais mais adequados e mais rentáveis, além da geração de empregos com a ativação da indústria termossolar. Paralelamente a estas questões estratégicas de uso eficiente da energia, os setores populares poderiam redimensionar seus gastos com energia elétrica, com o incremento da iluminação para a moradia ou do uso de equipamentos eletro-eletrônicos que venham a melhorar a qualidade de vida dentro da habitação.

Um planejamento energético direcionado exclusivamente às comunidades com baixos rendimentos poderia diminuir o gasto com eletricidade no aquecimento de água. Políticas setoriais sociais, com programas públicos de financiamento com juros baixos, permitiriam que as comunidades pobres tivessem a oportunidade de optar pela aquisição deste tipo de tecnologia, nas mesmas condições de acesso e compra dos eletro-eletrônicos em geral, ou inserida nas prestações da compra da moradia.

A análise econômica comparativa dos sistemas de aquecimento solar de água para o setor residencial (Borges, 2000; Pereira et al., 2003a) tem mostrado a viabilidade do uso desta tecnologia na habitação. As tecnologias termossolares substituindo a energia elétrica produzem a economia equivalente a ela. Aquecer água com energia solar significa não consumir energia elétrica, significa economizar recursos hídricos, preservar o meio ambiente, fazer a conservação de energia,

significa viabilizar para os usuários o uso da energia convencional para outras atividades que lhes permitam usufruir de outros benefícios. Para o poder público, significa a mitigação das necessidades de geração de energia, com investimento em outros setores de infra-estrutura em que as urgências são evidentes.

Embora o estudo da energia solar no Brasil tenha sido iniciado da década de 1950, e os sistemas de aquecimento solar de água tenham sido implantados a partir da década de 1970, as pesquisas sobre a inserção de sistemas de aquecimento solar de água na habitação brasileira são muito recentes (Oliva, 1999; Fantinelli, 2002; Widerski, 2002; Pereira et al. 2003a; Varella, 2004). Frente à necessidade de se conhecer quais as principais iniciativas e dificuldades enfrentadas pelos diversos agentes envolvidos no fomento e difusão da tecnologia termossolar ao longo das últimas quatro décadas para os segmentos sociais populares brasileiros, esta tese tem por objetivo avaliar as ações para o fomento e difusão de sistemas termossolares de aquecimento solar de água na habitação de interesse social. Os objetivos específicos são:

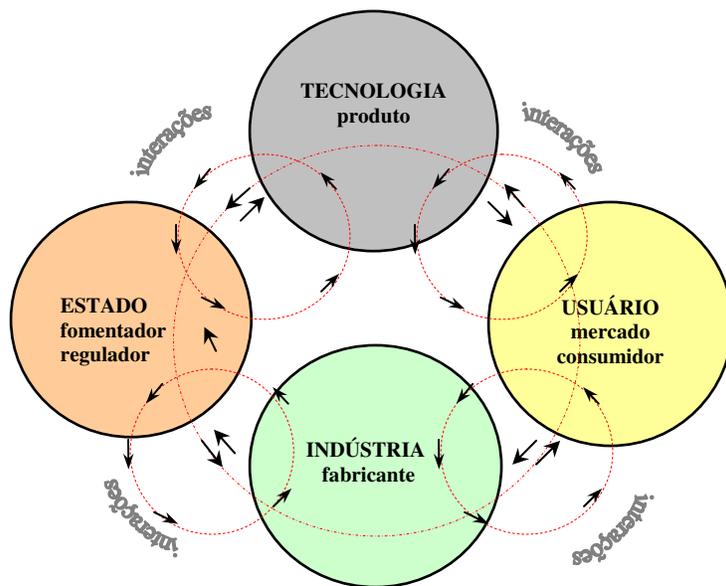
- a. Identificar os sistemas de aquecimento solar de água para pequenos volumes de reservatórios existentes no Brasil e sua competitividade econômica.
- b. Identificar as experiências existentes, na área urbana, de inserção de sistemas de aquecimento solar de água na moradia de interesse social.
- c. Avaliar, através de estudo de caso, a inserção de sistemas de aquecimento solar de água na moradia de interesse social, identificando as barreiras e benefícios.
- d. Identificar as ações de fomento aos sistemas termossolares em países com experiências relevantes;
- e. Identificar as ações de fomento para a inserção efetiva de sistemas de aquecimento solar de água na moradia de interesse social no Brasil.

1.1 Metodologia

A avaliação das ações para o fomento e difusão da tecnologia termossolar na moradia de interesse social no Brasil foi estruturada abrangendo as seguintes metas principais:

- a. A caracterização das ações de fomento de alguns países com experiências no uso de sistemas de aquecimento solar de água para o segmento residencial;
- b. A análise e proposição das políticas de fomento nacional para o uso de sistemas de aquecimento solar de água nas moradias de interesse social;
- c. O estudo dos coletores solares e dos sistemas termossolares desenvolvidos no Brasil;
- d. A inserção dos sistemas de aquecimento solar de água na moradia de interesse social;

A metodologia adotada está esquematizada no diagrama a seguir. Abrange o estudo de quatro áreas interdependentes que se realimentam mutuamente: o Estado, enquanto agente fomentador e regulador de ações; a Tecnologia, que envolve o produto (projeto de engenharia), resultante da capacidade da comunidade técnico científica (universidades e instituições de pesquisas); a Indústria, que desenvolve o produto (produção) com o objetivo de atender as necessidades e aspirações do contexto econômico, ambiental e social; e o Usuário (mercado consumidor) agente da utilização e aprovação da tecnologia.



A análise das interações entre as quatro áreas distintas abrange os seguintes procedimentos:

- a. Levantamento bibliográfico sobre os condicionantes que determinam a adoção das tecnologias termossolares no setor residencial de países com maior disseminação, investigando ações e barreiras.

- b. Identificação das políticas públicas brasileiras de incentivo à difusão dos sistemas de aquecimento solar de água para a moradia de interesse social, através da análise dos programas, planos e ações desenvolvidas com os diferentes agentes envolvidos.
- c. Levantamento bibliográfico do estágio de desenvolvimento tecnológico da indústria brasileira de sistemas termossolares, identificando a eficiência energética dos coletores solares produzidos para o aquecimento de água para o banho, através dos programas de controle de qualidade implantados pelo poder público.
- d. Identificação das experiências existentes, em área urbana, de inserção de sistemas de aquecimento solar de água na moradia de interesse social no Brasil.
- e. Estudo de caso – Inserção de sistemas de aquecimento solar de água nas moradias das populações de baixa renda - Projeto Sapucaias (MG). Diagnóstico desenvolvido através da aplicação de questionário (entrevista) para verificar o comportamento, a satisfação das populações e a economia de energia elétrica com a tecnologia.

1.2 Estrutura da tese

A tese foi organizada em cinco capítulos a seguir expostos. No primeiro capítulo foi feita a presente introdução. No segundo capítulo foram pesquisadas as ações de fomento para o uso de sistemas de aquecimento solar de água em alguns países com experiências relevantes, investigando-se os condicionantes que tem determinado a disseminação destas tecnologias nos segmentos residenciais. O estudo abrange também as primeiras experiências mundiais realizadas e os fatores que levaram a uma rápida disseminação em alguns países, seguida da diminuição de uso e substituição da energia solar por outras fontes energéticas.

No terceiro capítulo foi realizada uma investigação sobre as ações que os diversos agentes brasileiros envolvidos para a uso de sistemas de aquecimento solar de água realizaram ao longo das últimas décadas, a fim de que fosse implantada uma política pública voltada para a sua disseminação. A pesquisa é direcionada para a verificação de ações de inserção de sistemas termossolares voltados para os segmentos sociais urbanos brasileiros com baixo poder aquisitivo, caracterizado neste estudo como segmento de interesse social. O objetivo foi o de verificar como a inserção da tecnologia solar para o aquecimento de água para o banho é vista pelos órgãos de

planejamento governamental e quais os fatores que determinam as possíveis barreiras ou fomentos.

No quarto capítulo é apresentada uma investigação sobre a evolução das atividades dos setores industriais, desde as primeiras manifestações de industrialização de tecnologias termossolares até mais recentemente, com o desenvolvimento de um mercado nacional regulamentado por ensaios e normas brasileiras e internacionais, que atestam a eficiência energética dos equipamentos. Foram identificadas as diversas tecnologias termossolares produzidas para o aquecimento de pequenas quantidades de água, que constituem equipamentos econômicos e competitivos para a inserção em moradias de interesse social e quais as suas eficiências energéticas. Foi realizada uma investigação sobre que tipos de coletores solares os fabricantes brasileiros produzem e o que informam ao consumidor final, através da Internet e folhetos de divulgação. O intuito foi o de avaliar o atual estágio de desenvolvimento da tecnologia termossolar nacional e da infra-estrutura industrial existente. A pesquisa foi realizada com o apoio da informação disponível *on line*, visto não ter havido retorno às solicitações de informações enviadas a todos os fabricantes que participam de programas governamentais de regulamentação de equipamentos termossolares. Por fim, foram abordados os trabalhos sobre relação custo-benefício já realizados pelas instituições de pesquisas em energia solar.

No quinto capítulo foram identificadas as experiências nacionais realizadas para os segmentos populares, com a inserção de sistemas de aquecimento solar de água. Foi investigada a primeira experiência em área urbana em que o poder público foi o agente implementador e financiador, e o privado, o executor. Tomado como estudo de caso, o aprofundamento teve como objetivo verificar o comportamento dos usuários deste segmento social com relação à nova tecnologia de aquecimento de água para o banho, ainda inédita no Brasil quanto à instalação em núcleo residencial unifamiliar urbano de baixa renda. Os problemas e os benefícios (economias alcançadas) com a substituição do chuveiro elétrico pela nova fonte de energia (o sol) foram estudados para que pudessem ser detectadas as barreiras que existem para a disseminação desta tecnologia no setor residencial de interesse social.

No capítulo seis são apresentadas as considerações finais, envolvendo todas as demais que determinaram a situação verificada.

Capítulo 2

Ações estratégicas mundiais para o uso do aquecimento termossolar

As sociedades, as cidades, as comunidades, as instituições, seus modelos políticos formam subsistemas que compõem um ecossistema maior, que inclui as populações biológicas e os geossistemas. A intervenção na complexidade dessas estruturas supõe um conhecimento aprofundado para permitir a definição de ações, além de elaborar políticas e diretrizes para poder lidar com elas (Folledo, 2000). O desenvolvimento tecnológico do século XX levou a humanidade a produzir e utilizar a energia de forma a ultrapassar os limites do equilíbrio dessas estruturas. A dependência de nossa sociedade em relação à energia fóssil era de 87,7% ao final de 2003 (Pereira, J.T.V., 2004) e, segundo projeção da EIA, será de 87% em 2025 (EIA, 2005a). Isso evidencia a forma de desenvolvimento da sociedade contemporânea que traz como efeito uma crescente concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, capaz de interferir no equilíbrio climático do planeta, com impactos importantes sobre o meio ambiente e a saúde humana.

Os efeitos negativos para o homem e o meio ambiente têm sido reconhecidos nos documentos elaborados a partir da década de 1980, quando a acidificação e a emissão de gases de efeito estufa passaram a ser relacionados com as emissões poluentes, provenientes das fontes de energias fósseis: petróleo¹, carvão, gás, entre outros. Os governos passaram a reconhecer que a mudança climática poderia por em perigo os fundamentos da vida na terra, o da produtividade da terra e oceanos, a proteção frente à expansão de epidemias e a segurança da humanidade frente

¹ A emissão do dióxido de enxofre (SO₂) na queima de combustível fóssil é de 85%; do dióxido de carbono (CO₂) é de 75%; de material particulado é de 35%; de resíduos de óleos no oceano é de 60%. Fonte: Holdrem, 1990 apud UNDP, 2000. Disponível em: <http://www.undp.org/seed/energy/index.html> Acessado em set 2000.

aos estragos produzidos pela agressão ao equilíbrio dos fluxos naturais (WHO – OMS, 1999a; UNDP, 2000a). No entanto, é a ação do próprio homem que está a por em perigo a vida humana e de todas as plantas e animais domesticados ao longo da história da humanidade. Quando a intervenção humana acabar, pela destruição da espécie, a natureza (a vida) encontrará novamente um outro equilíbrio (Pereira, J.T.V., 2004).

Em diversos países do mundo, os sistemas termossolares têm sido usados como uma das estratégias para diminuir a dependência da eletricidade gerada a partir dos combustíveis fósseis. O uso de recursos solares, ao mesmo tempo, tem tido a função de integrar ações para a formação de uma consciência ambiental mundial, que promove e busca por mudanças de comportamento no uso de fontes energéticas que provocam impactos agressivos ao meio ambiente. Embora muitos países que adotam esta tecnologia se integrem ao bloco dos países industrializados (com elevados Índices de Desenvolvimento Humano – IDH), os que enfrentam situações de penúria devido ao seu baixo desenvolvimento sócio-econômico, têm experimentado ganhos com a exploração de seus potenciais solarimétricos para realizar a substituição das fontes convencionais de eletricidade (termoeletricidade, hidreletricidade, nuclear, entre outras) no aquecimento da para água para fins sanitários.

O capítulo a seguir tem a função de recolher as principais ações desenvolvidas nos países americanos, europeus e asiáticos para fomentar o uso da conversão termossolar em substituição à eletricidade, e analisar a conjuntura sócio-econômico que, ao mesmo tempo, tem impulsionado e criado barreiras para a sua disseminação. As dificuldades enfrentadas são relevantes, pois servem para o enriquecimento do conhecimento e para a elaboração de atuações integradas às novas situações culturais, climáticas, estruturais e conjunturais. Do processo reflexivo sobre o comportamento das variáveis e o entendimento das suas características se elabora o *feedback* necessário, capaz de gerar potenciais soluções, adequadas para as novas estruturas sociais e ambientais, e todas as suas intrínsecas particularidades e complexidades.

O diagrama a seguir mostra a metodologia adotada no capítulo, o da identificação das principais estratégias adotadas por seis mercados distintos, o da União Européia (Grécia), Israel, Turquia, Índia e China, para que as quatro áreas de interações e conhecimento: Tecnologia –

Indústria – Usuário e Estado estabelecessem uma sincronia de objetivos, mecanismos e ações para a disseminação de sistemas termossolares nos respectivos países.

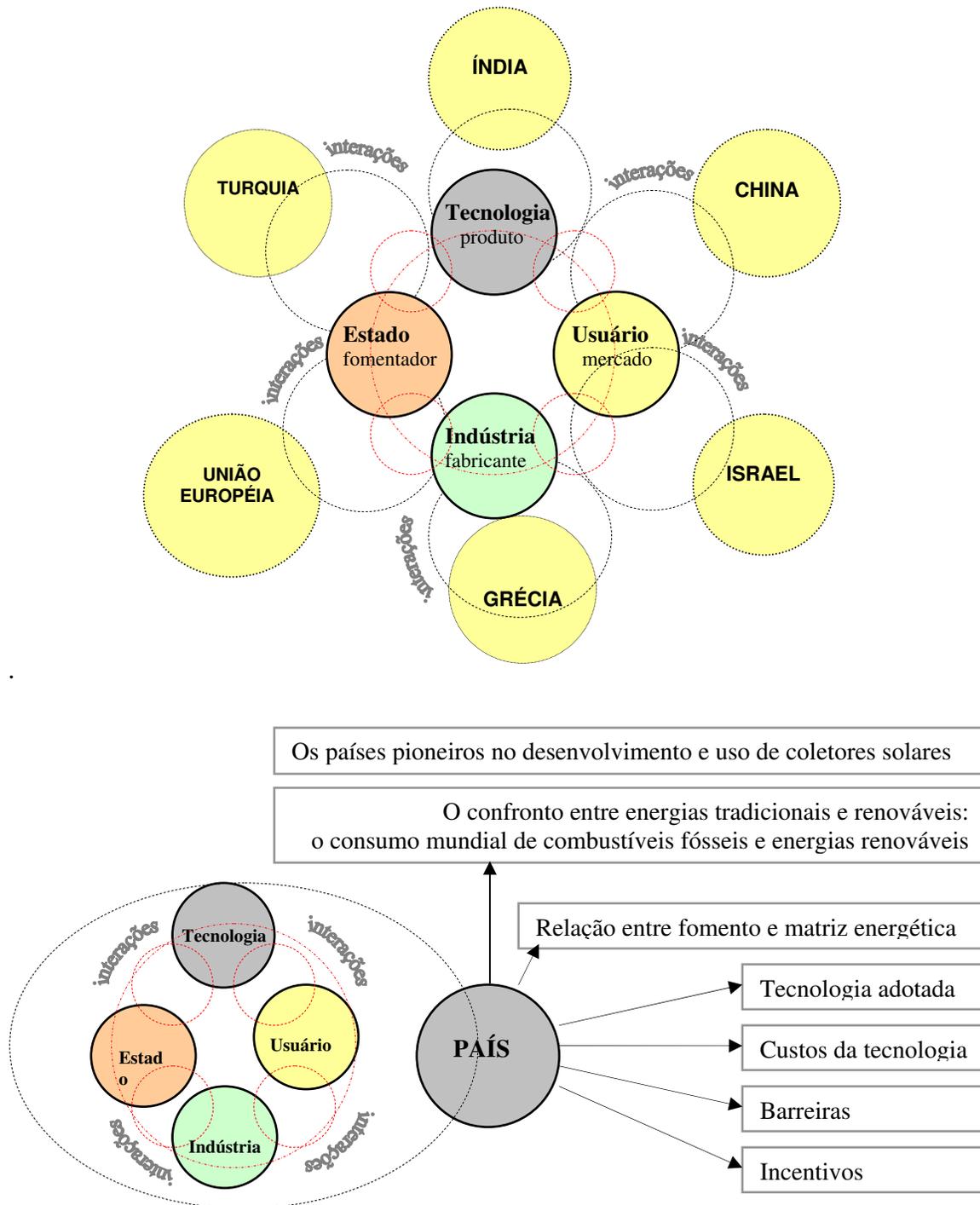


Figura 2.1 Metodologia adotada: países e mercados com experiências relevantes e as investigações realizadas para estabelecer as estratégias adotadas para a disseminação dos sistemas termossolares. Elaborada pela autora.

2.1 A habitação e a energia do sol

A história mostra que Ésquilo, em 525-456 a.C., Xenofonte, em 430-352 a.C., e Aristóteles, em 384-322 a.C., já se referiam aos princípios de uso solar na arquitetura. Através da memória escrita e escavações arqueológicas realizadas foi constatado que o aproveitamento da energia solar para melhorar a habitabilidade provém dos gregos. Para gerar calor em suas casas era freqüente o uso de fornos a lenha e braseiros que consumiam carvão vegetal (Rosenfeld, 1993).

A partir do século V a.C., a lenha e o carvão se tornaram escassos. A falta de dispositivos para o aquecimento fez com que o controle solar começasse a ser difundido com os princípios básicos em que hoje é conhecido como soluções bioclimáticas. Os cuidados com o posicionamento das moradias em relação ao sol, com a direção dos ventos frios, com o sombreamento das áreas quentes, com a posição de janela e pátios abertos, e as paredes de adobe com 40 a 50 cm de espessura mostravam a preocupação com o controle do conforto. Pisos de terra eram usados para reter o calor e com muros de adobe se obtinham áreas de sombra. Com as casas voltadas para o sul (as fachadas maiores e com maiores aberturas estão voltadas para o sul no hemisfério Norte, e no hemisfério Sul, ao contrário) e desníveis dos tetos, os ambientes recebiam o sol no inverno (Rosenfeld, 1993).

O arquiteto Vitrúvio², que viveu neste período, ressaltava a correta orientação com que deveriam ser construídas as *villas* e as edificações. Deveriam ser otimizados para a exposição solar de toda a estrutura e os diversos métodos de acumulação de calor, com privilégio para as habitações usadas no inverno. As escavações de Pompéia, Herculano e outras cidades mostraram o uso de vidro para o efeito estufa e o de pisos construídos especialmente para absorver energia. O uso de pilastras, com vidros conformando amplas câmaras, e o posicionamento das áreas voltadas para o sol, foram algumas das estratégias de condicionamento usadas para aperfeiçoar a calefação interior (Rosenfeld, 1993).

² A tradução completa do livro do arquiteto romano Vitruvius – *De Architectura Libri Decem* (Dez Livros de Arquitetura) para o português ocorreu quatrocentos anos depois da primeira edição espanhola em 1583. E quase quinhentos anos depois da primeira edição em italiano em 1521. O livro de Vitruvius é considerado a maior obra da arquitetura da antiguidade clássica que sobreviveu até a Renascença. Foi editada e traduzida do italiano para a língua portuguesa, em 2002, pela Editora Hucitec/Annablume com o nome: *Da Arquitetura*. Fonte: Polião, 2002.

O reconhecimento de que as habitações deveriam ser diferentes para climas distintos, e igualmente diferenciados para cada país, é constatado nos escritos do arquiteto Vitruvius:

“... eles estarão, pois corretamente dispostos se, antes de mais nada, for observado para que direções estarão voltados ou em quais climas do mundo serão construídos. Com efeito, de uma forma no Egito, de outra na Hispânia, não da mesma no Ponto, diferentemente em Roma, e assim para as demais particularidades de terras e regiões, é necessário que se construam diferentes gêneros de edificações...”. Polião (2002, p. 143)

No século II d.C. a calefação solar converteu-se em uma prática comum. O direito ao sol passou a fazer parte dos direitos dos cidadãos e tornou-se um delito civil a sua obstrução. No código Justiniano, do século VI d.C., foi incorporada a seguinte lei: *“Se um objeto é localizado em forma tal que tire os raios solares de um Heliocaminus³, será afirmado que este objeto cria uma sombra num lugar onde a radiação solar é absolutamente necessária. Isto viola o direito do Heliocaminus a ter sol”* (Rosenfeld, 1993).

A partir do século XVII, na Europa, o vidro passou a ser usado para criar grandes espaços, climatizados naturalmente, que se converteram em locais de passagem e encontros sociais, semelhantes ao que são hoje os grandes centros de lazer urbano (*shoppings centers*). O aproveitamento dos recursos solares na habitação aos poucos passou a ser entendido como um condicionante decisivo para o bem estar e saúde humanos.

2.2 O pioneirismo dos EUA, Japão, Austrália e Israel

Os estudos dos efeitos da radiação solar em duas caixas fechadas com vidro, realizados por Horace de Saussure em 1760 (suíço naturalizado nos EUA), constituíram-se nas pesquisas pioneiras para a criação do primeiro protótipo de coletor solar: um reservatório de metal pintado de preto e exposto ao sol (Perlin, 2005). Já final do século XIX, nos EUA, ele passou a ser usado para o aquecimento de água nos povoados do sul da Califórnia, pois ali se concentrava a maioria da população, sem que existisse o gás ou a eletricidade. A disponibilidade destes energéticos só ocorria nas grandes cidades e por um preço muito alto. O aquecimento da água dos povoados se

³ *Heliocaminus* era um tipo de residência aquecida pelo sol.

fazia nos fogões das cozinhas, por serpentina, em pesados recipientes. No verão, o calor tornava estas áreas insuportáveis. Com a radiação abundante surgiu, ali, a idéia de aquecer a água por meio do sol. Aparecem, assim, os primeiros aquecedores solares de água em tanques pintados de preto. Com 30 litros de água, nos finais de tarde, era possível se obter uma temperatura de 40°C (Rosenfeld, 1993).

Em 1891 Clarence Kemp, em Mariland (EUA), usando dos princípios da caixa de vidro, melhorou a eficiência do sistema com a introdução de uma caixa de pinho, isolada com feltro e coberta com vidro, conectadas a tanques de ferro pintados de preto. O invento foi patentado e chamado de *Clímax Solar-Water Heater*. Tinha então capacidade de 30 litros e poderia ser colocado no teto, de forma inclinada e com tanques horizontais. Foi o primeiro coletor vendido comercialmente (Figura 2.2), custava 25 dólares, equivalentes a 175 dólares de 1978. Em 1911 já havia mais de doze inventos patentados, baseados no Clímax (Rosenfeld, 1993; Perlin, 2005).



Figura 2.2 Estudos de Saussure em 1760. No centro, o primeiro protótipo. À direita o primeiro coletor, patentado por Kemp, já colocado para venda comercial em 1891. Fonte: Perlin, 2005.

Em 1909, William J. Bailey patenteou uma solução que revolucionou os negócios. Ele separou o sistema em duas partes: a que era exposta ao sol (tubos de metal pintados de preto, inseridos em uma caixa coberta de vidro), da outra, em que se fazia o armazenamento da água quente, resguardando-o do resfriamento da noite. O equipamento chamado *de Day and Night Solar Hot Water Heater*, dividido em coletor e tanque, já era galvanizado e isolado termicamente. Entre 1909 e 1918, a empresa de Bailey vendeu em torno de 4.000 equipamentos (Perlin, 2005).

Os coletores foram, cada vez mais, sendo aperfeiçoados, suas patentes vendidas e os novos proprietários constantemente substituindo os materiais perecíveis por outros de maior eficiência.

Durante a 1ª Guerra Mundial haviam 600 equipamentos vendidos. Em 1932 o produto foi modificado. Os dutos galvanizados foram trocados por cobre, tornando-se mais eficientes. Devido a incentivos federais, os coletores tornaram-se competitivos frente aos outros aquecedores, a ponto de existirem, na época, dez grandes empresas fabricantes (Rosenfeld, 1993).

Entre os anos de 1920 e 1930, a introdução do uso do gás para o aquecimento de água em Los Angeles (EUA) terminou com a indústria de coletores solares. Novamente Bailey inovou e patenteou uma solução, agora com o uso do gás: criou o *Day and Night Gas Water Heater*. Vendeu a patente do *Day and Night Solar Hot Water Heater* para uma empresa na Flórida, onde era mais barato aquecer a água com coletores solares do que pagar o preço do óleo, do carvão ou da madeira. O alto preço dos energéticos, combinado com o clima tropical e a efervescência dos negócios na Flórida e Califórnia, foram os fatores responsáveis pela criação de um grande mercado para os sistemas termossolares nessas regiões (Perlin, 2005).



Figura 2.3 Coletor solar em residência datada de 1896. No centro, residência na Califórnia, em 1911, com o *Clímax Solar-Water Heater* colocado na varanda da moradia. À direita coletores que eram instalados na Califórnia, entre 1920 e 1940. Fonte: Perlin, 2005.

Entre 1935 e 1941 havia em Miami tantos coletores quanto aquecedores elétricos, entre 15.000 e 30.000 equipamentos solares instalados em hotéis, escolas, hospitais e fábricas. A história relata que 80% das novas residências eram equipadas com aquecedores solares de água quente. Com a II Guerra Mundial, a proibição do uso civil do cobre, o subsídio e a instalação gratuita de aquecedores elétricos e a gás paralisaram abruptamente a indústria solar. Nos finais dos anos 1950 a falta de competitividade com os equipamentos elétricos fez com que as empresas que haviam voltado ao mercado ficassem apenas com a função de manter e reparar os

equipamentos existentes (Rosenfeld, 1993). Hoje, o mercado nos EUA se concentra no uso de coletores abertos⁴ para aquecimento de piscinas.

No Japão na década de 1950, ao contrário dos EUA, onde havia abundância de energia, o aquecimento da água era feito com a queima da palha do arroz, que, no entanto, se constituía em alimento fundamental para o gado e fertilizante para as áreas agrícolas. O surgimento de um coletor solar muito simples, comercializado por uma empresa japonesa após a II Guerra Mundial, permitiu a substituição imediata da forma de aquecer a água para o banho. Somente na década de 1960 100.000 unidades foram instaladas no Japão. Por volta de 1969 um coletor solar plástico, mais caro que o anterior e semelhante aos princípios do velho coletor *Clímax*, foi desenvolvido e instalado em mais de 4 milhões de moradias japoneses (Perlin, 2005).

A partir de 1960 o acesso do Japão ao combustível fóssil, abundante e barato vindo do Oriente Médio, provocou o mesmo impacto que na Califórnia e Flórida, a competição faliu a indústria de coletores japoneses. Com o embargo do petróleo, em 1973, a indústria se reergueu e passou a vender anualmente mais de 100 mil sistemas termossolares. Com o segundo choque do petróleo, em 1979, as vendas passaram para meio milhão de coletores anuais, e no ano subsequente chegaram a um milhão, já com uma tecnologia semelhante ao do *Clímax*, de Bailey. A partir de 1985, com a estabilização dos preços do petróleo, as vendas caíram para 250 mil unidades anuais (Perlin, 2005). Nos últimos cinco anos as maiores fábricas foram fechadas. A produção entre 1975 e 1987, que tinha sido de 7 milhões de metros quadrados, caiu para aproximadamente 310 mil m², em 2001. O declínio aconteceu, também, em função da retirada em 1997 dos subsídios dados aos equipamentos termossolares para a área residencial. Hoje só as grandes instalações públicas ou comerciais recebem subvenção. Mesmo assim o mercado é direcionado em 90% para o segmento unifamiliar, com 15% das moradias equipadas com coletores solares. É estimado que mais de dez milhões de moradias japonesas possuam, ainda hoje, coletores solares (ESTIF, 2003).

⁴ Esta tecnologia foi desenvolvida por Freeman Ford (EUA). Consiste no uso de um plástico de baixo custo, com dutos estreitos por onde circula a água (baixa temperatura 27 °C) e age como o coletor solar. O reservatório é a própria piscina.

Na Austrália, os coletores foram desenvolvidos na década de 1940, para atender regiões remotas, onde se tornava muito caro o uso da eletricidade. Uma tecnologia pioneira foi desenvolvida por *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization – CSIRO*, para se adequar às latitudes tropicais do norte da Austrália. Na década de 1960 diversas indústrias se estabeleceram para atender o mercado interno. As tecnologias envolviam refinamentos quanto ao uso do sistema termossifão e de coletores padronizados para a instalação em moradias (ESTIF, 2003). O grande impulso ao uso de coletores na Austrália se deu, no entanto, no período dos dois choques do preço do petróleo (1973-1979), variando de região para região, com os preços dos energéticos novamente competindo com os sistemas termossolares. Nas regiões do norte, onde a geração da eletricidade vinha do petróleo com preço alto, o incremento do uso de coletores solares foi de 40% a 50%. Na Austrália ocidental, onde a geração era feita pelo carvão existente no local, o uso chegou a 15%. Nos estados orientais mais povoados o índice foi de apenas 5%. A partir de 1980 o gás natural passou a ser canalizado e o mercado solar começou a estagnar. As indústrias começaram a fechar, uma a uma. A produção anual em 2001 foi de 155 mil m², dos quais 80 mil m² foram exportados. A principal indústria australiana, uma pioneira no desenvolvimento de coletores, desde então tem 50% de sua produção voltada para a exportação, abrangendo 70 países (ESTIF, 2004; Perlin, 2005).

O estado de Israel é outro país pioneiro no desenvolvimento de coletores solares. Como em outros países do pós-guerra, a falta de energia obrigava ao racionamento de eletricidade. Em 1953, Levi Yissar, baseado nos coletores produzidos na Califórnia, criou o primeiro protótipo para ser usado em Israel. Em 1960, os preços baixos do petróleo vindo do Irã baixaram os da geração de eletricidade e as novas tarifas ofertadas desestimularam a compra de coletores. Por volta de 1967, somente vinte casas tinham água quente aquecida através dos sistemas termossolares. Em 1973, com o bloqueio do petróleo, o governo passou a investir no uso de recursos solares. Mesmo com a baixa dos preços em 1980, o governo obrigou a instalação de aquecedores solares. Em 1983, 60% da população usava coletores solares. Hoje estes índices são da ordem de 80% a 90% (Perlin, 2005).



Figura 2.4 O primeiro coletor desenvolvido em Israel, em 1953. No centro, coletores nos telhados da casas japonesas, usados entre 1960 e 1970. À direita, os coletores criados em 1970 na Austrália, cujo design compacto diminuiu os custos. Fonte: Perlin, 2005.

As investigações com a energia solar na habitação, no entanto, já vinham desde 1938 merecendo estudos precursores no Massachusetts Institute of Technology – MIT, nos EUA. As pesquisas iniciaram com uma série de protótipos chamados de estruturas solares: MIT House I, II, III e IV. Durante a década de 60, vários sistemas de estruturas solares foram construídos e testados experimentalmente. A partir de 1970, o resultado das pesquisas desenvolvidas com os coletores passou para a indústria, que inicia a produção em escala comercial, tanto de sistemas que usam o ar como fluido, como os líquidos, para o transporte de calor. Ao mesmo tempo em que a arquitetura solar incorporava as novas tecnologias de aquecimento, este novo conceito de habitação passou a ser construído e difundido nos EUA, Canadá, Austrália, Japão, Israel, Grécia, Egito, Índia, México e em toda a Europa (Szokolay, 1978).

Szokolay em 1975, com a publicação de *Solar Energy and Building*, e Shurcliff em 1978, com *Solar Heater Building of North America e World Solar Architecture* iniciaram a compilação de uma variedade de construções onde a arquitetura também é utilizada como elemento definidor da conservação de energia e satisfação do homem. Os coletores solares já participavam das estruturas arquitetônicas compondo com elas as novas soluções pelo melhor aproveitamento das energias renováveis.

Em 1978 o Massachusetts Institute of Technology (MIT) retomou os estudos das casas solares, com a inovação de materiais com novas propriedades termo-físicas (MIT House V). A

partir de 2002 as pesquisas novamente voltaram a ser impulsionadas, com a elaboração do projeto do MIT House VI. A nova concepção envolveu o uso de diversos componentes construtivos, semitransparentes e opacos, com a função da obtenção de aquecimento, através de painéis solares, a geração de energia elétrica, com painéis fotovoltaicos. O objetivo do projeto agora com uma nova variável, a busca da diminuição do tempo de retorno do investimento. Os estudos ainda se encontram em fase de investigação (Magnoli, 2002).

2.3 As estratégias para o uso de sistemas termossolares

Energia e desenvolvimento estabelecem um vínculo estreito, representando oferta de serviços para o bem estar do ser humano e para a movimentação da produção. Os limites de disponibilidade de energia, com o uso intensivo dos energéticos fósseis (incrementado pelas atividades industriais), a previsão da diminuição dos estoques de recursos naturais, a degradação ambiental, os problemas de saúde decorrente de contaminações e poluição dos mares e cidades e os baixos Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) de uma grande parcela da população mundial, refletem alguns dos problemas do modelo de desenvolvimento que os países industrializados adotaram a partir da revolução industrial. Para reduzir a demanda de energia é necessário aumentar a produtividade e racionalizar seu consumo. As estruturas econômicas da sociedade mundial, criadas de forma a depender dos países industrializados e dos produtores de energia e matérias primas, se encontram numa situação de ter que assumir estratégias inovadoras para tornar este elo menos frágil (Scheer, 2002).

As projeções de consumo mundial de energias primárias previstas pelo *Energy Information Administration – EIA* para 2015 e 2025, por regiões geo-econômicas estão mostradas na Figura 2.5. Os maiores crescimentos estão previstos para as economias emergentes – 3,2%, com crescimento de 3,5%, na Ásia, e 2,3%, na América Central e do Sul. Nas *economias de mercado maduro* o consumo crescerá a uma taxa de 1,1%, e nas em transição, 1,6%. Neste cenário, as energias renováveis participariam com um percentual de 2%. A previsão de consumo de energias primárias é de 50% maior do que hoje. Embora o crescimento anual global, de 1,7%, esteja abaixo das últimas três décadas, de 2%, o incremento mundial anual do combustível fóssil continuaria dominando o fornecimento primário total de energia, com uma participação de 80%.

Somente o petróleo e o gás natural seriam responsáveis por 60% deste incremento. A previsão para o consumo de gás natural seria de dobrar até 2030, projetados para atender o rápido crescimento do desenvolvimento da América do Sul, África e Ásia (EIA, 2005c).

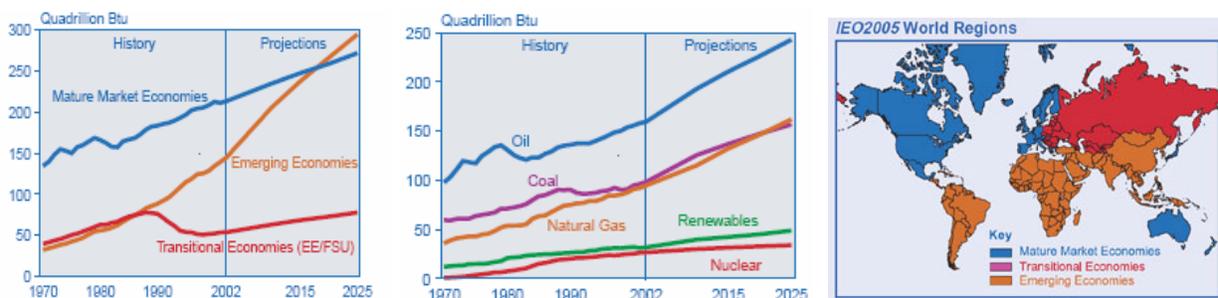


Figura 2.5 O mercado mundial de consumo de energia primária por região e por fonte: histórico e projeção 1970 a 2025. Figura à direita: As regiões geo-econômicas: *economia de mercado maduro* (países desenvolvidos): EUA, Canadá, México, Japão, Europa Ocidental, Austrália, Nova Zelândia, *economias emergentes* (países em desenvolvimento): Ásia Emergente [China, Índia, Coreia do Sul, outra Ásia] Oriente Médio, África, América Central e América do Sul, Brasil), e *economias em transição* (países subdesenvolvidos): União Soviética, Europa Oriental. Fonte: EIA, 2005c.

As reservas e produção da cadeia de combustíveis fósseis estão distribuídas por países hoje considerados política e militarmente estratégicos. As jazidas de petróleo, descobertas com intenso emprego de equipamentos e recursos financeiros, encontram-se nos Estados Unidos e México, Argentina e Venezuela, no Mar do Norte, no Cáucaso, na Nigéria, Somália, China, Indonésia e na Península arábica. O Oriente Médio detém cerca de dois terços das reservas petrolíferas mundiais comprovadas. O tamanho das reservas, juntamente com o baixo custo de produção,⁵ garante que essa região continuará a desempenhar um papel importante no mercado energético mundial (Scheer, 2002).

Os novos cenários que estão sendo feitos pelo EIA para o *Outlook* de 2006 (Figura 2.6), caso os membros da *Organization of the Petroleum Exporting Countries – OPEC* - não incrementem a sua produção, é de que o preço do barril de petróleo seja de US\$ 56,97 em 2030

⁵ O custo técnico do barril de petróleo na Arábia Saudita é de US\$ 1; nos campos terrestres da costa leste dos EUA é de US\$ 12; no Brasil varia de US\$ 8 na Bacia de Campos, para US\$ 18, nas bacias terrestres da Bahia. Fonte: Oliveira, 2002.

(EIA, 2005a). Este cenário, no entanto, prevê que existam reserva de petróleo e gás para o consumo previsto, e que os maiores produtores, o Oriente Médio e a África do Sul, tenham interesse em incrementar enormemente seus investimentos na exploração para dobrar a capacidade atual de produção e obter os preços previstos pelo EIA (Shindler e Zittei, 2005).

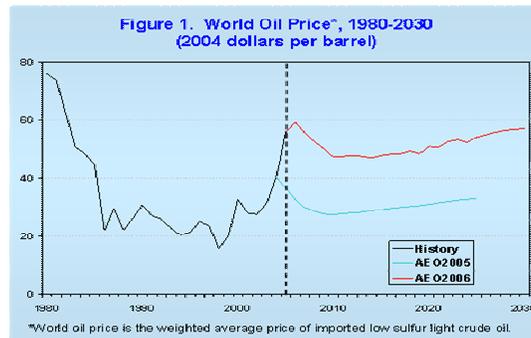


Figura 2.6 Histórico do preço do petróleo:1980 a 2004 e cenário: 2030. Fonte: EIA, 2005a.

Os países que possuem carvão em grande quantidade e podem exportar são os EUA, África do Sul, Canadá, Rússia e Polônia. Outros possuem reservas que permitem atender apenas às suas demandas internas. O Japão é o maior importador, absorvendo um quarto da extração mundial. Na União Européia, os principais importadores são Bélgica, Holanda, Dinamarca, França, Itália e Espanha. Quanto ao gás natural, é encontrado principalmente na Rússia, na região Cáspia, no Irã e na Argélia (Scheer, 2002).

No cenário previsto pelo EIA, o carvão em 2025 representaria 22% de todas as energias necessárias, incrementando as economias asiáticas. Somente China e Índia seriam responsáveis pelo incremento da demanda de 68%, entre 2002 e 2030. As energias renováveis, incluindo a geotérmica, solar e eólicas, teriam um grande crescimento em relação a outras fontes, mas ainda representariam apenas 2% da demanda de energia primária (EIA, 2005c).

Quanto à eletricidade, a previsão é de que haja um crescimento médio de consumo por região de 4,0% nas *economias emergentes*, 3,1% nas *economias em transição* e 1,5% nas *economias de mercado maduro*. A China e Índia que eram responsáveis em 2002 pelo percentual de 37% do consumo de eletricidade das economias emergentes, em 2025 alcançarão o percentual de 43%, incrementado pelo crescimento populacional e urbanização. Para o Oriente Médio,

África, América Central e do Sul está projetado um incremento de 44% de consumo. O crescimento de consumo de eletricidade seria de 4,8% na China; 4,3% na Índia e 4,0% no Brasil; 3,7% na África; 1,8% nos EUA e 0,8 no Japão (Figura 2.7).

O consumo de energia no setor residencial (excluídos os transportes) está mostrado na Figura 2.8. As *economias de mercado maduro* continuarão com o seu atual padrão de consumo: México com crescimento de 3,2% e EUA, com 1,6%. Nas economias emergentes, novamente a China incrementará o consumo residencial em 7,8% até 2015 e 5,6% até 2025. Para a União Soviética e Europa Oriental está previsto duplicar o seu consumo atual com incremento de gás natural e petróleo (EIA, 2005c).

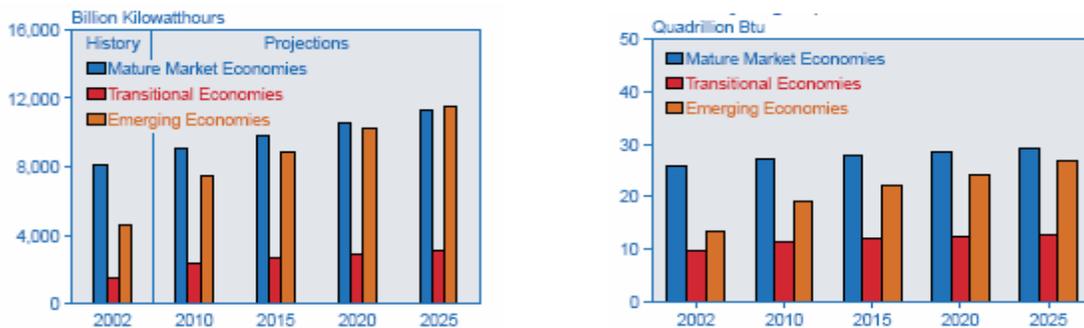


Figura 2.7 O consumo de eletricidade por região: projeção para 2025. Fonte: EIA, 2005c.

Figura 2.8 O consumo de energia no setor residencial por região: projeção para 2025. Fonte: EIA, 2005c.

Cenário feito por Pereira, J. T. V. (2004) para simular dependência da energia fóssil em 2025, tendo como base as projeções da IEA (2004), mas com um cenário extremamente otimista em relação às energias renováveis, concluiu que a dependência da energia fóssil em 2025 será de 53%. O cenário otimista em relação às energias renováveis considerou a possibilidade de dobrar a produção de hidreletricidade (referência 2003), obter energia elétrica a partir dos ventos em quantidade igual à da hidreletricidade, substituir 10% da energia fóssil estimada para 2025 por energia de biomassa e manter a produção de energia nuclear no nível previsto pela IEA. Essa produção de biomassa demandaria uma área de $2,76 \cdot 10^8$ ha, o que equivale a 32% do território brasileiro. O autor reflete sobre a necessidade de investimentos em tecnologias e equipamentos eficientes, e sobre o estabelecimento de padrões de consumo para uma sociedade menos energo-intensiva dentro de modelo de demanda e desenvolvimento capazes de serem sustentáveis.

Tabela 2.1 Cenário de energia produzida com a cana de açúcar no Brasil- 2003-2025.

		Brasil	Mundo	Mundo	Mundo	Mundo
Energia fóssil substituída		100%	100%	100%	10%	10%
	unidades	2003	2003	2025	2003	2025
	toe	$1,09 \cdot 10^8$	$8,55 \cdot 10^9$	$1,24 \cdot 10^9$	$8,55 \cdot 10^8$	$1,24 \cdot 10^9$
	kJ	$4,70 \cdot 10^{15}$	$3,69 \cdot 10^{17}$	$5,37 \cdot 10^{17}$	$3,69 \cdot 10^{16}$	$5,37 \cdot 10^{16}$
Área plantada Brasil	ha	$2,42 \cdot 10^7$	$1,90 \cdot 10^9$	$2,76 \cdot 10^9$	$1,90 \cdot 10^8$	$2,76 \cdot 10^8$
	%	2,8%	222,4%	323,4%	22,2%	32,3%

Área do Brasil: $8,55 \cdot 10^8$ ha : 8.547.000 km². Fonte: Pereira, J. T. V., 2004.

Estimativas baseadas em decisões que estimulem o incremento da eficiência energética e a expansão dos sistemas energéticos com recursos renováveis estão mostradas na Figura 2.9. O crescimento dos serviços de energia e o incremento da demanda mundial teriam uma significativa redução por medidas de eficiência energética, em torno de 30%, por volta de 2050, ao mesmo tempo em que 50% do suprimento seriam assegurados pelas energias renováveis. Dentro desta perspectiva, parte da população mundial, que hoje não tem acesso à energia, estaria integrada a um mercado de energia gerado por recursos renováveis (Renewables-GTZ, 2004).

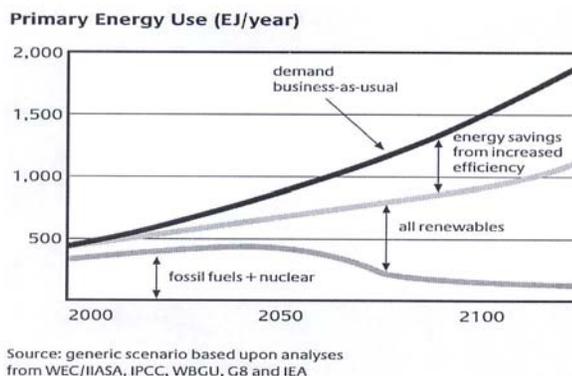


Figura 2.9 Cenário do consumo de energia primária com o incremento das energias renováveis. Fonte: Renewables-GTZ, 2004.

O cenário, visto como ambicioso pela *International Conference for Renewable Energies-2004*, ocorrida em junho de 2004 na Alemanha, mostra a possibilidade de mudanças e reversão das atuais demandas e consumos apoiados na cadeia de recursos fósseis, se houver esforços para o incremento de ações tecnológicas na área de pesquisa e desenvolvimento, e de incentivos que envolvam toda a cadeia de difusão das energias renováveis. As prioridades apontadas nos anais da Conferência incluem linhas de ação que abrangem: o incremento de tecnologias para a conversão das energias renováveis, armazenagem, transmissão; a estabilidade tecnológica em

toda a cadeia e seus efeitos na distribuição e uso; a estruturação de sistemas institucionais, políticos e econômicos e de regulações para os sistemas energéticos renováveis em todos os níveis: locais, nacionais, regionais e mundiais; a liberalização da geração, distribuição e cadeia de otimização; e a elaboração de metodologias para o planejamento de diretrizes de atuação e de financiamentos (Renewables-GTZ, 2004).

No que se refere especificamente à energia termossolar, a mesma ela tem sido desenvolvida e implementada com mais intensidade nos países em que se verifica a existência do amadurecimento da consciência ambiental e a visão estratégica da necessidade imediata da redução da dependência dos combustíveis fósseis - petróleo, carvão, gás e da energia nuclear. As estratégias ficam demarcadas, entretanto, pelo confronto entre preços dos energéticos tradicionais, em que não são contabilizadas às externalidades ambientais, e o preço dos energéticos novos, que fazem uso do aproveitamento das fontes renováveis de energia, como a dos ventos, das marés, da biomassa e a do sol, e que na maioria dos países ainda possuem um baixo índice de experiência tecnológica.

Existem três tipos de tecnologias já utilizadas mundialmente para o aquecimento de água com o uso dos recursos solares:

- a. Coletores de placa e tubo metálico (coletores cobertos ou fechados ou coletores de placa plana - *flat plate collectors ou glazed collector*, já referido no Capítulo 2) Usados para o aquecimento de água para fins sanitários. Alcançam temperaturas em torno de 90°C.
- b. Coletores de material plástico ou polimérico (coletores abertos - *unglazed collector*) Geralmente usados para aquecimento da água de piscinas. Alcançam temperatura até 30°C;
- c. Coletores de tubos evacuados (*Evacuated tube collectors ou Vacuum collector*). São de 3 tipos: Tubo de calor, Tubo em U e Termossifão tubular. Usados para gerar calor de processo para fins industriais ou aquecimento de água para fins sanitários, principalmente em climas com baixas temperaturas. Alcançam temperaturas maiores do que 250°C.

Os coletores de placa plana são os mais disseminados mundialmente para o uso de moradias familiares que necessitam pequenos volumes de água, de 200 a 300 litros (funcionamento através de termossifão). O seu dimensionamento está ligado à produção anual específica de energia da

tecnologia, às variáveis ligadas ao potencial solarimétrico de cada país ou região, e a relação custo-benefício para a adoção do tamanho típico (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 Área típica dos coletores de placa plana em alguns países

País	Área típica	País	Área típica
China, Espanha	1,5 a 2 m ²	Itália, Portugal, Turquia	4 m ²
Grécia	2,4 m ²	Dinamarca, Alemanha, Irlanda	4 a 6 m ²
Japão	2 a 3 m ²	Áustria	6 m ²
Índia e Brasil	2 a 4 m ²	Suécia	10 m ²

Tabela organizada pela autora. Fonte: ESTIF, 2003.

Os preços dos sistemas termossolares típicos também dependem de uma série de variáveis, desde as climáticas até o da sua economia de escala. Na União Européia (EU) os preços na Alemanha são 6 vezes maiores que os verificados na Grécia (Tabela 2.3). A China produz o sistema termossolar de menor valor (placa de 2 m² e reservatório de 180 litros), em torno de US\$ 321. Entre 1998 e 2001 o governo chinês instalou aproximadamente 6 milhões de metros quadrados de coletores planos (ESTIF, 2003). No Brasil, o sistema termossolar que começou a ser produzido nos últimos dois anos custa em torno de US\$ 476 (2m² e 200 litros).

Tabela 2.3 Custo dos sistemas termossolares típicos em alguns países

País	Preço	País	Preço
China	US\$ 321 (2m ²)	Grécia	US\$ 794 (2,4 m ²)
Índia	US\$ 468 (2m ²)	Japão	US\$ 2283 (4m ²)
Brasil	US\$ 476 (2m ²)	Turquia	US\$ 1059 (4m ²)
Espanha	US\$ 546 (1,52m ²) – US\$1560	Portugal	US\$ 3517
Israel	US\$ 662 (2m ²)	Alemanha	US\$ 5.046

Tabela organizada pela autora. Fonte: ESTIF, 2003.

Os coletores de tubos evacuados possuem reduzidas perdas térmicas mesmo operando com temperaturas elevadas, mas seu custo é alto nos países industrializados quando comparado com as tecnologias tradicionais. É pouco disseminado na maioria dos países. Na Áustria, a participação é de apenas 1,7%; no Japão, 2%. A instalação mais expressiva se dá na Alemanha (entre 1995 e 2001), com 540 mil metros quadrados, representando uma participação de 17,5% em relação aos tradicionais.

Na Alemanha, um sistema típico de coletor de placa plana com área de 5 m² (reservatório de 300 litros, para 4 pessoas) alcança uma produção média anual de energia de 485 kWh/m². Essa média para os coletores de tubos evacuados, sobe para 585 kWh/m². O preço de 4 a 6 m² de coletor plano se equipara a 3 a 4 m² de um coletor com tubos evacuados, alcançando o valor de US\$ 5.347⁶. A China, no período compreendido entre 1996 a 2001, instalou aproximadamente 14,4 milhões de metros quadrados de coletores de tubos evacuados, com preço do sistema (2 m² e 180 litros) em torno de US\$ 482 (ESTIF, 2003).

A percentagem de redução de custo para cada duplicação de uma tecnologia, chamado de índice de aprendizado, tende a aumentar quando o número de produtores se expande e os preços começam a diminuir. Um alto percentual de índice de aprendizado significa a maturidade da tecnologia. O equilíbrio do conhecimento, domínio técnico e produção em escala, promovem a baixa dos custos, o que permite que a sociedade tenha acesso à nova tecnologia (Geller, 2003).

Em relação aos sistemas termossolares, se houver aumento da eficiência térmica, poderá ocorrer, também, a redução da massa por unidade de área do produto, e menor será o custo (Lima, 1981). O desenvolvimento da automação dos processos também conduz à produção em escala e diminuição de custos. O domínio técnico passa a ser, neste caso, um fator determinante para elevar o índice de aprendizado.

Os índices de aprendizados estão relacionados também aos locais onde são desenvolvidas e implantadas estas tecnologias. Os índices de aprendizado relacionados às energias renováveis se situam na faixa dos 20%. Por exemplo, o combustível etanol produzido no Brasil, no período compreendido entre 1979 a 1995, possui um índice de aprendizagem de 20%; os painéis fotovoltaicos, nos EUA e Japão (1981-1995), têm um índice de 20%; na Europa (1985-1995) chega a 35%. Para a energia eólica na Dinamarca (1982-1997) é de 8%; na Califórnia (1980-1994) é de 18%. Para as lâmpadas fluorescentes compactas nos EUA (1992-1998) é de 16% (Geller, 2003).

⁶ US\$ 674 são subsidiados pelo governo alemão; US\$ 1200 (22%) representa a instalação do sistema. Fonte: ESTIF, 2003.

A quantificação do uso dos sistemas termossolares pode ser feito por diversos critérios: área dos coletores instalados; relação entre área de coletores para cada 1000 habitantes; ou produção anual específica de energia. A Figura 2.10 mostra os países que possuem as maiores áreas instaladas, desde as fases iniciais da implantação das tecnologias até as datas atuais.

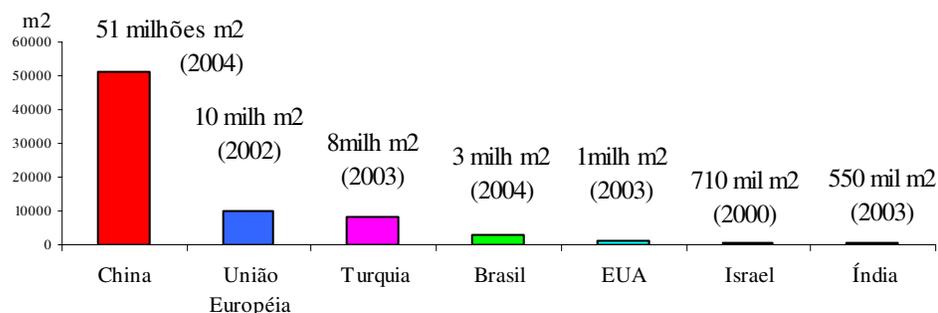


Figura 2.10 Mercados que possuem as maiores instalações de coletores, até a data especificada.

Fonte: ESTIF, 2003; EIA, 2005d; ABRAVA, 2005c.

A Figura 2.11 mostra o uso do aquecimento termossolar por metro quadrado de coletores, para cada 1000 habitantes, em diversos países. Estão incluídos nesta relação somente os coletores usados para aquecimento da água e do aquecimento do ar ambiente dos diversos setores essencial, comercial e industrial. Não estão incluídos coletores para piscinas.

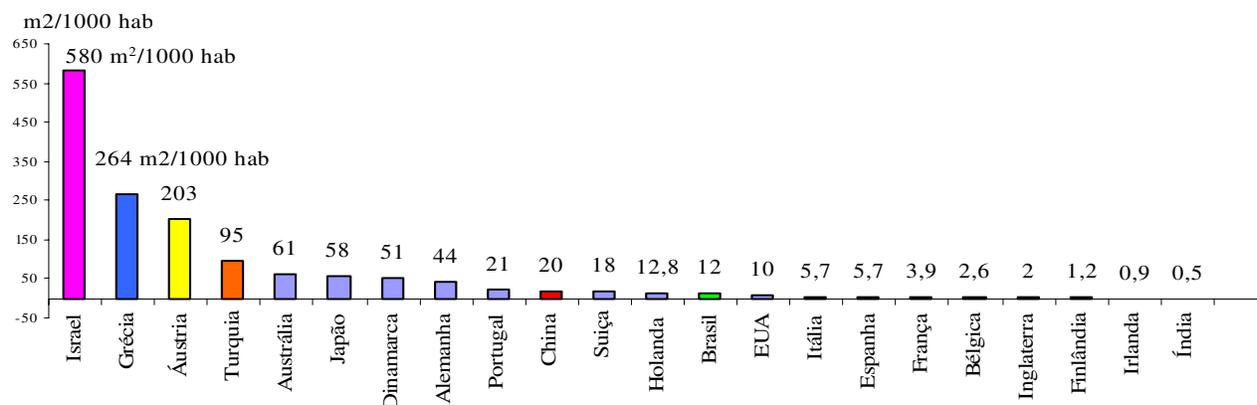


Figura 2.11 A instalação de sistemas termossolares no mercado mundial, até 2003, por metro quadrado, para cada 1000 habitantes. Fonte: ESTIF, 2003; Abrava, 2005c.

Quando se usa como parâmetro de comparação a razão entre a área de coletores e a população existente, os mercados onde os sistemas termossolares possuem mais penetração são

os de Israel, Grécia, Áustria e Austrália. Israel possui o maior índice, 580 m²/1000 hab; 80% das moradias israelenses possuem aquecedores solares. A Grécia tem metade deste índice, de 264 m²/1000 hab, mas é o país com a estratégia mais bem sucedida de disseminação entre os países que compõem a União Européia. A seguir está a Áustria com 203m²/1000 hab. A Turquia aparece com um índice alto, da ordem de 95m²/1000 hab, para um país com uma população de 292 milhões de habitantes.

Na América Latina, o Brasil é o país que se destaca, com um índice de 12 m²/1000 hab (ABRAVA-Procobre, 2004). No Peru a experiência mais significativa está concentrada em uma única cidade, Arequipa. Os sistemas termossolares são instalados no setor residencial de alta renda, representando 94% do mercado nacional. A produção de 2003 foi estimada em 5.400 m² (25 mil equipamentos). As principais dificuldades para a disseminação da energia termossolar no Peru foram estudadas recentemente por Salcedo, em 2004. As mais significativas são: o desconhecimento do recurso solar do país; a falta de conhecimento tecnológico e de laboratórios para o conhecimento do desempenho dos equipamentos; a falta de apoio institucional; a inexistência de incentivos fiscais e econômicos para financiamentos. Tais fatos resultam em uma indústria incipiente, com a cadeia sucessiva de qualidade, instalação, serviços e confiança, extremamente precários (Salcedo, 2004).

Nos Estados Unidos, a participação dos coletores abertos para a piscina representa 97% do mercado⁷. Aproximadamente 6% são exportados, principalmente para o Canadá (34,3%), Brasil (28,8%) e México (15,0%), e 26% importados de Israel (EIA, 2005b). A participação mais efetiva dos coletores planos (fechados) no mercado aconteceu a partir do segundo choque do petróleo, entre 1981 e 1984, com a instalação de aproximadamente 4 milhões de m². A diminuição de incentivos fez com que, nos últimos anos, a produção média de 100.000 m², em 1986, caísse para 25.000 m², em 2001 (ESTIF, 2003).

Na União Européia os esforços para o fomento à energia termossolar envolveram um estudo minucioso dos principais mercados mundiais existentes e de suas potencialidades,

⁷ Em 2004 foram instalados 13,6 milhões de m² (97%) em piscinas. 91% voltados para o setor residencial..

publicado em 23 de maio de 2003, pelo *European Solar Thermal Industry Federation*⁸ - ESTIF. O documento *Sun in Action II* mostra as estratégias e as barreiras que foram identificadas, até aquela data, para o crescimento do mercado solar térmico nos países que compõem a União Européia⁹. As suas ações relevantes e de países com estratégias para a disseminação do aquecimento solar e com significativos índices de instalação no setor residencial, como Grécia, Israel, Turquia, Índia e China, também serão abordadas a seguir.

2.3.1 As ações de fomento na União Européia

A União Européia¹⁰ – UE- desde maio de 2004 é composta por 25 países membros, com uma população que representa 7,2% da mundial. É 2,6 vezes maior que a do Brasil. A China e a Índia são os países com maior número de habitantes a nível mundial (Figura 2.12).

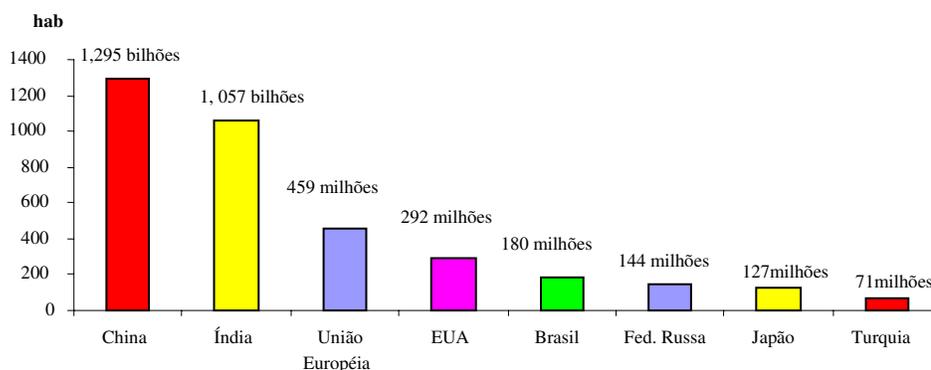


Figura 2.12 População da UE em comparação com outros países, em 2004.

Fonte: Eurostat, 2004; IBGE, 2006.

O PIB da UE foi de US\$ 13.317 bilhões em 2003, com a Alemanha (21,9%), Inglaterra (16,3%), França (16,0%) e Itália (13,4%), responsáveis por 2/3 deste total (juntos possuem 57% da população da UE). Em 2004 o crescimento do PIB na UE foi de 2,4%; na Latvia foi de 7,7%; na Polônia foi de 6,1% (no Brasil foi de 4,9%; na China foi de 9,5%). A principal troca comercial da UE se dá com os EUA (importa 17,3% e exposta 26,0%) e China (importa 11,0% e exporta 4,7%). A expectativa de vida da mulher na UE é de 81,1 anos (a mais baixa é na Latvia: 76,8

⁸ Trata-se da Federação das Indústrias Européias de Aquecimento Solar. Possui sua sede em Bruxelas, na Bélgica. Até o ano de 2002 era chamado de Active Solar Thermal Industry Group (ASTIG). Referências encontradas na Internet: www.estif.org Acesso: julho de 2003.

⁹ A União Européia era composta por 15 países. A partir de 1 de maio de 2004, 10 países periféricos foram incorporados ao seu bloco geopolítico.

¹⁰ Os países da EU mais populosos são: Alemanha (82,5 milhões de hab), França (61,7 milhões hab), Inglaterra (59,7 milhões hab), Itália (57,9 milhões), Espanha (42,3 milhões hab) e Grécia (11 milhões hab). Os mais populosos da nova adesão são: Polônia (38,1 milhões hab) Czech (10,2 milhões hab) e Hungria (10,1 milhões hab). Fonte: Eurostat, 2004.

anos) e do homem 74,8 anos (a mais baixa é na Estônia: 65,2 anos). Em 2003, 66,4% da população, entre 25 e 64 anos, possuíam a educação secundária (Eurostat, 2004; IBGE, 2005a; CRI, 2005).

Os mais populosos países da UE possuem suas energias primárias vindas em mais de 80% de recursos fósseis. A Alemanha (2002) possuía seu consumo baseado em 84,5% nas fontes fósseis (petróleo, carvão e gás), 12,7% na energia nuclear e 2,8% nas energias renováveis. A França (1999) possui 42,1% das energias primárias vinda da energia nuclear, 50,8% das fontes fósseis e 7,2% das renováveis. A Itália (2000) importa 80% de seu consumo em energias fósseis (EREC, 2004). Em 2002 somente 12,7% da eletricidade consumida na UE vinha de fontes renováveis (hidrelétricas, eólica, solar, geotérmica, biomassa e resíduos). A Áustria e Suécia possuem os maiores percentuais de uso de energias renováveis, 66,0% e 46,9%, respectivamente. Mesmo antes da assinatura do Protocolo de Kioto a UE tinha que realizar uma redução de gases de efeito estufa de 8% em relação a 1990, para o período de 2008-2012. Em 2002 as emissões já tinham sido reduzidas em 3% (Eurostat, 2004).

Os sistemas termossolares na UE tiveram a sua disseminação fortemente reprimida na década de 80, pelos baixos preços da energia e pelos problemas decorrentes da qualidade dos equipamentos que até então vinham sendo produzidos, apesar do grande entusiasmo havido com a nova tecnologia entre os anos de 1970 e 1980. A partir da década de noventa, com o incremento de investimento, incentivos financeiros (em alguns países), a melhoria na qualidade dos produtos e suas instalações, propiciam um novo impulso ao mercado europeu (ESTIF, 2003).

Até 2001 a área instalada de coletores na UE era de 9,9 milhões de m², correspondendo a 26m² por habitante. O crescimento do mercado, na década de 1990, com os coletores planos (fechados) foi de 11,6% ao ano, representando um incremento anual de área instalada de 13,6%, somente no setor doméstico (inclui aquecimento de água e de ar ambiente). O total em operação até 2002 era de 10,7 milhões de m². A estimativa total de coletores instalados em 2003 foi de 15 milhões de metro quadrado (ESTIF, 2003).

Do consumo final de energia convencional da UE, 7% são abrangidos pelo aquecimento de água e 16% pelo aquecimento ambiental. Dos 220 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) consumidos em 2001, somente 0,15% (0,32 Mtep) foram economizados pela conversão termossolar. No entanto, o estudo realizado para o ESTIF apontava para um potencial técnico econômico de 15% de participação de consumo residencial convertidos pela energia termossolar (ESTIF, 2003).

A inserção e incentivo ao uso dos coletores na EU, mais do que as condições climáticas, está relacionado a um conjunto de situações e fatores determinados pelas características dos diversos segmentos de mercado. É no setor residencial que estão concentrados 90% do mercado de aquecimento termossolar: 80% para aquecimento de água; 10% para o aquecimento ambiental; os restantes 10% estão divididos entre os setores terciário e industrial, com processos de aquecimento em geral, aquecimento distrital, refrigeração, dessanilização, etc. (ESTIF, 2003).

É um mercado regulado por normas e padrões estabelecidos, equipamentos padronizados e grande diversidade de produtos comercialmente disponíveis. Embora os sistemas termossolares ainda não sejam percebidos como uma opção comum e apenas como uma possibilidade para ser investida no futuro, as diferentes estratégias adotadas por alguns países, como Alemanha, Grécia e Áustria, fizeram com que eles detivessem as mais altas taxas de área de coletores em operação até 2003. Os três países representam cerca de 80% da área total de coletores instalados na EU. Este percentual representa apenas 1% do potencial estimado (para os 15 países membros que até então compunham a UE em 2003) de 1,4 bilhões m² (ESTIF, 2003).

Quando se compara a utilização de energia térmica por fontes com outros fatores, ficam evidentes os interesses distintos dos países e o de suas forças econômicas dominantes, que os condicionam a estabelecer com maior ou menor sucesso políticas de estímulo ao uso das energias renováveis. A Tabela 2.4 mostra comparativamente dados da proporção de área instalada de coletores solares para cada 1000 habitantes de coletores solares; a energia térmica produzida; dióxido de carbono evitado; segmentos de uso; custo e área típica dos coletores nos países europeus onde houve uma maior disseminação. Estabelecendo uma comparação entre a relação da área de coletores com a população do país, os índices mostram que a Grécia detinha a

instalação de 264 m² para cada 1000 habitantes, a Áustria 203 m² /1000 hab e Alemanha 44 m² /1000 hab, enquanto a média europeia era de apenas 26 m²/1000 hab.

Tabela 2.4 Quadro comparativo dos países da EU com os melhores índices de inserção de sistemas termossolares -2002

Países	IDH* (classificação)	Área instalada m ² /1000 hab	Produção energia térmica MWh	CO ₂ evitado 2001	Mercado residencial %	Custo do sistema típico US\$/ m ²	Área típica m ²
GRÉCIA	24º lugar	264 m ²	1.083.000	1.191.000 t	99%	US\$ 331/m ²	2,4 m ²
ÁUSTRIA	14 °	203 m ²	733.855	216.500 t	-	915	6 m ²
DINAMARCA	17 °	55 m ²	115.037	-	80%	1.009	6 m ²
ALEMANHA	19 °	44 m ²	1.669.350	729.979 t	50%	900	5 m ²
PORTUGAL	26 °	21 m ²	127.538	127.538 t	67 %	879	4 m ²
FRANÇA	16 °	8 m ²	199.675	77.797 t	-	947- 1073	4,5 m ²
ITÁLIA	21 °	5,9 m ²	204.975	-	-	679	4 m ²

FONTE: ESTIF, 2003. Dólar abr 2003: R\$ 2,88.*IDH- Índice Desenvolvimento Humano (Alto:1-55; Médio: 56-141; Baixo: 142-177). Organizado pela autora.

Os mecanismos utilizados para a expansão dos sistemas termossolares na UE estão alicerçadas em duas diretrizes fundamentais: o desenvolvimento de um suporte público de financiamentos, regulações e campanhas, e o desenvolvimento da qualidade dos produtos e serviços oferecidos pela indústria.

O desenvolvimento do mercado de sistemas termossolares na maioria dos países da UE está baseado em grandes incentivos financeiros. A experiência realizada na Grécia mostrou um mercado que se consolidou com incentivos dados por um por determinado tempo, abrangendo uma parcela da população que possuía consciência crítica e ambiental para adotar o uso de coletores solares como a solução mais econômica. Os estudos feitos para o ESTIF, em 2003, evidenciam que, na presente situação, a abolição de tais incentivos levaria o mercado existente ao colapso.

Os benefícios econômicos do uso da energia termossolar na UE estão relacionados à redução de custos para o aquecimento, frente ao uso de combustíveis fósseis que são importados. O custo de manutenção dos equipamentos solares é bastante baixo frente aos sistemas convencionais de aquecimento, que utilizam combustíveis. Com o preço da energia estabelecido foi possível a criação de um significativo potencial de instalação de sistemas termossolares. O retorno do investimento fica em torno de 5 a 15 anos, com um ciclo de vida variando entre 20 a

25 anos. Para a associação dos fabricantes, este potencial se torna mais atrativo e racional se os preços da energia com combustíveis fósseis aumentarem ao longo do tempo, e se as políticas sociais e custos ambientais forem incluídos como externalidades no custo final (ESTIF, 2003).

O relatório feito para o ESTIF aponta como uma das barreiras o alto custo do investimento inicial nos sistemas termossolares, sendo que uma grande parte da comunidade não percebe as vantagens econômicas futuras. Alguns governos nacionais, regionais e municipais oferecem incentivos financeiros, buscando justificativa nos efeitos positivos, como o alto potencial com a economia de escala dos diferentes estágios, tanto na manufatura quanto na distribuição, publicidade e manutenção de custo.

A promoção da conscientização para o uso termossolar é entendida como uma ação fundamental para dar suporte ao crescimento do setor. A tecnologia, embora desfrute da imagem positiva de uso de energias renováveis, ainda não é adotada como uma solução padrão. O setor público nacional, regional ou municipal, em toda a UE, tem realizado campanhas publicitárias, mas poucas obtiveram sucesso como na Alemanha. As dirigidas para determinados segmentos de mercado e áreas geográficas apresentam resultados significativos, como é o caso do aquecimento de água doméstica em pequenas unidades residenciais de algumas regiões da Áustria, Grécia e sul da Alemanha e áreas específicas da Itália e França. Em vez de mostrar saturação, o desenvolvimento deste segmento de mercado mostrou altos níveis de novas instalações por habitante, em um curto período onde o mercado era inexistente. Hoje, Grécia e Israel são considerados como exemplos de mercados especializados que podem sustentar o setor termossolar, pois os sistemas termossolares são ofertados e distribuídos normalmente por instaladores de aquecimento, vendidos em grandes quantidades e, ainda, distribuídos por lojas de materiais de construção como parte da extensão de seus produtos padrões (ESTIF 2003).

A partir desses resultados concluiu-se que a maturidade da indústria é importante para alavancar o desenvolvimento do setor. Com mercados consolidados é possível realizar campanhas dirigidas aos segmentos específicos (alguns arquitetos europeus questionam o impacto estético dos equipamentos) e para o público em geral, criando-se uma consciência básica de que a energia termossolar é factível não somente nos países ensolarados do Mediterrâneo.

Quanto à questão do retorno de investimento, os analistas sugerem que sejam investidos esforços para a modificação do conceito de despesa. (ESTIF 2003).

A falta de motivação e conhecimento profissional sobre o aquecimento solar ainda é uma das grandes barreiras para o crescimento do mercado europeu. Em alguns países existem cursos oferecidos especialmente aos instaladores, mas a maioria ainda precisa ser convencida de que este esforço de aprendizagem possui um retorno econômico. Isto se dá particularmente e com significativa relevância nos segmentos residenciais, onde o profissional influencia nas decisões e oferece suas recomendações para o aquecimento da água. Para muitos, os equipamentos termossolares, além de ter uma demanda muito pequena, representam um sistema complexo e anti-econômico, e sua instalação significa somente um serviço extra, comparado à instalação dos sistemas convencionais (ESTIF, 2003).

O estudo realizado para a ESTIF recomendou que fossem realizados cursos de treinamento como forma de encorajá-los e, ao mesmo tempo, evitar a falta de instaladores, problema freqüente em certos países e responsável pela imagem negativa e pela redução do uso dos coletores solares. Se o instalador tem conhecimento e é estimulado a trabalhar ele poderá ser um ativo multiplicador, vencendo atitudes conservadoras frente à nova tecnologia. A opção de haver uma solução padrão bem integrada entre a área de aquecimento e o setor construtivo poderia resolver espontaneamente este problema (ESTIF, 2003).

Outra barreira que está sendo superada pelo setor termossolar foi o da qualidade e padronização. Em alguns países o mercado ainda se restabelece dos defeitos de instalação da fase inicial da tecnologia, entre as décadas de 1970 e 1980. A indústria, ao reconhecer o problema, passou a investir recursos para a sua superação. Com a criação do *European Standards* e do *Projeto Solar Keymark*, a partir de dezembro de 2001, os procedimentos de testes e certificação dos sistemas termossolares passaram a ter um reconhecimento mútuo dos resultados de institutos de ensaios de 11 países europeus, embora existam diversas padronizações e regulações peculiares a alguns países. Na prática, os requisitos técnicos aprovados por autoridades regionais ou nacionais passaram a garantir subsídios e incentivos financeiros para os equipamentos termossolares, estimulando a certificação. O importante para o crescimento de mercado solar era

que os subsídios estivessem em harmonia com os requisitos técnicos, não se constituindo em uma barreira ao seu desenvolvimento, mas uma garantia para o consumidor. Hoje, a funcionalidade dos equipamentos termossolares na UE é o resultado da qualidade de seus componentes (placa coletora, reservatório e conexões), da configuração e instalação do sistema como um todo, propiciadas pela padronização e certificações baseadas em padrões europeus (ESTIF 2003).

As barreiras, diretrizes e ações bem sucedidas na União Européia se consolidam pelos diversos fatores já apresentados, resumidas a seguir.

Barreiras:

- i. Alto investimento inicial e longo tempo de taxa de retorno;
- ii. Altos custos de instalação, incluindo a divulgação e os trabalhos de instalação, comparado com o aquecimento convencional;
- iii. Baixa consciência sobre os benefícios para o meio ambiente com a energia evitada;
- iv. Baixa consciência quanto às decisões do mercado para o investimento no aquecimento termossolar.

Diretrizes e ações de sucesso:

- i. Estabelecimento de incentivo financeiro para investimentos;
- ii. Regulação obrigatória (mandatória) para o mercado de energia termossolar (tendo como modelo a regulação de Barcelona¹¹);
- iii. Campanhas promocionais públicas para as energias termossolares, com o aumento da consciência geral sobre a energia evitada e o meio ambiente;
- iv. Expectativa para o aumento de preço dos combustíveis convencionais e seu impacto no aquecimento de água;
- v. Alta visibilidade de projetos demonstrativos, com autoridades públicas servindo como modelo;
- vi. Benefícios dos sistemas solares especificado por instaladores treinados que agem como multiplicadores;
- vii. Alta confiança nos equipamentos termossolares e reconhecimento da qualidade com etiquetagem;

¹¹ A regulação em Barcelona obriga a previsão de uso de energias renováveis nas novas construções, com a obrigação de instalações de água quente para o uso de sistemas termossolares. Fonte: ESTIF, 2003.

- viii. Benefício e aplicações dos produtos populares em pequenas residências (equipamentos para aquecimento de pequenos volumes de água), com explanação do sucesso da energia termossolar .

2.3.2 A geração termossolar na Grécia

Além do contexto geográfico e climático, os econômicos e sociais existentes são importantes para se entender os fatores que determinam a adoção de políticas públicas e o sucesso na sua implementação. As ações desenvolvidas na Grécia (membro da UE desde 1981) são analisadas a seguir, por ter sido o país que conseguiu estabelecer a melhor estratégia para a disseminação dos sistemas termossolares na UE. Embora a ESTIF já tivesse constatado em 2003 que alguns países, como Espanha, Itália e França têm um crescimento mais rápido, comparado com a Áustria, Grécia e Alemanha, que já estagnaram seus níveis de crescimento, a experiência deste pequeno país (menor que a região metropolitana de São Paulo) mostra a intensa atividade do setor, com a existência de 300 indústrias.

A Grécia possui uma população 11,1 milhões de habitantes (censo 2003), com 60% da população concentrada em centros urbanos, principalmente na grande região de Atenas. Das 2000 ilhas existentes, 200 são desabitadas. Na classificação do Índice de Desenvolvimento Humano ocupa o 24º lugar. Seu sistema político é o da democracia presidencialista. Possui 13 regiões administrativas, subdivididas em 51 prefeituras.

É considerado um país de risco para investimentos estrangeiros, devido, em parte, ao histórico de atentados terroristas (grupo terrorista de esquerda chamado “*November 17*”) ocorridos na década de 1970 contra empresas transnacionais. Alia-se a este fator o pequeno mercado doméstico, a precariedade das comunicações, da infra-estrutura de transporte, da distância dos outros mercados europeus e das altas taxas de impostos. O PIB *per capita* em 2002 era de 12.000 euros, correspondendo à 69% da média europeia. A média de crescimento anual, em 2002, foi de 4,1% (EREC, 2004).

Os pequenos estoques de óleo e gás existentes na Grécia foram rapidamente exauridos nos últimos 70 anos. O principal recurso energético local é o lignito. É o combustível responsável pela geração de 70% da eletricidade consumida. A participação das fontes para a geração da eletricidade fica assim distribuída: 93,5% de origem fóssil, 5% de hidreletricidade, e 0,68% de outras fontes renováveis. O setor residencial, em 2001, foi responsável pelo consumo 31% da energia elétrica total gerada. Quanto ao consumo de gás natural o país passou a utilizá-lo de forma intensiva a partir de 1996, com importações feitas da Rússia e Argélia. Acrescido ao consumo de óleo e carvão, a dependência de importações era da ordem de 80% (EREC, 2004).

O mercado dos sistemas termossolares iniciou na Grécia há trinta anos, quando o aquecimento de água residencial era dominado pelo uso da energia elétrica. Como em outros países, a crise do petróleo estimulou o desenvolvimento de pesquisas para a substituição do uso dos combustíveis fósseis. Na década de 1970 uma grande campanha foi criada para alavancar a fase inicial do mercado de sistemas termossolares. Em 1978 foi criado na Grécia o *Greek Solar Industry Association-EBHE*, reunindo empresas que iniciaram a produção industrial desses sistemas. Entre 1984 e 1986 o governo subsidiou uma nova grande campanha publicitária na televisão e implementou ações de incentivos fiscais às indústrias. A produção, venda e instalação anual de 132.000 m² de coletores, em 1984, saltou para 218.000m², em 1986. Nesta época, a criação dos laboratórios *Demokritos Centre* e *Centre for Renewable Sources* se tornam os responsáveis pelo estabelecimento de normas e regulações. As empresas fabricantes se consolidam num mercado com produtos padronizados, embora ainda não exista a obrigação da certificação dos coletores (ESTIF, 2003).

Na Grécia, atualmente, os sistemas termossolares não têm subsídios. Seu maior competidor é o baixo preço do óleo combustível utilizado para produção de energia elétrica no país, mesmo que os preços do petróleo estejam em forte ascensão. Nos últimos anos, o preço da energia elétrica diminuiu 28%. Isto faz com que o aquecimento com eletricidade seja a opção mais vantajosa para o consumidor. Mesmo assim, pelo menos 25% das residências possuem coletores solares. A razão entre área de coletores e população do país é de 264 m²/1000 hab. Praticamente

todo o sistema de aquecimento solar é produzido pelas 300 indústrias gregas, que geram 3.000¹² empregos diretos. Há uma variedade de indústrias, desde as de “fundo de quintal”, até as automatizadas. Algumas produzem os componentes e outras montam o sistema. Como as margens de lucros são baixas, não há recursos para a introdução de inovações técnicas ou para financiamento de campanhas publicitárias. Atualmente o setor, sem subsídios, está restrito praticamente ao segmento doméstico (ESTIF, 2003).

Devido a grande competitividade entre a cadeia produtiva, os preços dos sistemas termossolares são bastante baixos, comparados com os países membros da União Européia. Os equipamentos existentes são padronizados permitindo facilidade de compra, de forma similar aos produtos tradicionais de aquecimento de água elétrica. São vendidos no varejo ou no atacado, com o marketing baseado na qualidade e no preço. A garantia mínima dada pelos fabricantes é de 5 anos, cobrindo o tempo de retorno do investimento. Alguns fazem promoções de vendas oferecendo garantias que vão de 10 a 30 anos. A satisfação do consumidor grego com o sistema é de 90%, o que reforça a substituição dos antigos aquecedores solares pelos novos.

A produção se concentra 99% para aquecimento de água doméstica, incluindo residências, apartamentos, pequenas pensões, escritórios, pequenos estabelecimentos comerciais e industriais. Praticamente em todas as instalações é usado o sistema termossifão¹³, com reservatórios horizontais ou verticais colocados junto à placa coletora, de 1,8m² a 4m², com volumes que variam entre 120 litros e 150 litros. Todos os sistemas são equipados com fluídos anticongelantes e possuem um aquecedor auxiliar elétrico. O *retrofit* para manutenção é menor do que 5%. Em 30% dos casos, os equipamentos são conectados com sistemas de aquecimento à gás ou óleo combustível (ESTIF, 2003).

A produção anual específica de energia dos coletores se situa entre 350 kWh/m² a 800 kWh/m², com uma fração solar¹⁴ maior do que 75%. O sistema típico para aquecimento de água

¹² 1200 pessoas envolvidas no setor de produção, venda e marketing, serviços financeiros, etc; 200 nos serviços de suprimento de materiais e serviços da produção; 1500 em vendas, planejamento, instalação manutenção; 100 em pesquisas, teste e consultoria. Fonte: ESTIF, 2003.

¹³ Nos sistemas termossifonados, a pequena diferença de densidade apresentada pela água com a variação da temperatura faz com que a água que foi aquecida na placa coletora suba, por diferença de densidade, até o reservatório. Por sua vez, a água do estrato inferior do reservatório retorna às placas coletoras, gerando uma circulação natural entre placas coletoras e reservatório.

¹⁴ A fração solar mede o índice anual de desempenho de um sistema de aquecimento solar. $F = \text{energia fornecida pelo sol} / \text{energia total demanda para o aquecimento}$. Se o equipamento está dimensionado para suprir uma demanda determinada com pouca energia auxiliar, a fração solar será alta. A eficiência do sistema é maior quanto maior for fração solar.

doméstica possui área de 2,4 m², reservatório de 150 litros, produção média de energia de 388 kWh/m².ano. O preço do sistema instalado (sem subsídios), no varejo, é da ordem de US\$ 794. Os custos ficam assim subdivididos: 33% gastos com materiais, 10% com a fabricação, 43% com promoção e despesas gerais, e 14% com a instalação, envolvendo materiais e o trabalho de montagem (ESTIF, 2003).

A ociosidade da capacidade de produção é menor do que 50%, para uma produção anual em torno de 250.000 m² de coletores e 55.000 reservatórios, de 120 a 220 litros. A partir de 1998 o mercado nacional começou a decrescer. Em 2001, mais de 40% da produção foi exportada pelos membros da associação de fabricantes-EBHE. A importação, muito pequena, em média de 5.000 m² anuais, é geralmente proveniente de Israel (ESTIF, 2003).

As razões apontadas por ESTIF para o sucesso da utilização dos sistemas termossolares na Grécia são atribuídas aos seguintes fatores, resumidos a seguir:

- i. A ação do poder público dando suporte na fase inicial da implantação dos sistemas termossolares com campanhas publicitárias e subsídios aos sistemas coletivos;
- ii. O envolvimento e dedicação individuais das empresas nos estágios iniciais;
- iii. Pequeno período de retorno do investimento nos sistemas termossolares, de 4 a 6 anos;
- iv. Condições climáticas favoráveis;
- v. A possibilidade de fácil instalação dos coletores solares nos telhados das edificações com sistemas de circulação natural (termossifão);
- vi. A facilidade de compra nas lojas, como se fosse qualquer outro aquecedor elétrico;
- vii. Conforto com o uso do sistema termossolar, sem que seja necessário um tempo de espera para o aquecimento da água.

2.3.3 A energia termossolar em Israel

O Estado de Israel é um país de imigrantes. Desde sua criação em 1948, sua população multiplicou por sete. Hoje possui 6,5 milhões de habitantes (censo 2003), com aproximadamente 91% vivendo em 200 centros urbanos¹⁵, e 5% da população vivendo em cooperativas agrícolas (*kibutz e o moshav*). Ocupa o 22º lugar na classificação do Índice de Desenvolvimento Humano

¹⁵ Jerusalém: 657,5 mil hab;Tel-Aviv: 354,4 mil hab;Haifa:270,5;Beer Sheva:172,9hab. Fonte:

(IDH). Está situado no Oriente Médio ao longo da costa oriental do mar Mediterrâneo. Tem 470 km de comprimento e mede 135 km em seu ponto mais largo. Possui uma área de 20.770 km². A incidência de irradiação solar anual é de 2.000 kWh/m² (5,5 kWh/m² por.dia) (Faiman, 2002). Na região sul existe uma condição de verão praticamente de 360 dias, e na região norte, de chuvas e frio, também durante todo o ano.

Israel depende inteiramente da importação de petróleo e carvão. Em 2001 o país necessitava o equivalente a 19,6 milhões de toneladas de petróleo, dos quais 60,9% eram supridos por petróleo e produtos derivados, 36,2% por carvão e 3% de energia solar. O preço da eletricidade em 2003 era de US\$ 0,108/kWh; do óleo combustível, US\$ 0,093/kWh; do GLP, US\$ 0,112/kWh (ESTIF, 2003).

Hoje, em Israel, 80% das moradias possuem coletores solares; 75% a 80% da produção anual é feita para a reposição (de forma voluntária) dos velhos coletores. A área total instalada até 2001 foi de 3,5 milhões m², com um percentual de 580m²/1000 hab (o dobro da Grécia). Não existem subsídios para os sistemas termossolares comercializados. Os existentes são dados, num percentual de 30% sobre o investimento, para projetos de demonstração de novas tecnologias (ESTIF, 2003).

O uso de coletores solares em Israel iniciou em 1950, como resultado de um trabalho pioneiro de Harry Tabor. Hoje, pesquisa e desenvolvimento estão concentrados no *Ben-Gurion National Solar Energy Center*, com o apoio do *Israel Metereological Service*, cujos projetos estabelecem medidas de insolação a partir de oito estações metereológicas posicionadas no *Neged Desert*. A regulamentação dos sistemas termossolares é realizada pelo *Standards Institution of Israel*, com uma série de normas que ajudaram na melhoria da qualidade dos equipamentos. A obrigatoriedade da produção de coletores com um mínimo de eficiência 43% e garantia de 5 anos obrigou os fabricantes a investirem em pesquisa e desenvolvimento.

A eficiência energética típica alcançada é de 51,4% a 62,3%. Os esforços para aumentar estes índices são considerados desproporcionais ao incremento no preço final da tecnologia e com vantagens muito pequenas para o consumidor. A regulamentação israelense proíbe a produção, importação, venda e uso de coletores e reservatórios que não estejam em conformidade com os

parâmetros estabelecidos pelo *SII*. Isto fez com que, em 2002, somente 15 indústrias (5 produzem reservatórios, 1 produz coletores e 9 produzem ambos) recebessem o selo de qualidade *Standards Mark* (ESTIF, 2003).

A alta competitividade com a implementação de modernos métodos de produção automatizada tem sido uma tendência na indústria israelense. O intenso controle sobre a qualidade dos sistemas fabricados contribuiu para a redução do número de indústrias. Em novembro de 2002 existiam 10 empresas¹⁶ envolvidas na produção de coletores solares, a maioria com produção manual, e 14 indústrias produzindo reservatórios, com sistemas automatizados ou semi-automatizados. Praticamente não existe importação de sistemas termossolares. A exportação é pequena e realizada para o mercado europeu (Grécia) e países africanos (ESTIF, 2003).

O típico sistema termossolar fabricado em Israel (Figura 2.13) possui um reservatório de 150 litros (também de 120 litros com placa 2,0 m², e 200 litros com placa de 2 x 1,5 m²), uma placa coletora de 2,5 m², funcionamento por termossifão, resistência elétrica auxiliar e eficiência anual média de 50% (Faiman, 2002). Nas placas coletoras são usadas tintas seletivas ou pintura preta. Para o isolamento térmico do tanque e coletor é usado o poliuretano expandido. O preço do sistema típico instalado é de US\$ 662 (ESTIF, 2003).



Figura 2.13 Coletores com reservatórios cilíndricos nos telhados de Telaviv¹⁷, em Israel. Fotos: Israelimages, 2004.

Os principais fatores para a difusão do uso dos sistemas termossolares em Israel estão resumidos a seguir:

¹⁶ 1200 pessoas envolvidas no setor de produção; 3.000 nas instalações e manutenção; 300 na comercialização e publicidade; 50 em pesquisas teste e consultoria. Total: 4.550 empregadas. Na Grécia são 3.000 empregados. Fonte: ESTIF, 2003.

¹⁷ Fotos: Israelimages, 2005. Disponível em: <http://www.israelimages.com/files/13642.htm>

- i. A necessidade de fazer economia de eletricidade, devido à total dependência dos combustíveis fósseis para a geração da energia do país;
- ii. Aproveitamento da abundância do recurso solar;
- iii. A regulação estabelecida a partir de 1980 obrigando a instalação de sistemas termossolares nos novos edifícios residenciais, com altura de até 27m;
- iv. A normatização dos equipamentos através de centros de controle tecnológico, assegurando eficiência mínima para produção e comercialização.

2.3.4 A geração termossolar na Turquia

A Turquia possui 71,2 milhões de habitantes, com 99,8% de muçulmanos (sunitas). Possui grandes disparidades regionais em seu desenvolvimento socioeconômico. Está colocada no 88º lugar na classificação mundial do IDH. A previsão do consumo de energia, devido ao rápido crescimento econômico e demográfico, é de duplicar entre 2000 e 2010, e quadruplicar entre 2000 e 2025. O país, em 2000, consumia 88% de energias provenientes de recursos fósseis e 12% provenientes de energias renováveis (a lenha participava com 54%, a hidreletricidade com 28%, o lixo com 14%, a geotermia com 3% e a solar com 1%). Gerava 26% da demanda de energias primárias e consumia 74%, tendo que importar o restante, principalmente com o petróleo. Possui grandes reservas de carvão, particularmente de lignina. Atualmente o gás natural tem sido introduzido na indústria, como parte dos esforços para diversificar as fontes de energia. (Kaygusuz, 2002; Hepbasli et al., 2004).

A emissão dos gases poluentes, medidos entre 1980 e 1999, segundo metodologia *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* – IPCC 1996, provinha do uso do combustível fóssil e, também, do uso da lenha. Em primeiro lugar estava o provindo do ciclo da produção da energia, depois o setor do transporte, o industrial e por fim o setor residencial. A emissão de CH₄, no entanto, possuía no setor residencial o seu mais alto percentual – 84% (Kaygusuz, 2002).

Em relação aos recursos solares, a Turquia possui uma média anual de radiação solar de 1303 kWh/m² (3,6 kWh/m² por dia), com aproximadamente 2640 h de insolação. As pesquisas com energia solar no país iniciaram em 1960. Na década de 1970, como nos demais países, a

tecnologia dos coletores solares passou a ser copiada de países mediterrâneos, como Grécia e Itália, e adaptada por pequenas indústrias artesanais, para atender o setor hoteleiro e residências de veraneio na região ocidental do país. A produção estimada, até 1985, foi de 1 milhão de m² (ESTIF,2003). Somente a partir de 1986, devido às turbulências econômicas, políticas e de falta de energia, é que os coletores solares passam a ser usados como solução para o aquecimento de água, mas restrito a este nicho turístico. Na década de 1990, a experiência negativa com a tecnologia e o incentivo ao aquecimento através da eletricidade fez com que declinasse o seu uso. A partir de 1996, novamente o setor termossolar teve um crescimento. Até 2000 haviam sido produzidos 3,2 milhões de unidades de coletores, do tipo placa plana coberta (Hepbasli et al., 2004).

Pesquisas do ESTIF (2003) mostram que a área instalada na Turquia, até 2001, foi de 8 milhões de m², o que dava ao país um índice de 95 m²/1000 hab, e uma capacidade estimada de produção de energia de 3.944.000 MWh (para uma eficiência média de 45% e uma radiação solar de 1.365 kWh/m².ano).

A média anual de instalação dos coletores é de 600 mil a 900 mil m². Na classificação mundial é o segundo país com maior área instalada, e o quarto na razão entre área e número de habitantes. Considerando uma área típica de 4 m², são 2 milhões de unidades instaladas. A previsão é de chegar até 2010 com uma instalação de 15 milhões de m², voltado principalmente para o segmento residencial.

O setor industrial é formado por aproximadamente doze indústrias de porte médio e pequeno, espalhadas pelas diversas áreas onde se formam os mercados (residencial e industrial) mais fortalecidos. As empresas maiores possuem em torno de 50 funcionários e, as menores, em torno de 5 a 10. A estimativa, em 2001, era de que o setor termossolar empregava entre 15.000 a 20.000 trabalhadores. Na Turquia, 10% da produção anual é exportada (ESTIF, 2003).

O *Solar Energy Institute of Ege University* é uma das instituições que tem procurado desenvolver as energias renováveis na Turquia, mas depende de recurso da área governamental ou da indústria. A certificação dos coletores é feita, principalmente, pelo uso da regulamentação nacional realizada pela *Turkish Standard* para coletores solares, realizadas em vários laboratórios institucionais nacionais. São produzidos dois tipos de tecnologias: a tradicional, de coletores de

placa planas (a água é aquecida nas placas e acumulada nos reservatórios, por meio de bombas ou termossifão), chamados de sistemas abertos (*open-loop*); e outra em que o coletor e o reservatório estão acoplados e o aquecimento da água se faz pela transferência de calor de um fluido circulante, chamados de sistemas fechados (*closed-loop*). A tecnologia tradicional produzida é de baixa eficiência e qualidade. A outra possui elevada eficiência térmica e maior preço. Embora o usuário não entenda a diferença, persiste o mercado do coletor tradicional com uma área típica para uso nas moradias de 4 m² (2 x 1,1m x 1,9m). O preço é aproximadamente de US\$ 1059 (ESTIF, 2003).

As barreiras existentes para uma maior disseminação no país foram investigadas no estudo realizado para o ESTIF, em 2003, e envolvem os aspectos ligados às questões institucionais, técnicas, de educação e culturais. Pesquisa e desenvolvimento somente são realizados pelas grandes indústrias. Embora existam estudos na universidade e instituições, raramente acontece a transferência de conhecimento e tecnologia para o setor produtivo. Como as questões econômicas do país impedem a aplicação de recursos em pesquisa e desenvolvimento, isto se reflete na falta de formação de pesquisadores, no aprimoramento e desenvolvimento de tecnologias, e conseqüentemente também na falta de informação e educação da população, que usa a energia solar para as necessidades básicas, mas com o desconhecimento dos seus reais benefícios (ESTIF, 2003).

2.3.5 A geração termossolar na Índia

A Índia é uma sociedade de civilização oriental, estratificada por costumes milenares, com numerosos idiomas e dialetos, desigualdades de gênero e classe, com grande disparidade de renda e propriedade, riqueza e pobreza, com grandes conflitos latentes oriundos das tensões religiosas e étnicas. É uma democracia parlamentar com tradição de luta anti-colonial, anti-racista, pacifista e desarmamentista (Guimarães, 1998). A Índia, depois da China, é segundo país mais populoso do mundo: 1,071 bilhões de habitantes. Está colocada no 127º lugar no classificação mundial do IDH. A expectativa de vida na Índia em relação ao EUA é 14 anos menor. A China e Índia são os países que possuem os mais altos índices de mortalidade infantil. A pobreza está concentrada principalmente nas áreas rurais. (UNDP, 2005b).

O país consome 3% da energia primária mundial. O consumo de energia *per capita* é baixo, 486 kg de petróleo equivalente, comparando com a média mundial de 1.650 kg de petróleo equivalente (ESTIF, 2003). O carvão é o principal recurso energético, contribui com 70% da produção de energia primária; o petróleo, 17%; o gás natural, 13%, as energias renováveis, 3%. Para assegurar o desenvolvimento do país, a importação de carvão e petróleo subiu de 7% para 16% ao ano. A energia requerida para 2012 está baseada em 75% no carvão, com previsão da exploração das reservas nacionais incorporando novas tecnologias como a do carvão gaseificado. As energias renováveis estão projetadas para participar com um percentual de 10% (ESTIF, 2003).

A Índia possui uma média diária de radiação solar de 4,5 a 6 kWh/m² (a Turquia possui 3,5 kWh/m²; Porto Alegre (Br) 4,45 kWh/m², Brasília (Br) 6,08 kWh/m²). A energia produzida estimada até 2001 foi de 313.500 MWh, com uma área instalada de 550.000 m² e um percentual de 0,5m²/1000 hab (ESTIF, 2003).

O incentivo ao uso da energia solar na Índia iniciou-se em 1982 com a criação do *Department of Non-Conventional Energy Sources - DNES* que coordenou um programa de subsídios para vencer a barreira inicial dos custos, e dar apoio aos projetos demonstrativos das tecnologias para alavancar o interesse no uso dos recursos solares. Devido ao baixo interesse que persistia no mercado, em 1987 foi criada a *Indian Renewable Energy Development Agency - IREDA* para cuidar de incentivo aos subsídios e financiamentos para projetos que envolviam todas as fontes renováveis de energia. O programa foi chamado de “*interest subsidy*”.

Em 1992, com a incorporação do DNES ao *Ministry of Non-conventional Energy Sources – MNES*, os esforços se somam em torno do incremento ao uso dos sistemas termossolares. O incentivo abrange desde o desenvolvimento de tecnologias, a padronização, controle de qualidade, financiamentos, criação de áreas especiais para os projeto demonstrativos, campanhas publicitárias para conscientização, incremento e reformas para o usos de sistemas termossolares, criação de cadeia de venda e serviços para o setor, etc. A popularidade dos sistemas permitiu que, em fins de 1994, os subsídios pudessem ser retirados, permanecendo ainda o de algumas taxas (ESTIF, 2003).

Existem 60 indústrias produzindo coletores de placa plana, com controle de qualidade feito pelo *Bureau of Indian Standards*. São aproximadamente 800 trabalhadores envolvidos no setor termossolar, cada indústria empregando em torno de 20 a 25 pessoas. Os coletores com tubos evacuados foram introduzidos recentemente, mas com a importação dos componentes e a montagem sendo realizada no país. A eficiência energética média típica dos coletores tradicionais é de 60%, operando numa temperatura entre 25 a 30°C e 55-60°C. O coletor típico tem 2m², reservatório de 100 litros e custa em torno de US\$ 468.

Ao contrário dos demais países, é na área comercial e industrial que se concentram 80% do mercado dos sistemas termossolares na Índia, com maior penetração na região sul do país, pois o clima exige seu uso entre 9 e 10 meses do ano. A região norte, devido às altas temperaturas, o uso entre 4 e 5 meses torna o investimento na tecnologia muito alto. A estimativa do governo indiano é de um potencial de uso de aquecedores de 140 milhões de m², cabendo ao segmento residencial um percentual de 50%. Existe a previsão de que até 2012 sejam instalados coletores em 1 milhão de moradias.

2.3.6 A geração termossolar na China

A República Popular da China (China) é uma sociedade de civilização oriental. Em 1949 possuía 541,67 milhões. Hoje possui a maior população mundial: 1,3 bilhões de habitantes, com 75% vivendo no meio rural (China-gov,2005). Está colocada no 94º lugar na classificação mundial do IDH. Depois dos EUA é o país com maior consumo de energia e, depois do Japão, o maior em consumo e importação de petróleo. Em 2004 a demanda foi de 6,5 milhão barris por dia. Para 2030 a demanda projetada pela *International Energy Agency –EIA 2005*, é de dobrar este consumo. Isto faz o país ter grande e decisiva influência nos mercados mundiais de petróleo. É o maior produtor e consumidor de carvão do mundo. Em 2003, 28% do consumo mundial foi demandado pelo país. A previsão do EIA para o período compreendido entre 2002 e 2030 é de que China e Índia sejam responsáveis pelo consumo de 68% da produção mundial de carvão (EIA, 2005b).

A China é líder mundial na produção e no uso de sistemas termossolares. Até 2005 a produção foi de 51 milhões de metros quadrados de coletores (a UE possui 10 milhões m²; o Brasil, 3 milhões m²; os EUA, 1 milhão m²; a Índia, 50 mil m²) (ESTIF, 2003). A previsão do governo era o de evitar o consumo de energia com a substituição pelos sistemas termossolares de 1,25 milhões de toneladas anuais de carvão, até o ano 2005, e de 2,7 milhões de toneladas até 2015 (EIA, 2005b).

Para entender o maior mercado mundial de uso dos recursos solares é necessário conhecer como o governo chinês alicerçou o seu desenvolvimento sócio-econômico para amenizar a demanda baseada na cadeia de recursos fósseis e projetar para 2030 a participação do uso das energias renováveis (solar fotovoltaico, termossolar, combustíveis de energias renováveis, eólica, biomassa) em 10 % de seu consumo.

Após a fundação da Nova China, em 1949, a China mudou a sua economia, com características semi-coloniais, e iniciou a estruturação de uma economia industrial. Em outubro de 1987, o 13º Congresso do Comitê Central do Partido Comunista da China formulou a estratégia de desenvolvimento da modernização. Dividiu em três fases e propôs as seguintes metas: até 1990, duplicar o PIB da China, a fim de resolver as questões fundamentais de sua população de alimentação e roupa; de 1991 a 2000, duplicar o PIB com base nos resultados de 1991, a fim de se alcançar um padrão de vida modestamente confortável; no século XXI, atingir o patamar de país medianamente desenvolvido (CRI, 2005).

Dez anos depois, em setembro de 1997, o 15º Congresso do Comitê Central definiu novas metas: colocar a China entre os dez países mais influentes do mundo, duplicar o PIB com base nos resultados econômicos de 2000, elevar a qualidade de vida da população, aperfeiçoar a estrutura da economia de mercado socialista; até 2020, impulsionar o desenvolvimento econômico nacional através do aperfeiçoamento de todos os sistemas produtivos, motivando a industrialização com o uso da informatização; até 2050, concretizar a sua modernização, tornando-se um país socialista poderoso (CRI, 2005).

Após o 16º Congresso, realizado em novembro de 2002, um novo enfoque foi dado às metas, agora com uma orientação voltada ao conceito científico do desenvolvimento, com

esforços para o fortalecimento do macro controle do crescimento econômico, principalmente na região do Leste (possui um crescimento acima do PIB nacional), incluindo a região litorânea do mar Bo, o delta do rio Yangtsé e o delta do rio das Pérolas (CRI, 2005).

Para alcançar tais metas, o governo chinês estruturou em 1992, 49 zonas especiais de desenvolvimento econômico e tecnológico (27 nas regiões costeiras do leste e 22 no centro oeste do país), e mais 53 com infraestrua e padrões para absorver os investimetnos internacionais e desenvolver uma indústria de alta tecnologia. Hoje, mais de 400 mil empresas estrangeiras estão instaladas nestes pólos, incluindo as 500 maiores multinacionais mundiais. O fluxo de investimentos internacionais em 2004 foi de US\$ 57 bilhões, ainda acima de 2003. O crescimento industrial anual alcançado pela China entre 1979 a 2004 ficou em torno de 10%, com as indústrias de alta tecnologia, as nucleares e aeroespaciais registrando uma grande expansão. O PIB de 2005 foi de 9,9%. Hoje a indústria chinesa produz satélites, aviões, navios, carros, etc. Em outubro de 2005 colocou em órbita sua primeira nave espacial tripulada (Peapledaily, 2005).

O modelo de desenvolvimento adotado, com empresas privatizadas e públicas, além de áreas industrializadas pelo capital internacional, fez com que algumas regiões alcançassem os benefícios da modernização mais rapidamente do que outras. Hoje existe uma preocupação de destinar mais recursos humanos, financeiros e materiais para os setores mais atrasados, com ênfase nos problemas relacionados à questões do meio rural e da agricultura.

Segundo relatórios do *World Health Organization* (WHO, 2005b), sete das dez cidades que mais poluem o meio ambiente estão na China. Em função das contradições entre a oferta de energia, desenvolvimento sócio econômico e as questões ambientais o governo chinês tem tomado decisões para minorar as suas conseqüências. A previsão é de que o PIB de 2004, de 9,5%, passe a ser controlado e seja reduzido para 7,8% em 2006. Existem esforços para elevar a eficiência energética de toda a cadeia produtiva, com incentivos para a exploração e aplicação de altas tecnologias que possam economizar recursos energéticos e eliminar de maneira obrigatória instalações e produtos que consumam muita energia (CRI, 2005).

O governo, ao definir mais claramente os critérios, metas e medidas para a economia de energia, tem recusado vários investimentos estrangeiros. A partir dos novos conceitos de

crescimento econômico, equidade social e desenvolvimento com respeito às questões ambientais – chamado PIB verde – as grandes cidades (Shanghai, Beijing, Guangdong , Fujian e Shenzhen) passaram a adotar no *Guia de Rentabilidade das Indústrias*, para a avaliação de suas indústrias, além dos índices de produção, índices em relação aos recursos, uso de terra, proteção do ambiente e inovação tecnológica. As empresas com altos gastos energéticos, grandes ocupações de terra e poluição têm sido fechadas (CRI, 2005).

Durante muitos anos, as principais fontes de energia para aquecimento de água na China foram carvão e petróleo. A falta de infra-estrutura de gás natural e eletricidade para aquecimento de água fizeram com que os sistemas termossolares tenham sido adotados como a alternativa mais econômica para suprir as exigências de higiene da população. Com a introdução de metas de redução da poluição ambiental, os sistemas antigos estão sendo eliminados e substituídos, através de incentivos políticos de popularização do aquecimento termossolar. Não existem subsídios do governo chinês.

A produção anual de coletores é de 8 milhões de m², com exportações feitas para o Japão, Alemanha, Sudeste da Ásia e UE. Aproximadamente 75% dos sistemas são instalados em moradias situadas em áreas rurais (províncias). O Ministério da Construção do governo chinês construiu, entre 1981 e 1995, 13,7 bilhões de m² de novas moradias residenciais. Considerando casas de 50 m², foram 274 milhões de unidades; para 2010 a meta é construir mais 15 bilhões de m² (para casas de 50 m², são 300 milhões de moradias). A previsão, constante no *State Economic and Trade Commission's Planning for 2015*, é de construir indústrias de alta eficiência para a produção em larga escala de sistema termossolares, para uma meta de instalação em 20% a 30% das moradias chinesas. A previsão é da instalação de 230 milhões m² de coletores (ESTIF, 2003).

A produção de coletores é feita por 1.000 indústrias, das quais 33 são grandes empresas¹⁸ que atendem mais de 80% do mercado; empregam 50.000 pessoas diretamente e 100.000 nas demais funções de marketing, instalação e serviços de manutenção. A indústria chinesa produz três tipos de coletores: coletor de placa plana, coletores evacuados e coletor com reservatório acoplado.

¹⁸ O faturamento destas empresas no ano de 2000 foi de aproximadamente de 1,1 bilhões de dólares. Fonte: ESTIF, 2003.

a. Coletor de Placa plana: é o coletor de tecnologia tradicional, com alumínio e cobre, com cobertura de vidro, pintura preta nas aletas e funcionamento por termosifão. O coletor típico possui 1,5 m². Um coletor de 2 m² com reservatório de 180 litros custa US\$ 321. A produção destes coletores em 2000 foi de 3 milhões de m² (ESTIF, 2003).

b. Coletores evacuado: são fabricados 2 tipos: *Sydnes e Dornier*.

b.i Coletor tipo *Sydnes*: com tubos evacuados (*borosilicate glass*); temperatura de estagnação de 250°C; usado em climas de baixa temperatura; o mais usado possui 2,0 m². É o mais popular na China. O preço do que possui reservatório de alumínio é de US\$ 482; com reservatório de inox é de US\$ 592 (Figura 2.14).

b.ii Coletor tipo *Dornier*: possui uma combinação de tecnologias, tubos de cobre com tubos evacuados; temperatura de estagnação >260°C; é a mais cara tecnologia (Figura 2.15). Usado para aplicações industriais como calor de processo, ar condicionado, dessalinização, etc. Exportado em 80% para ao mercado europeu. A produção em 2000 foi de 5 milhões de m² (Figura 2.16) (ESTIF, 2003).



Figura 2.14 Tubos evacuados tipo *Sydnes*
Fonte: Taian Chiran Machinery Co Ltda., 2005.

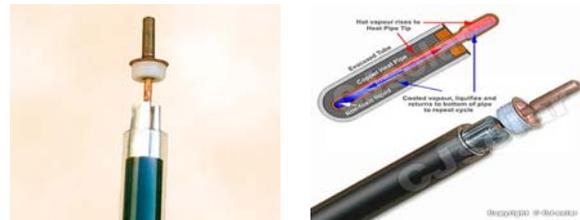


Figura 2.15 Tubos evacuados tipo *Dornier*



Foto1: A autora, julho 2005.



Foto 2: Lianyungang Sunrain Solar Water Heater Manufacture.



Foto3: Taian Chiran Machinery, 2005.

Figura 2.16 Coletor com tubos evacuados de 3 fabricantes chineses.

c. O terceiro tipo possui a placa coletora acoplada ao reservatório, com área em torno de 2 a 3 m², para atender de 3 a 4 membros da família com reservatório de 180 litros. É produzido por

pequenos e médios fabricantes; possui baixo custo; usado em determinados meses em duas regiões distintas da China, de maio a outubro na parte norte, e de março a novembro na região sul. A desvantagem é o aquecimento em baixas temperaturas. Não é o coletor mais popular, mas pelo seu baixo custo é o mais usado pelas populações rurais de baixa renda (ESTIF, 2003).

As pesquisas e desenvolvimento são mantidos pelo governo central da China, universidades e institutos de pesquisa, junto com grandes indústrias de energia termossolar, concentrados no desenvolvimento dos sistemas com tubos evacuados. O desenvolvimento de sistemas com alta tecnologia, para a redução do consumo de energia fóssil, constitui-se em uma das prioridades do governo chinês, com recursos especiais sendo destinados para a facilitação de testes e uso de laboratórios. O governo tem forçado o desenvolvimento de produção em escala, padronizando produtos e sistemas. Os resultados são equipamentos com baixo custo, mas de alta qualidade tecnológica, com padronização de acordo com normas nacionais e internacionais. Existe uma cooperação entre o setor industrial termossolar chinês e o industrial europeu, com os sistemas sendo testados de acordo com as normas europeia da *EN Standards* (ESTIF, 2003).



Fotos: Richard Chambers, 2004.

Figura 2.17 Coletores em tubos evacuados na cobertura dos prédios da cidade de Xian; à direita um coletor de placa plana no telhado de uma casa chinesa.

2.4 Considerações finais do capítulo

As investigações sobre as motivações usadas por alguns países para a substituição do uso do chuveiro elétrico por coletores solares levam a concluir que existe uma determinação estratégica de reduzir a dependência de suas estruturas econômicas da utilização dos recursos

energéticos fósseis, que possuem um ciclo de vida curto para as atuais tecnologias economicamente viáveis de exploração. A tentativa de minimizar o alto padrão de consumo de energético que os países industrializados alcançaram baseados no uso de recursos fósseis, de grandes impactos ambientais e para a saúde humana, tem conduzido alguns governos a iniciar a substituição destas fontes por tecnologias que utilizam a fonte natural mais abundante – o sol.

Embora a escassez anunciada, o embate entre a utilização das energias limpas e as tradicionais se dá com os oligopólios que definem a extração, produção, preços e rentabilidade dos recursos energéticos fósseis e metálicos, e que sustentam as economias mundiais modernas. A influência e o poder econômico destas estruturas mantêm os custos do uso final das energias tradicionais, com valores que competem com as chamadas energias limpas. O total de subsídios anuais para as energias fósseis e de fontes alternativas em termos mundiais em 2002 foi de US\$ 170 bilhões, sendo que 88,2% para as fósseis e 11,8% para as alternativas (Johansson & Goldemberg, 2002). Estes percentuais de investimentos mostram a vulnerabilidade das tecnologias que ainda necessitam alcançar um maior percentual de aprendizado tecnológico. Investimentos em pesquisa e desenvolvimento, para a confiabilidade e competitividade da tecnologia, e em recursos humanos, para a criação, estruturação e fixação de mercados estáveis, ainda são ações inconstantes e pouco fortalecidas nas políticas públicas da maioria dos países.

O estímulo ao uso das energias limpas passa a ser cada vez mais ligado à consciência crítica das sociedades inseridas nos conceitos de bem estar, usufruídos de forma coletiva. Países com pequena área territorial e população, como Áustria e Suécia, vêm alicerçando seu desenvolvimento humano e estrutura econômica com grandes percentuais de uso de energias renováveis, 66,0% e 46,9% respectivamente. Israel, Grécia e Áustria, nesta ordem, são os países com maiores percentuais de coletores solares por habitante. Os dois primeiros são caracterizados por uma grande dependência de energias fósseis importadas e a Áustria por possuir o maior índice de participação de energias renováveis em sua matriz energética de toda a União Européia.

O atual estágio de desenvolvimento sócio-econômico de alguns países, como a Índia e a China, ainda com altos índices de emissão de poluentes, permite redirecionar as estratégias de uso dos recursos energéticos, a fim de que o seu crescimento demográfico e de bem estar possam

ter uma participação de energias renováveis, cujos potenciais a sua extensa área territorial lhe dispõem. Embora sendo a China um país de cultura milenar, as novas tecnologias eficientes da modernidade, como os coletores solares (também iluminação fotovoltaica), estão sendo produzidos em larga escala e estimulados como produto popular para levar à população chinesa os seus benefícios e o desenvolvimento com menos impactos ambientais provocado pelas suas principais fontes primárias, o petróleo e o carvão.

As barreiras para os demais países se entendem, além dos longos tempos de taxa de retorno, por conta da competitividade dos energéticos tradicionais, dos problemas inerentes às novas tecnologias, da falta de maturidade tecnológica, dos problemas com dimensionamento, instalação, operação e manutenção. Enfim, a falta de políticas que redirecionem a matriz energética dos países para o incremento de tecnologias e processos com menos impacto ambiental passam a caracterizar as sociedades e mercados: a demanda e consumo de energia com preços amparados em critérios que não respeitam os limites naturais de exaustão e de danos irreversíveis em curto prazo. A baixa consciência ambiental e o desestímulo a investimentos, que só terão retorno no futuro, são reforçados pela falta de ação estatal, que ignora os esforços do seu parque produtor de tecnologias, o qual contribui para a maior sustentabilidade ambiental. Em muitos casos, os mercados já existentes só se consolidam com o constante aporte de subsídio à produção e instalação do aquecimento solar. Para os países periféricos, como os latino-americanos, cujas economias e rendas da população são muito pequenas, esta solução de aquecimento de água ainda está restrita às classes com grande rendimento monetário, que podem fazer um investimento contemplando um horizonte de economia futura.

A principal barreira para o uso de sistemas termossolares foi identificada, entretanto, como a da ausência de visão de futuro da escassez prevista, já em curto prazo, dos recursos tradicionais, e de planos estratégicos dos governos para priorizar o desenvolvimento, a pesquisa e o investimento financeiro para o estímulo de tecnologias que venham minorar os impactos ambientais e, ao mesmo tempo, fazer conservação de energia. Da falta deste macro objetivo resulta todas as demais conseqüências, o do desestímulo da cadeia produtiva, tecnológica e de serviços, da ausência de mercados consolidados e da economia de escala, com efeitos sobre os altos custos e longos tempos de retorno do investimento, além das condições para o

fortalecimento dos novos paradigmas, entre eles o de um desenvolvimento econômico e humano com maior sustentabilidade ambiental.

Para concluir, os estudos realizados apontaram para diversos fatores que tem demarcado e influenciado a adoção de diretrizes para o estímulo, embora muito incipiente, do uso de sistemas termossolares nos países com maior instalação e disseminação:

- i. Necessidade estratégica de diminuição da importação de combustíveis fósseis, diminuindo a dependência de importações de petróleo, gás e carvão;
- ii. Necessidade de redução de investimentos com a expansão do suprimento de energia, garantindo a estabilidade e segurança no fornecimento de energia elétrica para outros fins;
- iii. Necessidade de deslocamento do pico de demanda dos sistemas energéticos;
- iv. Necessidade de introdução de programas de conservação de energia e eficiência energética com tecnologias eficientes;
- v. Necessidade da diminuição de impactos ambientais com o fornecimento de eletricidade convencional (inclusive hidroeletricidade);
- vi. Necessidade de redução da emissão de gases de efeito estufa¹⁹, cumprindo responsabilidades estabelecidas no Protocolo de Kyoto;
- vii. Necessidade de melhoria no padrão de qualidade de vida da população, dotando o país dos benefícios do uso do aquecimento da água para fins higiênicos;
- viii. Necessidade de aproveitamento de seu potencial solarimétrico.

O Capítulo a seguir mostra as ações de fomento que os diversos agentes envolvidos no desenvolvimento da energia termossolar no Brasil realizaram desde as primeiras construções de coletores solares na década de 1970.

¹⁹ As emissões de gases efeito estufa incluem o CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs e SF₆. Fonte: WHO, 1999; UNDP, 2000.

Capítulo 3

As ações para o incentivo ao uso de sistemas termossolares no Brasil

As novas tecnologias (mais eficientes) colocam-se como uma alternativa de conservação da energia, embora a racionalização e a redução do consumo não sejam suficientes para que os países pobres venham a usufruir os benefícios da modernidade. A solução para a exclusão econômica, social e tecnológica supõe uma nova estrutura social e de poder, com um sistema ético que conduza a direitos igualitários de qualidade de vida o conjunto de toda a sociedade (Guerra e Fantinelli, 2001). As ações de incentivo para a pesquisa, o desenvolvimento científico, a formação e a capacitação de recursos humanos para a geração de tecnologias adequadas para a diversidade de realidades regionais são definidas dentro de políticas e planos que os diversos agentes que compõem o Estado e a sociedade estruturam como base sinalizadora para atingir fins específicos. As articulações das ações ficam sujeitas às pressões existentes, sejam estruturais ou conjunturais, e mostram em quais estágios de autonomia se encontram as instituições, sejam elas políticas, econômicas, produtivas e sociais, para a implantação de um programa gradual de soluções para os problemas existentes. As prioridades que podem impulsionar uma agenda de desenvolvimento tecnológico e de autonomia energética devem fazer parte de metas e planos estratégicos, tendo o futuro e o modelo de desenvolvimento do país como sinalizadores.

A abordagem a seguir traça um perfil das ações desenvolvidas pelo governo brasileiro a partir da crise do petróleo da década de 1970, com o fim de reduzir a dependência externa de recursos energéticos originados de combustíveis fósseis, e disponibilizar para a nação condições estratégicas para fazer uso das vantagens de medidas de conservação de energia. A investigação está focada nas ações e fomentos desenvolvidos pelo poder público, desde o primeiro programa

de energia solar proposto em 1987, o *PRO-SOLAR*, e os sucessivos planos e ações que os demais agentes desenvolveram para o estímulo à substituição do chuveiro elétrico por equipamentos solares de aquecimento de água, para o segmento residencial e as classes populares brasileiras. A abordagem é histórica, para que se verifique em que estágio se encontra os planos públicos para a adoção de mecanismos que venham a incentivar a difusão da tecnologia solar na habitação de interesse social.

O diagrama a seguir mostra a metodologia adotada no capítulo e as principais investigações realizadas entre as quatro áreas interdependentes:

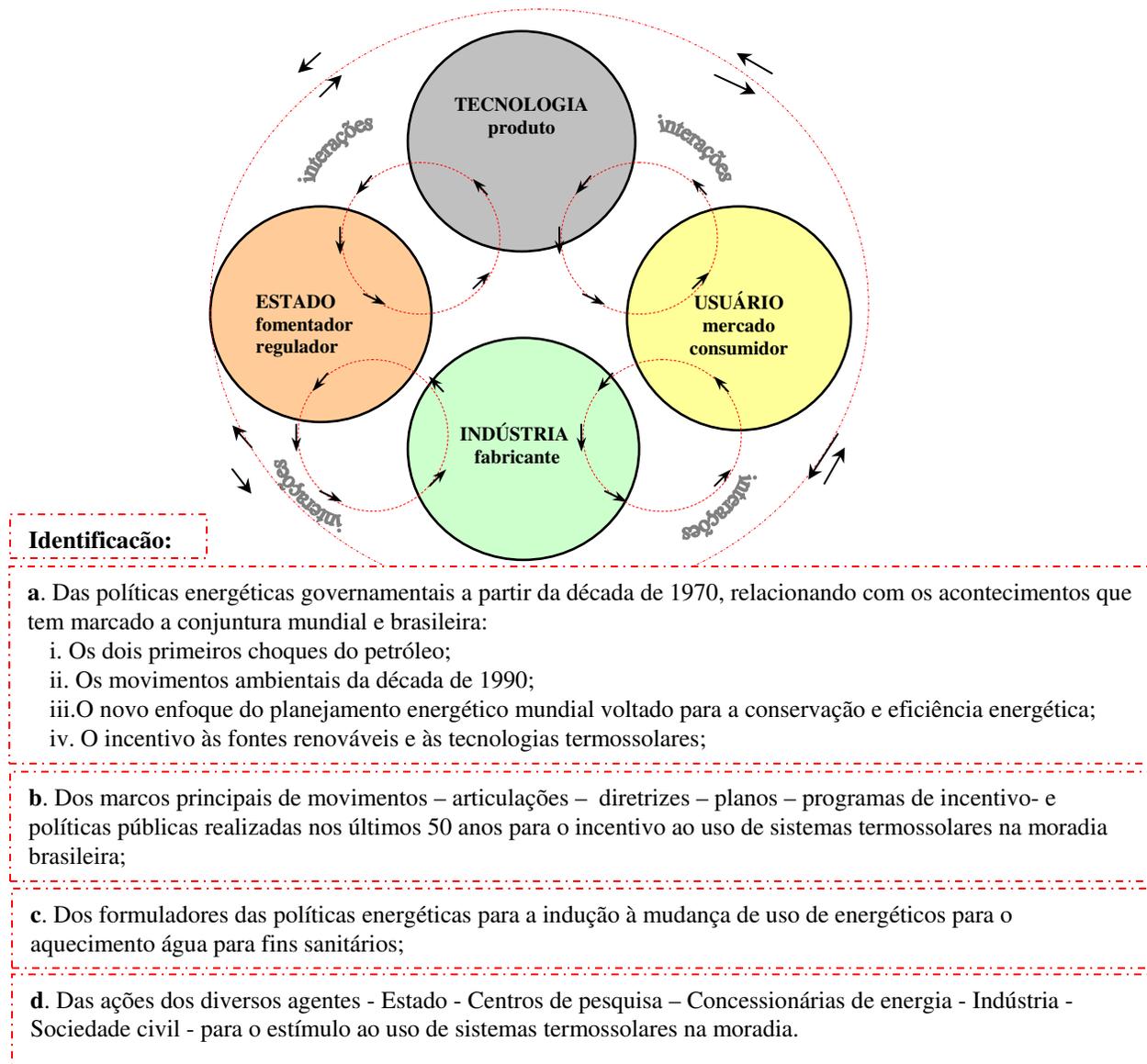


Figura 3.1 Diagrama da metodologia adotada no capítulo. Elaborado pela autora.

3.1 Das primeiras iniciativas ao incentivo financeiro estatal

As primeiras ações para a implantação de um centro de pesquisas sobre a energia solar no Brasil tiveram lugar no início dos anos 1950, com a criação do Centro de Estudos de Mecânica Aplicada – CEMA, do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio. Já em 1958, o CEMA, com o apoio do CNPq, organizava no Rio de Janeiro o I Simpósio Brasileiro de Energia Solar. As pesquisas continuaram, em diversas instituições universitárias, até 1964, quando foram interrompidas. A partir da década de 1970, em meio à crise do petróleo, um novo impulso foi dado às atividades científicas, com a realização de diversos simpósios nacionais e congressos latino-americanos (Fraidenraich, 2005).

O aumento brusco dos preços do petróleo decretado pela OPEP em 1973, em represália ao apoio que Estados Unidos e potências européias deu à ocupação, por Israel, de territórios palestinos durante a guerra do Yom Kipur, desestabilizou a economia mundial e provocou severa recessão nos EUA e na Europa, com grande repercussão internacional¹. O ano de 1974 terminou com um déficit de US\$11 bilhões para Estados Unidos e Europa e de aproximadamente US\$40 bilhões para os países subdesenvolvidos. Fontes de energia inexploradas passaram a representar soluções economicamente viáveis para o problema da oferta de energia primária. O emprego do álcool etílico como combustível abriu novos caminhos para os setores ligados à sua produção, transporte e distribuição, assim como à substituição do óleo combustível por xilenergéticos estimulou o desenvolvimento de segmentos industriais especializados na fabricação de diversos equipamentos necessários para as operações das novas atividades ligadas à silvicultura (Carvalho, 1985).

As crises do petróleo de 1973-1974 e 1979-1981² fizeram com que o Brasil, que importava 40% de sua energia primária, estabelecesse uma estratégia de reformulação da política de oferta

¹ Em outubro de 1973, os países árabes decretaram o bloqueio do fornecimento de petróleo aos aliados de Israel, atingindo principalmente Estados Unidos, Holanda e Portugal. O barril de petróleo, de tipo Brent, saltou de US\$ 8 para US\$ 38, em março de 1974. Após o fim do bloqueio o preço manteve-se no patamar de US\$ 36 o barril. Fonte: Teixeira, 2005. Guerra do Yom Kipur: crise mundial provocada pelo embargo ao fornecimento de petróleo aos Estados Unidos e às potências européias estabelecido em 1973 pelas nações árabes, membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep). A medida é tomada em represália ao apoio dos EUA e da Europa Ocidental à ocupação, no mesmo ano, de territórios palestinos por Israel, durante a Guerra do Yom Kipur. Após o embargo, a Opep estabelece cotas de produção e quadruplica os preços. Fonte: <http://www.brasilecola.com/historiag/petroleo.htm>.

² O segundo choque do petróleo aconteceu em função da Revolução Islâmica no Irã, com o aiatolá Khomeini obrigando a uma renegociação dos contratos de exploração das companhias estrangeiras existentes naquele país. Em 1980 eclodiu a guerra entre Irã e Iraque, que duraria 8 anos. O preço do petróleo foi a US\$ 78 entre 1979 e 1980. Fonte: Teixeira, 2005.

de energia. As primeiras ações (Programa *Conserve*³) se concentraram na intensificação da prospecção de petróleo, no óleo de xisto, no aumento da hidroeletricidade, no uso do carvão nacional e na substituição da gasolina pelo álcool⁴. Paralelamente, medidas de conservação de energia começaram a ser esboçadas, através das universidades e instituições de pesquisas, embora os recursos destinados para esse fim fossem escassos e irregulares (Moreira e Souza, 2000).

Para alguns estudiosos, a política energética adotada na época seguiu a política industrial de substituição de importações. Os resultados evidenciaram que a substituição de derivados de petróleo importado prevaleceu em relação à conservação de energia, a qual não foi considerada como uma questão de eficiência industrial (Piccinini, 1994)

Em 1981, no prefácio dos anais do II Simpósio sobre Energia Solar, promovido pela Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia e pela Academia de Ciências do Estado de São Paulo, ocorrido na cidade de São Paulo, a área técnico-científica mostrava a sua preocupação com o pouco que havia sido feito em relação ao aproveitamento da energia solar, dada as condições privilegiadas existentes no país, sob o ponto de vista da incidência solar, tanto em intensidade quanto em fração anual do tempo efetivo de irradiação da superfície do solo brasileiro. Nessa época, em diversos países, programas vinham sendo desenvolvidos, desde a pesquisa básica até a industrialização, com incentivos financeiros ao uso do sistema de energia solar (Mascarenhas, 1981).

O Simpósio foi realizado com o objetivo de reunir representantes do maior número possível de Instituições de Ensino Superior, principalmente as Universidades, institutos de pesquisas e setores da indústria nacional engajados no desenvolvimento de dispositivos, que convertessem a energia solar em energia térmica ou elétrica. O foco principal era o levantamento do que se produzia no Brasil, a fim de colher subsídios que servissem de base a programas futuros. Trinta e um conferencistas brasileiros e estrangeiros (Estados Unidos, Japão, México e França) foram

³O Programa CONSERVE foi criado e administrado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES - para estimular a conservação e substituição de energéticos na indústria, à época da segunda crise energética do petróleo, entre 1979 e 1981. Duas linhas de ação impulsionaram o programa: Conserve Industrial e Conserve Tecnológico. Ofereciam, através do Conselho de Desenvolvimento Industrial, incentivos fiscais às indústrias que implantassem as propostas indicadas pelas auditorias energéticas. O BNDES ficou responsável pelo sistema de financiamento de compra de equipamentos e a Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP pelos projetos de pesquisas (Jannuzzi, 2000).

⁴O programa de produção de álcool combustível - *Proálcool* foi criado em 1975. Nessa data a produção foi de 700 mil m³; em 1997, de 15,5 milhões de m³; em 2003 de 14,5 milhões de m³. As reservas nacionais de petróleo, em 1979 eram de 283 milhões de m³; em 2003 aumentaram de 2,1 bilhões de m³. A dependência externa, de 85% em 1979, caiu para 4,3% em 2003. O parque gerador de eletricidade, de 11GW em 1970, passou para 86,5 GW. Fonte: MME-BEN, 2004.

convidados para exporem aspectos dos programas de energia solar de seus respectivos centros de pesquisas e países. Na lista de participantes estavam 330 pesquisadores, membros de governos estaduais, técnicos, fabricantes e estudantes (30%).

O representante da FINEP, na ocasião, resenhou a filosofia que o órgão financiador de pesquisa mantinha, desde 1974, sobre programas com energia solar, dirigida fundamentalmente para o desenvolvimento tecnológico de produtos para o uso direto e indireto. Na categoria de uso direto estava o apoio ao desenvolvimento de coletores planos e concentradores para serem utilizados em residências, no comércio e na indústria. Os apoios se estendiam também aos destiladores para obtenção de água potável; refrigeradores para preservação de alimentos; secadores de grãos e madeira; máquinas térmicas para produção de energia mecânica; arquitetura solar para melhoria de condições de conforto e economia de energia; e armazenagem térmica. Na categoria de uso indireto estava o fomento à energia eólica, ao desenvolvimento de cata-ventos para bombeamento de água e geração de energia elétrica e, finalmente, ações para o levantamento do potencial solarimétrico, para que fossem obtidos dados confiáveis para as os projetos e pesquisas (Mascarenhas, 1981).

A formação de recursos humanos, em diversas universidades e institutos de pesquisa sobre energia solar, na análise do representante da FINEP, havia gerado grupos isolados e de grande competência. O fato de a produção científica, manifestada através do desenvolvimento de protótipos, não chegar ao setor produtivo fez o órgão de fomento rever sua atuação. A partir de 1978 começaram a ser identificados os problemas específicos na área energética da indústria e do comércio. Os recursos humanos dos institutos de pesquisa passaram a ser integrados para a busca de soluções conjuntas. Na época, já havia o entendimento também do órgão de fomento à pesquisa de que deveria haver um programa de energia solar, de âmbito nacional, com a finalidade de desenvolver e reunir esforços em áreas específicas, com uma linha de atuação comum.

Embora não houvesse uma política pública para o desenvolvimento coordenado do setor, o mercado de tecnologias solares se expandia. O emprego de aquecedores solares já gerava uma considerável demanda por produtos de caldeiraria leve, estimulando a criação de estabelecimentos industriais especializados no projeto, fabricação e instalação de equipamentos

para aquecimento de água, principalmente para residências, hospitais e pequenas indústrias (Carvalho, 1985).

Ennes et al. (1985) apontavam a existência, até o início da década de 1980, de aproximadamente oitenta fabricantes brasileiros produzindo equipamentos solares. Nos Anais do Simpósio, estimava-se que 95% das instalações se davam no segmento residencial, e apenas 5% nos prédios públicos. Os cálculos eram de que a energia solar residencial contribuía com uma economia diária de energia de cerca de 90.000 kWh. O alto custo inicial das instalações de aquecimento solar de água e o ceticismo do investidor com a relação às tecnologias inovadoras eram apontados como os fatores que impediam a evolução rápida do uso de sistemas termossolares em instalações públicas.

A escassez dos combustíveis convencionais acelerou em alguns países industrializados o desenvolvimento de programas na área da energia solar. A tecnologia de coletores planos, que já era dominada nos demais países, foi copiada e adaptada pelo Brasil, sem normas e avaliações. As eficiências eram calculadas sob as mais diversas condições. A tecnologia transferida, desacompanhada do correspondente saber técnico-científico, foi implantada e adaptada à realidade nacional sem a tradição de um trabalho conjunto entre as diversas áreas interdependentes envolvidas na constituição do saber tecnológico. As tecnologias de projeto, de produção e de utilização não passavam pela avaliação criteriosa dos laboratórios da comunidade científica. As peculiaridades das matérias primas brasileiras existentes e a qualificação da mão de obra prescindiam de controle, pois o mercado estava ávido pela inovação (Pacheco, 1981).

Após a segunda crise do petróleo (1979-1981), o mercado brasileiro de sistemas termossolares continuou crescendo, mesmo com a imagem negativa produzida pelos problemas decorrentes da falta de conhecimento da tecnologia, tais como vazamentos, corrosão, baixa durabilidade e baixa eficiência energética, entre outros (Pacheco, 1981). Vários institutos de pesquisas das universidades brasileiras já dispunham de grupos de trabalho em energia solar (USP, UFPE, Unicamp, UFPa, IPEN, INPE) e laboratórios de ensaios de coletores solares (USP, UFPa, UFPE, Unicamp, INPE, IPT) com condições de testar o seu desempenho, e também observar e analisar a degradação dos componentes ao longo do tempo, sob condições reais de operação, fornecendo subsídios tecnológicos às indústrias. O Instituto de Pesquisas Tecnológicas

do Estado de São Paulo – IPT - também já se encontrava capacitado para o treinamento do pessoal técnico-científico na área de energia solar (Anais II Simpósio sobre Energia Solar, 1981). No caso específico da Unicamp, entendiam os líderes do Programa Solar dessa instituição que o papel da universidade era o de realizar pesquisas, e que a prestação de serviços deveria ser feita através de um centro tecnológico independente (Pereira, J. T. V., 2005).

Os preços da eletricidade no Brasil, no entanto, não seguiam a turbulência internacional. O princípio orientador da ação estatal relacionada com a infra-estrutura foi o de viabilizar o processo industrial de substituição de importações, estabelecendo ao mesmo tempo limites à entrada do capital externo na atividade industrial. A política de equalização tarifária de energia elétrica, que impunha tarifas idênticas a todas as regiões do país, instituída a partir de 1973 (vigorou até março de 1993), era usada pelo governo federal como instrumento de implantação de políticas de desenvolvimento industrial e agente de combate à inflação (Rousseff, 2003). Mesmo com a quadruplicação do preço do petróleo, as tarifas foram reajustadas abaixo da inflação. O II Plano Nacional de Desenvolvimento de 1975-1979 previu um crescimento de consumo de 12% ao ano, e de 10%, entre 1979 e 1990. O mercado industrial, em 1981, crescia à taxa negativa de 0,8; o setor residencial crescia à taxa anual de 9,6%, o consumo aumentou 13,3% e o crescimento populacional foi de 1,7 % (Tavares, 2003).

A implementação, a partir de 1982, das tarifas com preços reduzidos, destinados à substituição de derivados de petróleo por energia elétrica, acabou por aumentar o consumo, reduzindo a capacidade ociosa gerada pela expansão do sistema de geração e justificando a manutenção de um patamar mínimo de investimento no setor elétrico. A política antiflacionária definia os rumos da política tarifária, com reajustes sempre inferiores à inflação (Rousseff, 2003). Em 1981, a tarifa no setor residencial era de US\$ 56,97/MWh; no industrial era de US\$ 35,95/MWh; no comercial US\$ 71,91/MWh. Cinco anos depois, em 1986, o segmento residencial pagava uma a tarifa 48,5% menor: US\$ 29,39 MWh; no setor industrial havia uma redução de 32%: US\$ 24,68 /MWh; no comercial, 35,5% a menos (Abreu, 1999).

As diretrizes econômicas de 1980 a 1985, voltadas para a exportação (aço, alumínio e ferroligas), fizeram com que as indústrias energointensivas se expandissem consideravelmente,

justificando as tarifas subsidiadas pelo aproveitamento do excesso de capacidade instalada de geração elétrica e amenizando o déficit da balança comercial. A partir de 1986, o preço das tarifas voltou a crescer novamente. Em 1992, o setor residencial pagava US\$ 64,03/MWh. O setor industrial continuava com a tarifa reduzida, pagando US\$ 38,65/MWh. O setor comercial voltou ao que pagava dez anos antes: US\$ 71,72/MWh (MME-BEN, 2004).

A relação de consumo de eletricidade por habitante, em MWh/hab, revelava que a população brasileira passara a demandar mais energia. Em 1970, essa relação era de 0,09; em 1980, de 0,191; em 1987, apresentava o índice de 0,286. Em 1990 o índice estava em 0,398; em 1995 subiu para 0,559; em 2002, para 0,614 (MME-BEN, 2004). Para Andrade e Lobão (1998), embora a elasticidade-tarifa e a elasticidade-preço dos eletrodomésticos fossem pequenas, a continuada diminuição de ambos os preços havia contribuído para o aumento na quantidade demandada de energia elétrica residencial, provocando o aumento significativo de seu consumo.

As Figuras 3.2 e 3.3 mostram a evolução do consumo e da tarifa de eletricidade nos setores residencial, comercial e industrial a partir de 1970. Nas três últimas décadas o consumo total de energia elétrica cresceu, em média, a uma taxa anual de 7,2%. A quantidade consumida passou de 39.000 GWh, em 1970, para 342.000 GWh, em 2003. A participação mais significativa alcançada, em 2003, foi a do setor industrial: 160.000 GWh, seguida do residencial: 76.000 GWh (MME-BEN, 2004).

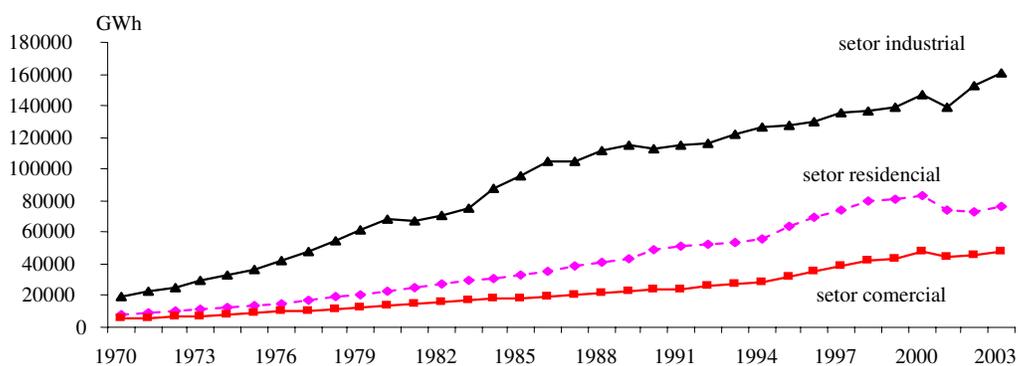


Figura 3.2 Evolução do consumo de eletricidade por setor 1970-2003. Fonte: MME-BEN, 2004.

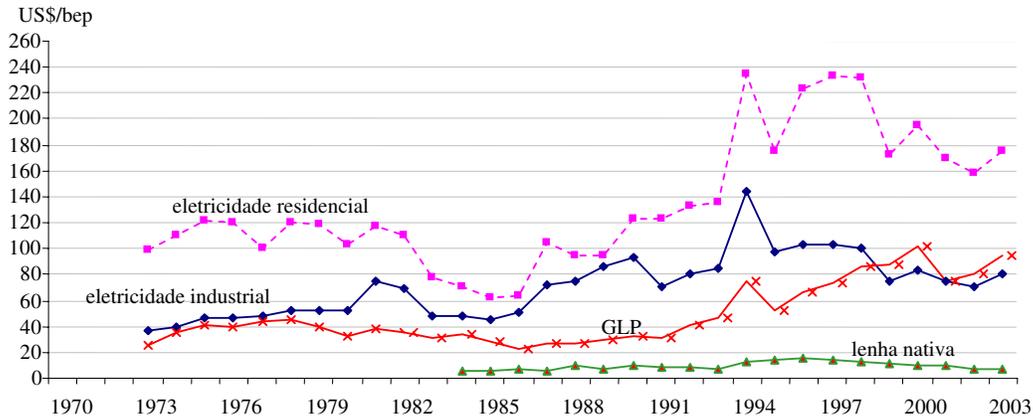


Figura 3.3 Evolução dos preços médios: eletricidade, GLP e lenha, 1973-2003. Fonte: MME-BEN, 2004

Em 1985, com o objetivo de desenvolver ações para o uso eficiente da eletricidade, o governo federal criou o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica-PROCEL, com administração da Eletrobrás. Nas ações desenvolvidas pelo programa não havia, no entanto, nenhum incentivo ao uso de equipamentos termossolares como forma de economia de eletricidade.

As primeiras manifestações de planejamento para a adoção de uma política governamental para a conservação de energia através do incentivo à energia solar datam de 1988, quando já havia um entendimento de que os processos tecnológicos existentes viabilizavam a conversão solar em energia elétrica e para o aquecimento térmico. Havia também a necessidade de impulsionar e consolidar essas novas tecnologias, que em alguns países desenvolvidos já haviam sido implementadas desde os anos 1970. O baixo custo relativo do aproveitamento da energia solar para a energização de regiões de difícil acesso e as reais possibilidades existentes para um rápido incremento na utilização e no aproveitamento dessa fonte, como energia elétrica ou térmica, impulsionaram a elaboração de um programa brasileiro para o aproveitamento de seu potencial solarimétrico.

O *Plano Diretor do Programa Nacional de Energia Solar - PRO-SOLAR*, foi definido como um “conjunto de ações dirigidas ao desenvolvimento científico e tecnológico no campo da Energia Solar e à implementação do seu uso, expressas nos termos das diretrizes fixadas neste documento”. Seu objetivo se centrava no “desenvolvimento e utilização da energia solar de

modo a colaborar para o atendimento energético do país, de modo a contribuir para a melhoria da qualidade de vida das populações; propiciar a fixação do homem em seu “habitat” e concorrer para a conservação da energia e preservação do meio ambiente”. (MME Pro-Solar, 1988, p. 4 e 5)

O Grupo de Trabalho constituído para elaborar o primeiro programa para o uso de energia solar no Brasil, foi composto por entidades representativas dos setores público e privado, sob a coordenação da Secretaria de Tecnologia do Ministério das Minas e Energia. Participaram membros representantes do MME; de empresas públicas – Eletrobrás, Petrobrás, Telebrás; de universidades e centros de pesquisa - UNICAMP, USP, UFRGS e UFPB; de órgãos de fomento – CNPq e FINEP; de empresas privadas do setor - Heliodinâmica S/A, Tuma Engenharia Térmica Ltda., Companhia Auxiliar de Empresas Elétricas Brasileiras S/A; e de entidades associativas de classe – Associação Brasileira de Energia Solar (ABEnS) e Associação Brasileira de Engenheiros Eletricistas (ABEE).

Três grandes linhas de ação foram lançadas: institucionais e políticas; técnicas; e econômicas e financeiras. Uma das diretrizes políticas foi a de institucionalizar o *Pro-Solar*, de modo a assegurar a participação de todos os setores, tanto o governamental quanto o empresarial e o acadêmico, com ênfase nas instituições e empresas nacionais. A proposta era de que fosse realizado e mantido atualizado um sistema de informação envolvendo a área de energia solar, ao mesmo tempo em que seriam feitas adequações em normas de projetos, códigos de obras e outras legislações que favorecessem a energia solar em edificações.

As articulações deveriam ser desenvolvidas no sentido da obtenção de apoio junto aos governos municipais, estaduais e federal, congregando os esforços das instituições existentes no campo da energia solar ao *Pro-Solar*. Da Comissão Executiva participariam representantes de todos os setores da sociedade: área governamental direta e indireta, representantes da iniciativa privada, das universidades e Centros de Tecnologia. A implantação de um Centro de Documentação que referenciasse toda a bibliografia existente sobre energia solar estabeleceria um centro de convergência e de intercâmbio para todos os interessados no *Pro-Solar*. Ao mesmo tempo em que os centros tecnológicos executariam os serviços de certificação de equipamentos

solares, os Grupos de Trabalho estabeleceriam legislação, códigos de obras e adequação de normas de projetos de construção civil que previssessem e preservassem a instalação de sistemas solares nas edificações. Paralelamente, seria incentivada a elaboração de normas voltadas para a arquitetura bioclimática.

Nas diretrizes e linhas de ação técnicas, propostas pelo *Pro-Solar* para a elevação do grau de autonomia tecnológica do país, estavam a formação e qualificação de recursos humanos; o apoio às pesquisas básica e aplicada; a proposição de normas de padronização, homologação e certificação de qualidade de equipamentos e sistemas solares; a promoção, divulgação e disseminação das potencialidades, juntamente com suas utilizações e as ações e realizações no campo da energia solar.

O fomento à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico de parte das universidades, centros de tecnologia e empresas para a elevação do grau de autonomia tecnológica do país seria feito paralelamente à elaboração e execução de programas de formação e aperfeiçoamento profissional nos níveis médio, superior e de pós-graduação. O incentivo para o estabelecimento de um sistema de certificação para a qualificação de equipamentos e materiais, com elaboração de normas e critérios de homologação, garantiria qualidades mínimas aos componentes e sistemas termossolares. O mapeamento do potencial de energia solar em níveis regionais e nacionais, com a obtenção de dados solarimétricos, estimularia estudos e programas para o desenvolvimento brasileiro de tecnologias solares. A implantação de projetos de demonstração da utilização da energia solar, da arquitetura bioclimática e do ensino de técnicas de aproveitamento da energia solar promoveria, divulgaria e disseminaria ações e realizações do programa.

As diretrizes econômicas e financeiras do programa previam o direcionamento de estímulos no sentido de tornar o uso da energia solar economicamente competitivo com relação às fontes convencionais. Os incentivos fiscais seriam dados para os produtores e os usuários de equipamentos homologados. Para as concessionárias de energia e usuários haveria um sistema de compensação financeira para o investimento em sistemas solares. As empresas estatais seriam estimuladas a alocar recursos orçamentários que fossem destinados à utilização da energia solar.

Para a alocação de recursos orçamentários da União, seriam desenvolvidas ações junto aos órgãos competentes, para fixação da participação financeira do MME.

A estrutura organizacional do *Pro-Solar* previa a formação de um conselho diretor, formado pelos ministérios governamentais (da Ciência e Tecnologia, da Fazenda, Indústria e Comércio, Minas e Energia, Secretaria de Planejamento e Coordenação da Presidência da República) que estabeleceria suas diretrizes. A comissão executiva, como uma assessoria técnica, seria encarregada do planejamento, execução e controle do *Pro-Solar* e seriam compostas por dirigentes de empresas e órgão estatais, universidades e centros de pesquisa, empresas privadas e associações de classe. Os Grupos de Trabalhos seriam criados de acordo com as necessidades, e seriam encarregados da execução dos eventos estabelecidos pelo Programa.

A análise econômica comparativa entre as tecnologias solares e as convencionais, apontada pelo relatório *Pro-Solar*, mostrava a viabilidade tanto do aquecimento de água residencial como do uso de sistemas fotovoltaicos para eletrificação de comunidades isoladas. O uso da fonte de energia solar era visto como um avanço, tanto em termos de estratégia energética, como dos relevantes benefícios sociais, principalmente para as populações mais pobres (MME/*Pro-Solar*, 1988).

Um programa específico brasileiro para energia solar, no entanto, não conseguiu vencer as barreiras que se colocavam: as da conjuntura nacional. O *Pro-Solar*, como uma estrutura convergente e centralizadora de programas para o desenvolvimento científico e tecnológico da energia solar no país, nunca foi implementado. Com a redução dos preços internacionais do petróleo e as descobertas de reservas significativas no Brasil, as preocupações com o tema eficiência e conservação energética diminuíram. Para Leite (1997) dois fatores concorreram para que o país tenha dado pouco valor à busca da eficiência no uso da energia: a contenção dos preços do petróleo e da eletricidade, regulados pelo poder público, e a inflação que tornava inseguros os cálculos econômicos nas comparações entre valores de curto e longo prazo.

A necessidade de racionalização da demanda de energia elétrica e de mecanismos de controle para o aumento da eficiência energética, no entanto, era premente. Tanto a produção como o consumo mostrava o desperdício da energia em todos os processos de uso final -

iluminação, aquecimento, transporte, etc. - que a tarifa elétrica defasada estimulava, e a política estatal permitia. Andrade e Lobão (1998) apontam para uma defasagem na tarifa de energia elétrica de aproximadamente 263%, no período de 1963 a 1995.

A busca dos recursos energéticos demandados pelo crescimento econômico, que inicialmente se concentrara em avaliações para a expansão da oferta de energia, começou a ter nova ênfase, não mais na sua geração, mas no uso eficiente de energia. Os programas de conservação de energia passaram a ser contemplados como uma alternativa para evitar a expansão da geração de energia elétrica e o aumento da dívida do setor elétrico. Dois programas foram implementados: para a racionalização do uso de eletricidade, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL; e para os derivados de petróleo e gás, o Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados do Petróleo e Gás Natural – CONPET (criado em 1992). A adoção de tecnologia termossolar para aquecimento de água residencial como forma de economia de energia continuava não sendo considerada nos planos das políticas de conservação de energia.

O PROCEL, criado em 1985, foi transformado, em 1991, em programa governamental, e passando a utilizar maiores recursos da Eletrobrás, da Reserva Global de Reversão-RGR- e de organizações internacionais como Banco Mundial-BIRD e Global Environment Facility-GEF, no âmbito do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, entre outras. Essas fontes de recursos possibilitaram a reativação das suas atividades, que a partir de então ficaram centrados nas seguintes linhas de atuação:

- i. as orientadas para a economia e aumento de produtividade do sistema elétrico brasileiro, através da redução da demanda na ponta;
- ii. as orientadas para o uso racional de eletricidade nos setores industrial, comercial e residencial;
- iii. as orientadas para ações eletro-eficientes nos setores da atividade pública – prédios públicos, iluminação pública, saneamento e gestão energética de municípios;
- iv. as orientadas para a educação e marketing, para a mudança comportamental (MME-PROCEL, 2005).

Paralelamente, os fabricantes de sistemas termossolares se organizaram junto à entidade pioneira dos setores ligados ao uso de refrigeração, criada em 1961, a Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento – ABRAVA. No início dos anos 1990, um setor específico de aquecimento termossolar foi estruturado dentro da entidade, que passou a desenvolver atividades para o fortalecimento do setor, com o incentivo ao associativismo corporativo. O objetivo era o de articular o setor termossolar para a criação e dimensionamento de um mercado a ser estimulado por linhas de financiamento e incentivos fiscais.

A movimentação dos agentes que atuavam no mercado de energias renováveis se dava em meio a uma grande mobilização mundial em torno das questões ambientais e das alterações climáticas que estavam ocorrendo. A primeira reunião sobre mudanças climáticas ocorrida em Toronto, no Canadá, em 1988, alertava para os possíveis impactos do aumento da temperatura que já era detectado pela comunidade científica. A *Convenção Marco sobre Mudança Climática ECO-92*, ocorrida em 1992 no Rio de Janeiro, com a presença de mais de 160 governos, alertava para as interferências perigosas provocadas pelas emissões de gases de efeito estufa (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs e SF₆) decorrentes da utilização de combustíveis fósseis (petróleo, carvão, gás, entre outros) e de outros produtos. O aumento da temperatura do Planeta era em parte efeito dessas emissões. A *Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento - ECO-92* (1992) confirmava o primeiro informe dado pelo *Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática-IPCC*, ocorrido em 1990: era necessário reduzir as emissões mundiais em 60%. As emissões em 2000 deveriam voltar aos níveis de 1990⁵.

Em 1995, o segundo informe do IPCC já apontava sinais evidentes de mudança climática provocada pelas atividades de origem humana, embora uma parte da comunidade mundial se

⁵ Em 1972, em Estocolmo, aconteceu a primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente. A ECO-92 aconteceu no Rio de Janeiro em 1992. Dela provém a Agenda 21, que discute o desenvolvimento sustentável, a preservação do meio ambiente e o uso racional dos recursos naturais. Em 10 de dezembro 1997, em Kyoto, Japão, um acordo entre os países participantes da 3ª Conferência das Partes da Convenção propôs a redução das emissões aos níveis de 1990. Foi chamado Protocolo de Kioto. Sua vigência iniciaria quando as nações responsáveis pelas emissões aderissem ao acordo: 38 países listados no Anexo 1 (países industrializados), deveriam reduzir suas emissões em pelo menos 5% até 2008-2012. Os EUA, responsáveis por 36% das emissões globais, retirando-se dos acordos do protocolo. O Protocolo estabelece o comércio de créditos de emissões de CO₂, através de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL. Países industrializados cooperam na implementação de projetos que reduzem emissões. Países investidores recebem créditos de CO₂ equivalentes às quantidades de emissões evitadas. A Rio+10 aconteceu no final de agosto de 2002, em Johannesburgo, África do Sul: reavaliou, ratificou e implementou as conclusões e diretrizes obtidas na Rio-92. Participaram 168 países. Forças do mercado começam a criar incentivos para governos e setores produtivos adotarem combustíveis menos poluentes e processos de melhoria de eficiência energética. A Cimeira Global sobre Desenvolvimento Sustentável ocorreu em Johannesburgo em 2003. Em fevereiro de 2005 o Protocolo de Kyoto foi ratificado, com o ingresso da União Soviética.

mantivesse cética e contrária às evidências, notadamente os países industrializados que concentram as maiores emissões (WHO, 2000; UNDP, 2000).

A preocupação crescente do mundo com os impactos das emissões fósseis e das externalidades ambientais passou a ser tema mundial, regional e local. O grave acidente na usina nuclear de Chernobyl, na União Soviética, em abril de 1986; o derramamento de petróleo do Exxon Valdez na costa do Alasca; os sucessivos acidentes de menores proporções que vinham ocorrendo em diversas regiões do mundo; e o novo bloqueio de fornecimento de petróleo, com a guerra de oito anos entre Irã e Iraque, serviu de incentivo para a realização de foros mundiais sobre o uso de fontes de energia renováveis. Em 1991, cooperações internacionais começaram a introduzir no Brasil, projetos pilotos demonstrativos nas áreas eólicas e de sistemas fotovoltaicos, envolvendo concessionárias de energia elétrica (COELCE, CELPE, CEMIG, COELBA, Light, CESP), governos estaduais (CE, PE, BA, AL, MG, SP, PR, RS), e universidades. Em 1991, o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPTEL (criado em 1974), em convênio com o *National Renewable Energy Laboratory – NREL*, iniciou a implantação de projetos de fomento para as energias eólica e fotovoltaica, abrindo a efetiva viabilidade para o uso regular destas fontes de energias no Brasil (Soliano, 1999).

Em abril de 1994, o Ministério de Minas e Energia - MME reuniu 79 entidades (120 participantes) em Belo Horizonte, a fim de debater e lançar diretrizes de atuação para o desenvolvimento das energias solar e eólica no país (CRESESB, 1994). Várias plenárias, envolvendo os diversos segmentos do mercado de energias renováveis e de experiências internacionais na área de fomento tecnológico e industrial, foram realizadas durante três dias, para subsidiar as atividades das câmaras temáticas criadas no evento. Os grupos de trabalho se dividiram em linhas temáticas que envolviam o desenvolvimento industrial e do mercado; a pesquisa, desenvolvimento e formação de recursos humanos; as estratégias de fomento; e a regulamentação.

O *Encontro para Definição de Diretrizes para o Desenvolvimento de Energias Solar e Eólica no Brasil*, que ficou conhecido com a “*Declaração de Belo Horizonte*” (CRESESB, 1994), definiu sete linhas de diretrizes prioritárias, extensamente delineadas: diretrizes políticas;

diretrizes legislativas, administrativas e institucionais; diretrizes tecnológicas; diretrizes financeiras e fiscais; formação de recursos humanos; e divulgação.

Nas diretrizes políticas para o aquecimento termossolar⁶, encontravam-se as seguintes propostas:

- a. a adequação das políticas governamentais de tarifas, preços mínimos, incentivos fiscais, de tecnologia e de subsídios aos energéticos, para promover o desenvolvimento das energias solar e eólica;
- b. o incentivo à utilização de energia termossolar para a redução da instalação de aquecimento elétrico;
- c. a proposição de programas específicos para a energia solar de caráter regional, através da realização de projetos de desenvolvimento social;
- d. a promoção da realização de projetos regionais de demonstração da tecnologia;
- e. o incentivo ao estabelecimento de cooperativas de usuários das energias solar e de organizações não governamentais, no sentido de implementar, operar e manter os respectivos sistemas;
- f. a utilização do poder de compra do Estado para promover o incremento da produção e uso de equipamentos voltados às aplicações da energia solar, incentivando a instalação de novas indústrias;
- g. a adequação de políticas para a promoção do desenvolvimento tecnológico e industrial da energia solar, estimulando a produção de materiais e componentes no país.

Nas diretrizes legislativas, administrativas e institucionais constavam as seguintes ações direcionadas ao setor termossolar:

- a. constituir a Câmara Setorial para a energia solar no âmbito da Comissão Nacional de Energia;
- b. definir o órgão de certificação e homologação de tecnologia da energia solar, visando reconhecimento internacional;
- c. alterar a regulamentação do direito de uso do solo para contemplar os sistemas da energia solar;

⁶ As diretrizes abrangiam também a energia eólica.

- d. estender às energias solar e eólica as disposições do decreto 1401/94, de inclusão por parte dos agentes financeiros oficiais de linhas de crédito e financiamento dos projetos destinados a conservação e uso racional da energia e ao aumento da eficiência energética.

Nas diretrizes tecnológicas estavam:

- a. o inventário dos recursos energéticos solares, com metodologia uniforme, sob a coordenação de órgão do governo federal;
- b. o estabelecimento e divulgação de zoneamento indicativo dos potenciais solar e eólico existentes no território nacional, através de instrumentalização de entidade responsável;
- c. a criação de Centro de Referência das energias solar e eólica, responsável pela implementação e divulgação de sistema de informação do desenvolvimento tecnológico, dos modelos de cooperação e do desempenho de sistemas instalados, ao nível nacional e internacional;
- d. o credenciamento de Centros de Excelência, Centros de Desenvolvimento Regional e Laboratórios Especializados das Energias Solar e Eólica, fortalecendo essas instituições e priorizando os recursos disponíveis;
- e. o estabelecimento de plano nacional de normalização e certificação de sistemas das energias solar e eólica;
- f. o estímulo à realização de projetos, visando a demonstração da viabilidade, técnica, econômica e sócio-ambiental, das utilizações das energias solar e eólica, e à formação de recursos humanos;
- g. o estímulo às instituições de pesquisa e desenvolvimento para realizar programas cooperativos com as indústrias, direcionando as atividades para tecnologias economicamente viáveis num mercado competitivo;
- h. o fomento ao desenvolvimento tecnológico e industrial nacional em sistemas solar e eólico com ênfase em equipamentos periféricos.

As diretrizes fiscais foram:

- a. implementar linhas de crédito para produtores de energia, pessoas físicas e jurídicas, com prazos de carência, taxas de retorno e períodos de amortização que viabilizam o desenvolvimento das energias solar e eólica;

- b. promover a criação de fundos rotativos para as energias solar e eólica, geridos por associações, cooperativas ou ONGs, utilizando os recursos provenientes de doações e outros, como impulsionadores e estimuladores destes fundos;
- c. criar mecanismos compensatórios para os produtores de energia que utilizem a energia solar, como a depreciação acelerada e créditos tarifários por período definido;
- d. revisar as alíquotas de importação, reduzindo-as para componentes de alto conteúdo tecnológico e aumentando-as para produtos finais, artificialmente baratos, especialmente aqueles com similar nacional;
- e. estabelecer mecanismos de incentivos fiscais, temporários e decrescentes, para os produtores que utilizem energia solar;
- f. estender os incentivos do desenvolvimento social para incluir aplicações da energias solar;
- g. estabelecer linhas de fomento para o financiamento de projetos de pesquisa e desenvolvimento das energia solar e eólica.

Nas diretrizes para formação de recursos humanos, o Encontro definiu o seguinte:

- a. recomendar ao Ministério de Educação e Cultura -MEC a inclusão de noções de energias solar e eólica no programa de ciências do primeiro grau;
- b. introduzir temas das energias solar e eólica, em diversas disciplinas do segundo grau, que contemplem informações sobre a produção e conservação de energia, abordando questões essenciais, tais como: identificação das formas de energia, recursos energéticos brasileiros, manuseio, uso racional de energia, custos comparativos entre as fontes energéticas;
- c. introduzir, nos programas dos cursos de nível superior, disciplinas de energias solar e eólica, observando os impactos do uso das várias fontes sobre o meio-ambiente e os processos industriais;
- d. criar cursos de reciclagem, extensão e especialização em energias solar e eólica;
- e. editar material didático e audiovisual de referência para a área das energias solar e eólica;
- f. selecionar e equipar universidades com instrumental moderno de demonstração, de testes e de pesquisas, para absorção de novas tecnologias das energias solar e eólica, com o apoio do MEC E MCT;
- g. estabelecer programas de capacitação para profissionais que atuem em áreas das energias solar e eólica;
- h. criar comitês assessores específicos em energias solar e eólica nas entidades de fomento;

- i. estabelecer programas de educação em utilização das energias solar e eólica para as comunidades e cooperativas.

Para a divulgação foram propostas as seguintes recomendações:

- a. implementar a comunicação social e a divulgação do desenvolvimento tecnológico e da utilização das energias solar e eólica, através do Centro de Referência, orientando a disseminação de informação pelos Centros de Desenvolvimento Regional e Centros de Excelência;
- b. estabelecer mecanismos de divulgação dos objetivos e resultados de cada projeto de demonstração, enfatizando os benefícios locais esperados e alcançados;
- c. editar periódico voltado aos usuários das energias solar e eólica, orientando sobre as tecnologias disponíveis e suas aplicações, divulgando informações de mercado e intercâmbio de experiências;
- d. interligar, através de rede de informação tecnológica, o Centro de Referência, os de Excelência, as Universidades, as indústrias e demais interessados;
- e. promover, apoiar e participar em eventos de divulgação do desenvolvimento e aplicação das energias solar e eólica.

Como pode ser visto, nessas diretrizes foi delineado e estruturado o que poderia se tornar um efetivo estímulo para o fomento, desenvolvimento e implantação de um programa para o uso da energia solar no aquecimento da água na moradia popular brasileira.

Os membros componentes do Encontro previram que houvesse um *Fórum Permanente* para divulgar e elaborar um *Plano de Ação Nacional*, e acompanhar os desdobramentos e resultados alcançados. Em outubro de 1994, esse Fórum foi apresentado em audiência pública no Congresso Nacional, sendo oficialmente estabelecido. Em dezembro desse mesmo ano, uma das diretrizes da Declaração de Belo Horizonte já tinha sido implementada, a criação do Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica no Brasil. Por recomendação do Ministério das Minas e Energia – MME e do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, foi implantado no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPTEL, pelo seu envolvimento pioneiro e sua articulação com diversas entidades atuantes do setor das energias solar e eólicas. A partir de então o CEPTEL, passou a

prever a sua atuação, através de um conselho consultivo dos quais participavam instituições governamentais, órgãos de fomento, centros de pesquisa e concessionárias de energia (Soliano, 1999). O Centro de Referência passou a ser conhecido por CRESESB⁷.

Em junho de 1995, um segundo encontro reuniu novamente os setores interessados para o que foi chamado de *Declaração de Brasília: Diretrizes e Plano de Ação para o Desenvolvimento das Energias Renováveis Solar, Eólica e de Biomassa do Brasil* (CRESESB, 1995), agora com a inclusão das fontes de energias relativas à biomassa.

As diretrizes formuladas, com a ressalva de que não havia a preocupação com a exaustividade, seguiram as da *Declaração de Belo Horizonte*. Foram delineados metas e planos de ação com 14 enfoques, abrangendo cada fonte de energia renovável. No que diz respeito à energia termossolar, a meta prevista para o ano de 2005 era a de instalar 3 milhões de metros quadrados de coletores solares, e que significaria geração de energia evitada em torno de 2.568 MWh/ano⁸ (CRESESB, 1995).

A justificativa ao programa solar para consumidores residenciais baseava-se em três premissas básicas: a promoção da conservação de energia; uma distribuição mais adequada do consumo de energia elétrica ao longo do dia; e a geração descentralizada de empregos na fabricação, instalação e manutenção dos sistemas. Os planos foram concentrados em duas situações peculiares: novas construções e construções existentes.

Para as novas construções a proposta era viabilizar “*a instalação básica para a eletrificação e/ou aquecimento solar de água em casas próprias, financiadas pelo Sistema Financeiro de Habitação, de acordo com as peculiaridades de cada localidade. O valor do investimento nos equipamentos instalados será incorporado ao financiamento da casa. Todo o*

⁷ O centro de referência passou a ser chamado de Centro de Referência de Energias Solar e Eólico Sergio de Salvo Brito - CRESESB - em homenagem ao incentivador do uso das energias solar, eólica e biomassa no Brasil, o engenheiro especialista em energia nuclear Sergio de Salvo Brito. Fonte: CRESESB, 2001.

⁸ Estimativa da energia evitada: $3.000.000 \text{ m}^2 \times 71,6 \text{ kWh/mês.m}^2$ (produção média mensal específica de energia de um coletor com classificação B no Programa Brasileiro de Etiquetagem – INMETRO/PROCEL) = 214.800.000 kWh/mês ou 214 MWh/mês ou 214 MWh x 12 meses = 2.568 MWh/ano. Energia elétrica anual consumida com o chuveiro por uma família de baixa renda: 918,7 KWh/ano (tempo médio de banho 8 min); energia consumida com família classe média-alta renda: 1.837,4 KWh/ano (tempo médio do banho 16 min).

projeto que for protocolado junto ao Sistema Financeiro de Habitação deverá identificar claramente se utiliza tecnologia solar, visando obter prioridade na concessão de financiamento”. Para as construções existentes o Encontro propôs “viabilizar a instalação para aquecimento solar de água em casas populares, financiando estas instalações com recursos do PROCEL. O valor do investimento será amortizado em um número de parcelas mensais correspondente à vida útil do equipamento.” CRESESB (1995, p 13).

As edificações de uso coletivo, como edifícios públicos, centros comerciais, supermercados, escolas, hospitais e edifícios de escritórios, estariam a cargo do PROCEL e CONPET, com ações conjuntas para estimular o uso de energias renováveis, considerando uma nova metodologia no cálculo da demanda, buscando a redução da carga instalada e seus efeitos no horário de ponta. A alteração da legislação de uso e ocupação do solo urbano, visando assegurar níveis pré-estabelecidos de insolação em áreas vizinhas, também foi contemplada.

Com relação aos impostos, a fim de reduzir o investimento inicial, foi proposta a viabilização de lei que permitisse a isenção temporária de ICMS e IPI para equipamentos de geração através de energias renováveis, e de imposto de importação apenas para equipamentos eólicos e de biomassa que utilizassem tecnologias emergentes. Para o produtor de energia seria oferecida a isenção temporária de ICMS por um período de 10 anos sobre a energia produzida com tecnologias emergentes.

Os sucessivos encontros resultaram na criação de um programa específico para as energias renováveis, através do Projeto de Lei do Senado PLS nº 27, de 1º de março de 1996. Foi chamado *Programa de Incentivos às Energias Renováveis – PIER*. Seu objetivo era promover o desenvolvimento da energia termossolar, fotovoltaica e eólica. Os recursos viriam de cinco fontes distintas, mas principalmente da Reserva Global de Reversão - RGR, no montante de 40% das parcelas mensais da quota anual de reversão estipulada para cada concessionária de energia elétrica. O PIER seria gerido por um Conselho Diretor composto por 12 membros, seis do poder executivo – das áreas de ciência e tecnologia, meio ambiente, energia elétrica, indústria e comércio, assuntos estratégicos e habitações populares – e os outros seis de entidades

representativas dos segmentos interessados. Os recursos financeiros seriam administrados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES (CRESESB-PIER, 1999).

Para o setor termossolar, em especial ao aquecimento de água para a habitação popular, haviam sido destinados 30% dos recursos, dirigidos a cooperativas habitacionais ou empresas construtoras de habitações destinadas à população de baixa renda, através de empréstimos reembolsáveis. Para programas de pesquisa, desenvolvimento e demonstração do uso das energias, mais 20%, contemplando entidades de pesquisa privadas ou governamentais, independentes ou vinculadas a instituições de ensino ou a fabricantes de equipamentos. As aplicações se fariam por empréstimos reembolsáveis, a juros baixos e prazos longos, ou por operações de fundo perdido (CRESESB-PIER, 1999).

O setor termossolar continuou articulando-se com os ministérios de políticas tecnológicas a fim de garantir presença nos programas governamentais. Em 5 de novembro de 1997, mais uma diretiva da *Declaração de Belo Horizonte* foi implementada: a ABRAVA, os Ministérios da Ciência e Tecnologia -MCT e da Indústria, do Comércio e do Turismo – MICT - o governo de Minas Gerais (SECT-MG) e a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC-MG, assinaram convênio em Brasília e criaram o Centro Brasileiro para Desenvolvimento da Energia Solar Térmica –GREEN Solar.

O GREEN Solar foi criado com a função de ser o centro de referência para o desenvolvimento científico, tecnológico, industrial e comercial dos sistemas termossolares no Brasil. Entre seus objetivos estavam o de desenvolver programas e cursos de capacitação e treinamento de pesquisadores, empreendedores, profissionais e usuários da energia solar térmica; o de sistematizar e difundir informações sobre sistemas termossolares, promovendo a integração às redes nacionais e internacionais; e o de implantar e operar programas de certificação de equipamentos e sistemas térmicos de energia solar em parceria com MCT, INMETRO e ABRAVA (GREEN Solar, 1999). O Centro, a partir de 1997, já estruturado tecnologicamente e com recursos humanos qualificados, passou a certificar coletores solares e reservatórios térmicos para o aquecimento de água no Brasil, além de desenvolver as atividades para a qual foi criado.

Nesse ano de 1997, as pressões das indústrias ligadas às energias renováveis também levaram à obtenção do primeiro incentivo fiscal vindo da área governamental, a isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadoria e Serviços – ICMS - nas operações com equipamentos e componentes para aproveitamento da energia solar e eólica. A isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados-IPI só viria a ser assinada quatro anos depois, em 2001.

Nesse mesmo ano foi criado o Conselho Nacional de Política Energética - CNPE, órgão vinculado à Presidência da República para a formulação de políticas e diretrizes do setor energético. Esse Conselho foi regulamentado três anos depois, com a definição de suas atribuições. Até então o país não possuía um órgão de planejamento de políticas energéticas dentro de uma estrutura de gerenciamento moderno, para exercer de forma contínua e eficiente a formulação de políticas públicas e o planejamento da expansão do setor energético. Essas atividades eram tradicionalmente exercidas pelas empresas estatais Petrobras e Eletrobrás, vinculadas ao MME (Bajay, 2004).

Presentes na Lei nº 9.478 de 1997 (Brasil, 1997), de criação do CNPE estavam também as diretrizes para o uso racional das fontes de energia, incluindo as fontes e tecnologias alternativas. No início de 1998 o governo já dispunha de instrumentos para estabelecer as bases para um programa na área de eficiência energética. A aplicação de recursos da receita operacional anual das concessionárias em projetos de eficiência e conservação energética foi instituída através da resolução nº 242 da ANEEL, em junho de 1998. Em 1999 foi regulamentada a obrigatoriedade de aplicação dos recursos das concessionárias em ações de conservação de energia elétrica. Essa Resolução foi transformada na Lei nº 9.991 no ano seguinte (ANEEL, 2005a). A partir dessa data, as concessionárias e permissionárias do serviço público de distribuição de energia passaram a aplicar os recursos de acordo com os regulamentos estabelecidos pela ANEEL.

Essas resoluções possibilitaram que as empresas concessionárias de energia passassem a contemplar a possibilidade de uso de aquecedores solares de baixo custo⁹ como uma das alternativas no planejamento das ações dos programas de gerenciamento de demanda na baixa

⁹ Para Oliva (1997), o baixo custo não significava baixa eficiência, apesar de concordar que em muitos casos ele pudesse representar um menor rendimento térmico e redução de vida útil. O termo se relacionava a uma configuração de sistema solar que minimizasse o custo inicial, sem grandes reduções no desempenho energético e econômico.

tensão. Foram colocadas em prática as alternativas estudadas em 1996 no grupo de trabalho do Plano de Ação PROCEL/GCOI¹⁰, cujas medidas tinham por objetivo contribuir para a solução do problema de atendimento da demanda de ponta no sistema interligado. Outras propostas foram consideradas, como o controlador de demanda no padrão de entrada, controlador de demanda no equipamento, tarifa binômica na baixa tensão e aquecedores de água a gás (Oliva, 1999).

Experiências com a implantação de sistemas termossolares em habitações populares já vinham sendo realizadas pelas concessionárias de energia elétrica desde 1989. A CPFL – SP, entre 1989 e 1997, desenvolveu um projeto piloto de um pré-aquecedor solar com a Unicamp e fabricantes de aquecedores solares de água. A CEMIG – MG já havia desenvolvido em 1993 um Sistema Simplificado de Fácil Construção de Aquecedor Solar, implantado em 10 unidades. A COPEL-PR/Eletrobrás, em 1996, implantou 203 aquecedores solares na Ilha do Mel como parte de uma proposta de conservação de energia. A Eletropaulo - SP, juntamente com a ABRAVA, realizou em 1996 uma experiência piloto em um edifício de 20 apartamentos para moradores de baixa renda na capital paulista.

Os marcos legais que antecederam a criação do *Programa Nacional de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA*, institucionalizado em abril 2002, começavam a ser delineados. Embora o setor termossolar fosse contemplado, até então, em todas as ações e metas propostas para as fontes de energias solares, os fabricantes se articulavam paralelamente para um programa distinto dos demais. Em 2001 o Projeto de Lei propondo a criação do *Programa Nacional de Instalação de Coletores Solares – PROSOL*, foi apresentado na Câmara dos Deputados, obteve parecer favorável, sendo aprovado pela Comissão de Minas e Energia em 2002. No momento encontra-se na Comissão de Finanças e Tributação da Câmara Federal.

Com a realização de reuniões e estudos dos diversos setores produtivos para a criação de normas e regulamentos para a implantação de padrões de eficiência energética em equipamentos brasileiros, os sistemas termossolares começaram a ser considerados equipamentos que economizavam energia, e não geradores de energia. A Lei nº 9.991, que estabelecia a obrigatoriedade de aplicação de recursos, por parte das concessionárias e permissionárias do

¹⁰ Eletrobrás. Plano de Ação PROCEL/GCOI. Projeto 1: Gerenciamento e modulação de carga de baixa tensão. Rio de Janeiro, dez 1996. Fonte: Eletrobrás, 1996.

serviço público de distribuição de energia elétrica, em programas de eficiência energética, iria ser sancionada em 24 de julho de 2000. Na Audiência Pública nº 003/2000, realizada em junho de 2000 pela ANEEL, para as ações voltadas ao Incremento da Eficiência no Uso Final de Energia Elétrica, os fabricantes do setor termossolar já solicitavam o enquadramento de seus equipamentos para aquecimento de água nos estudos e critérios do guia de procedimentos. Até julho de 2002, com a aprovação do *Manual do Programa de Eficiência Energética – MPEE* elaborado pela ANEEL, os sistemas termossolares eram considerados como equipamentos que economizavam energia, mas que não geravam energia. (ANEEL, 2005b).

A partir de então, através de metodologia estabelecida pelo INMETRO/PROCEL no *Regulamento Específico para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia- ENCE – Sistemas e Equipamentos para Aquecimento Solar de Água-INMETRO* (INMETRO, 2004b), a energia produzida passou a ser considerada como energia economizada, com mensurações para a redução de energia de demanda na ponta.

Nos critérios de estimativa de economia de energia, os aquecedores solares participavam com uma metodologia de cálculo que transformava a produção média mensal de energia por área coletora em energia economizada. Com esse enquadramento, qualquer concessionária de energia poderia transformar a quantidade de energia solar absorvida e transferida para a água como parâmetro equivalente de eletricidade. A energia solar térmica absorvida pelos coletores e transferida para a água poderia ser quantificada através da produção média mensal de energia ($P_{me} = \text{kWh/mês.m}^2$) definida para cada tipo de equipamento e fator solar local estabelecido.

O país, no final de 2000 e durante os anos de 2001 e início de 2002, começou a passar pela turbulência do contingenciamento de energia elétrica, com todos os setores produtivos, comerciais e residenciais das regiões Sudeste, Centro-oeste e Nordeste, sendo obrigados a participar de um programa monitorado do consumo máximo de energia elétrica. A alternativa vislumbrada pelo governo federal era a do racionamento ou a de desligamento de energia (que ficou conhecido nacionalmente como *apagão*) para alguns setores que pudessem ser excluídos do uso da eletricidade.

A redução drástica obrigatória do consumo de energia, com o desligamento de aparelhos essenciais e o controle do consumo de outros, impôs o comportamento da racionalização de uso da eletricidade. Economia, desperdício, racionalização, eficiência, conservação, escassez, consumo, gastos, hábitos, comportamentos foram alguns dos termos que passaram a ser conceituados pela mídia para a população. A noção de que os recursos eram finitos e de que mudanças de hábitos poderiam evitar a privação de consumo fez com que parte da população brasileira aceitasse o cumprimento da meta estabelecida de redução de 20% do consumo havido na mesma época do ano anterior, embora seu descumprimento estivesse sujeito a penalidades estabelecidas em lei. Como o chuveiro elétrico representava um dos maiores consumos no orçamento doméstico, a energia solar para o aquecimento de água para fins sanitários (banho) surgiu como uma alternativa para evitar a privação do consumo de água quente que se impôs, principalmente para as classes média e média-alta. Os setores de menor renda, que já naturalmente têm o seu consumo controlado pelo seu reduzido poder de compra, tiveram que se adequar, e para isso passaram a desligar equipamentos eletrodomésticos usados para o preparo da alimentação, lavagem de roupa e refrigeradores (Fantinelli e Pereira, 2004).

O governo federal, como forma de minimizar o impacto do racionamento imposto às regiões brasileiras que se encontravam com desabastecimento de energia elétrica, disponibilizou, em maio de 2001, através de seu agente financeiro habitacional - a Caixa Econômica Federal-CEF, um recurso de R\$ 100 milhões (US\$ 40.322.580¹¹) para o financiamento da compra de sistemas termossolares para o setor residencial. Tratou-se de uma ação inédita de incentivo financeiro estatal. A previsão era de atender pelo menos 125.000 residências. As linhas de crédito envolviam faixas de rendas distintas, a fim de atender às diversas classes sociais. O programa *Materiais de Construção* se destinava aos setores populares. Essa linha de crédito já atendia anteriormente os segmentos de baixa renda, que buscavam recursos apenas para atender às necessidades mais prementes de melhorias na moradia, como a troca de telhado, colocação de laje de forro, melhorias sanitárias, troca de revestimentos de pisos ou acréscimo de mais algum cômodo ao domicílio. No novo programa, o financiamento tinha juros de 6% ao ano, mais a Taxa Referencial (TR) de juros, com prazo máximo de pagamento de 60 meses.

¹¹ Dólar em julho de 2001: R\$ 2,48.

Em relatório apresentado pela CEF no *II Fórum de Energia Limpa*, ocorrido em julho de 2002, a instituição mostrou que 601 coletores solares compactos¹² tinham sido financiados até aquela data em todo o país, comercializados pelo valor médio de R\$ 990,00 (US\$ 399). O total financiado com este tipo de equipamento ficou em torno de R\$ 594.990,00 (US\$ 239.188), uma participação pequena diante do montante de recursos disponibilizado. Não foram encontrados relatórios de domínio público que avaliassem o impacto gerado sobre a indústria termossolar quanto à geração de empregos, comercialização dos equipamentos (quantidade e tipo de tecnologias instalados), ou quais as faixas de renda que mais se beneficiaram com a inovadora linha de financiamento.

Os fabricantes relatam que a produção dos coletores, em 2001, era feita em turnos de 24 horas, sem que pudessem, no entanto, atender à demanda. A sua capacidade de produção, limitada a um mercado contido, não poderia, num curto espaço de tempo, atender a uma explosão de consumo, vindo principalmente das classes média e alta. A falta de planejamento do setor energético estatal refletiu-se também nos setores produtivos de equipamentos solares, que poderiam estar engajados em soluções e ações para o uso eficiente da eletricidade, principalmente na substituição do chuveiro elétrico. As empresas tiveram que cancelar encomendas, e as aceitas só podiam ser entregues dois ou três meses depois.

Os sistemas termossolares ganharam, no entanto, visibilidade, pois foram expostos pela mídia como uma alternativa de economia de energia. As vendas de coletores solares só em 2001 foram de 480.000 m², quase o dobro do ano de 2000, que havia sido de 250.000 m². A estimativa da ABRAVA (MME-SE-DNDE, 2001) para o custo da energia elétrica conservada, nesta época, era de R\$ 150,00/MWh (US\$ 60,5/MWh¹³).

3.2 Os sistemas termossolares incluídos nas políticas de eficiência energética

O contingenciamento da demanda de energia elétrica acelerou ações para a implementação de políticas para o uso eficiente da energia. A partir de outubro de 2001, os aquecedores solares

¹²Os sistemas termossolares compactos possuem área coletora em torno de 2m² e reservatório de água quente de 200 litros, com produção mensal de energia que varia de fabricante para fabricante.

¹³ Dólar em junho de 2001 R\$ 2,48. Para um área de 900 mil m² de coletores instalados a ABRAVA estimava a economia anual de 400 GWh, com um custo de US\$ 60,5 MWh. Fonte: MME-SE-DNDE, 2001.

passaram a ser introduzidos nas políticas de eficiência energética do governo. No relatório *Plano Energia Brasil – Eficiência Energética* (MME-SE-DNDE, 2001), apresentado em outubro de 2001 na Câmara de Gestão da Crise de Energia¹⁴, o Comitê Técnico para Eficientização do Uso da Energia - CTEE (Resolução nº 26, da Gestão da Crise de Energia) detalhava as ações definidas ao longo do segundo semestre, visando à disseminação e incentivos ao uso de tecnologias eficientes estimulados por meios institucionais. O programa tinha como objetivo desenvolver mecanismos capazes de explorar o potencial de conservação de energia através de ações que visassem a transformação do mercado de energia existente naquele momento em um mercado sustentável de eficiência energética. O trabalho definia ações previstas para cada projeto proposto, bem como atividades, coordenações, responsabilidades, instituições envolvidas, prazos e recursos financeiros previsto.

Entendia também que a promoção de incentivos e a articulação entre os diversos agentes, tais como fabricantes, comerciantes, distribuidores e consumidores, estimulariam a demanda por produtos e serviços eficientes, favorecendo condições de escala adequadas para a viabilização de novas condições de oferta. Ante a perspectiva da introdução de novos produtos, estimularia a inovação tecnológica e a participação de novos agentes do mercado, como instituições financeiras e investidores. Com base nestas premissas, o comitê identificou as seguintes necessidades: estimular a conservação das economias já obtidas; antecipar a possibilidade de economia de energia; ofertar produtos eficientes; promover informação e educação do consumidor; efetuar a capacitação e treinamento dos agentes; mobilizar recursos e a mitigação dos riscos no mercado de eficiência energética. As barreiras existentes para o equilíbrio entre oferta e consumo tinham sido definidas e se agrupavam em quatro fatores principais: a falta de informação do consumidor; a ausência de linhas de créditos específicos; a reduzida capacidade técnica de profissionais na área de eficiência energética, e limitação de oferta de produtos eficientes, em preço e diversidade.

Entre as ações propostas pelo Comitê estava o incentivo à instalação de coletores solares com o intuito de acelerar a sua penetração no mercado, evitando o uso de chuveiros elétricos em novas moradias, e a sua substituição nas existentes. A estimativa calculada de economia anual era

¹⁴ O Presidente da Câmara de Gestão da Crise de Energia criou o Comitê Técnico para Eficientização do Uso da Energia – CTEE, através da Resolução 26, em 10 de julho de 2001, com o objetivo de propor medidas de conservação e racionalização do uso da energia elétrica. Fonte: MME-SE-DNDE, 2001.

de aproximadamente 380 GWh, com o custo estimado em torno de US\$ 52,4 (R\$ 130)¹⁵ para cada MWh gerado, e uma demanda evitada na ponta de 350 MW (MME-SE-DNDE, 2001).

O aporte de recursos diretos previstos era de aproximadamente US\$ 4 milhões (R\$ 10 milhões), e a disponibilizar, de R\$ 475 milhões, provindos do BIRD, Eletrobrás, RGR e CEF, com juros baixos para abranger as classes média e alta. A meta era induzir a introdução de aquecimento de água residencial solar em 392 mil domicílios em dois anos, dos quais 132.000 sistemas termossolares em habitações de baixa renda. As ações previstas sugeriam a realização de projetos-demonstrações¹⁶ em 8.000 domicílios de condomínios habitacionais (MME-SE-DNDE, 2001).

O agente financiador previsto seria a CEF com determinação de dar prioridade aos empreendimentos que considerassem a instalação de sistemas termossolares. Para o financiamento dos sistemas termossolares haveria a identificação de mecanismos já existentes e aperfeiçoamento das formas de crédito. A capacitação de cerca de 2.000 agentes da CEF seria feita em 2002, e seria realizada através de convênio com a PUC/MG. Previa-se também a formação de 50 instrutores e 1.500 projetistas e instaladores, com convênios estabelecidos entre MCT-Eletrobrás-PROCEL-CEPEL-CEF-PUC/MG-SENAI e CEFET, com parte dos recursos provindos de acordos com Banco Mundial, Eletrobrás e CEF.

Das metas propostas e delineadas em 2001, somente a capacitação de agentes da CEF foi viabilizada, mas não com os resultados esperados. Para Pereira (2005), a capacitação exige disponibilidade de tempo por parte dos agentes envolvidos, para que possam refletir e aprofundar os conceitos e conhecimentos transmitidos, o que não ocorreu. Da previsão de capacitação de 2.000 agentes, somente parte dos 70 inscritos conseguiram acompanhar o conteúdo programático estabelecido (Pereira, 2005).

¹⁵ Dólar em junho de 2001 R\$ 2,48.

¹⁶ Estes projetos possuem o objetivo de dar visibilidade à tecnologia utilizada, demonstrando a sua viabilidade técnica, econômica e sócio-ambiental, servindo de ponto de referência para ações semelhantes. Exemplo desse tipo de empreendimento é o Projeto Sapucaias, realizado em 2001 pela Eletrobrás, na cidade de Contagem, MG, o qual foi exposto como estudo de caso no Capítulo 3.

O programa de inserção de coletores solares, previsto para superar as barreiras constatadas de desequilíbrio entre oferta e consumo, com o reforço na capacitação dos recursos humanos, na elaboração de projetos, na agilização de processos de financiamento e na visibilidade para os sistemas termossolares, mais uma vez não conseguiu superar os obstáculos inerentes à disseminação de tecnologias que necessitam de um grande aporte de recursos, subsídios e estímulo para que possam competir com os energéticos tradicionais. Deve ser lembrado que, aliado a este aspecto, incorporava-se também o contexto da transição de governo, que em 2003 foi assumido por uma nova composição partidária. No entanto, a falta de continuidade do programa se insere na ausência de uma estratégia de maior abrangência política, constante em planos de longo prazo e integrada ao planejamento energético do país.

Paralelamente às atividades e à busca de soluções a curto prazo para a crise, o desabastecimento de energia em 2001 repercutia intensamente em todas as instâncias da sociedade brasileira. Na economia, refletia-se de forma desastrosa. No dia a dia da vida da população, o desligamento de iluminação pública, de motores, elevadores, sinaleiras, equipamentos domésticos, etc, demonstrou o quanto a qualidade de vida da modernidade está atrelada ao uso da eletricidade. Em outubro de 2001, em caráter de urgência, foi aprovada a Lei nº 10.295 – dispondo sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia (Brasil, 2001a), que por cerca de 10 anos vinha sendo debatida no Congresso Nacional. Em dezembro de 2001, o decreto nº 4.059 (Brasil, 2001b) definiu os procedimentos e responsabilidades para o estabelecimento dos indicadores e níveis de eficiência energética, instituindo o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE.

O Comitê¹⁷ foi criado com a determinação de que os apoios técnicos deveriam ser efetuados pelos órgãos subordinados ao MME, a ANEEL, ANP, PROCEL e CONPET (Brasil, 2001a). A composição do comitê ficou composta por: MME, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC, ANEEL, ANP, um representante das universidades e um cidadão brasileiro, especialistas em matéria de energia, com mandato de dois anos.

¹⁷ A portaria 186, de 12 de julho de 2002, permitiu dar início à primeira reunião do Comitê. Fonte: MME-SE-DNDE, 2001.

Em julho de 2002, o CGIEE, no uso de suas atribuições, elaborou o plano de trabalho para a implementação progressiva da Lei 10.295, visando o estabelecimento dos “*níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados e comercializados no país*” (Brasil, 2001a). Na regulamentação específica para cada tipo de máquina ou aparelho, os coletores solares foram enquadrados no Grupo 2 :*Equipamentos que empregam outras fontes de energia*. Atendendo o Art. 5 ° os coletores teriam uma regulamentação específica elaborada pelo respectivo Comitê Técnico e aprovada pelo Comitê Gestor, após processo de audiência.

As implicações comerciais nos mercados interno e externo, quando da aplicação da Lei de Eficiência Energética, já haviam sido previstas pelo CGIEE. Resultados significativos necessitariam de articulações com outros setores governamentais, como a área econômica, através de incentivos com linhas de financiamento; a área tecnológica, com apoio à pesquisa e implantação de laboratórios; a área de desenvolvimento e industrial, através da consideração da eficiência energética na política industrial do país (MME-SE-DNDE, 2001).

No relatório de atividades (2002) sobre a implementação da Lei de Eficiência Energética, realizado no âmbito da Coordenação Geral de Eficiência Energética do Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético – DNDE, sob coordenação do CGIEE, está exposta a forma como se processaram as ações de continuidade do *Plano Energia Brasil – Eficiência Energética*, com a seguinte consideração: “*Em que pese o fato deste Plano ter sido desenvolvido no contexto de gravidade da crise de energia, a escolha das ações propostas no Plano foi realizada levando-se em conta que a eficiência energética não pode estar vinculada apenas às questões conjunturais, mas sim estar incorporada a uma Política Energética Nacional. O estímulo à criação do mercado de eficiência energética e o desenvolvimento de mecanismos para garantir a sustentabilidade deste mercado requer a elaboração de políticas públicas visando à promoção de incentivos e à articulação entre os diversos agentes envolvidos. Espera-se que, ao longo do tempo, a expansão de instrumentos orientados para o mercado contribua para a gradual autonomia do mercado de eficiência energética no país*”. (Assumpção, 2002, p.3)

O relatório apresentado pelo MME-DNDE alertava de que para alcançar os objetivos almejados em relação à eficiência energética era necessária a articulação de ações entre os diversos agentes envolvidos, tais como agências reguladoras, concessionárias, poder executivo, programas nacionais de uso racional de energia, fabricantes, associações de classe e consumidores.

Naquele ano foram definidos os equipamentos que teriam regulamentações específicas, entre eles os coletores solares. Para o comitê, a primeira etapa do estabelecimento desses índices correspondia a uma participação voluntária, através do Programa Brasileiro de Etiquetagem, iniciada em 1992 e conduzido pelo INMETRO-PROCEL-CEPEL-Eletróbrás, com uma etiquetagem informativa sobre a eficiência energética de aparelhos e eletrodomésticos. A segunda etapa consistia no estabelecimento destes índices de forma compulsória e não mais voluntária

As pressões dos setores ligados às energias renováveis desembocaram por fim na aprovação de seu programa específico: em 26 de abril de 2002 o governo federal, através da Lei nº 10.438, instituiu o Programa de Incentivo às Fontes Renováveis-PROINFA. Nele constava o seguinte artigo: “*Art 3º Fica instituído o Programa de Incentivo às Fontes de Energia Alternativas – Proinfa, com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de Produtores Independentes Autônomos, concebido com base em fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa, no Sistema Elétrico Interligado Nacional, mediante os seguintes procedimentos...*” (Brasil, 2002). A Lei abrangia as fontes eólicas, biomassa e PCHs, criando a compulsoriedade de compra de energia destas fontes, com uma previsão de reserva de mercado de 10% da matriz energética brasileira, para os próximos 20 anos. Com a criação da *Conta de Desenvolvimento Energético - CDE* - a Lei passou a abranger também o gás natural e o carvão mineral nacional. Em março de 2004, o PROINFA foi regulamentado e em junho a nova governança brasileira divulgava os projetos aprovados para a geração de energia de 2,8 MW, com início previsto da geração comercial dos projetos para dezembro de 2006.

A energia solar, usada para o aquecimento de água, tinha ficado absolutamente fora das políticas de incentivos às fontes renováveis abrangidas pela nova Lei. Os mecanismos de atuação

e pressão dos diversos atores envolvidos com os sistemas termossolares não tinham conseguido sensibilizar os agentes das políticas energéticas para a contribuição significativa que representaria a substituição da eletricidade na geração de água aquecida no horário de ponta da demanda de energia elétrica, em especial para as classes populares, onde estes gastos representam uma parte significativa de seu orçamento familiar mensal.

Em maio de 2002, o setor termossolar teve o Projeto de Lei 4138/01 aprovado pela Comissão da Câmara dos Deputados e Comissão do Ministério de Minas e Energia. A Lei de 2001, chamada *PROSOL*, que estabelecia um fundo que garantisse o financiamento para a instalação de coletores solares em imóveis comerciais e residenciais em todo o país, contaria agora com um *Fundo Nacional de Fomento ao Uso de Energia Solar – FUNSOL*. O Fundo seria formado por recursos provenientes da cobrança de uma taxa sobre o faturamento bruto anual de cada uma das concessionárias dos serviços públicos de energia elétrica em operação no Brasil. Em 16 de maio de 2002 ele foi encaminhado à Comissão de Finanças e Tributação da Câmara Federal e não teve mais seguimento.

Em 2004, mais um projeto de lei do setor termossolar foi apresentado à Câmara dos Deputados (PL nº 4242/04) com o objetivo de *Incentivar as pesquisas aplicadas ao desenvolvimento de fontes de energia renováveis*. O Projeto propunha a criação do *Fundo Nacional de Desenvolvimento Sustentável das Energias Renováveis*, para fomentar, também, a fabricação e comercialização dos equipamentos utilizados na produção de energia. De acordo com o projeto, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social-BNDES seria o administrador desse fundo. O projeto de lei continua tramitando anexado ao Projeto de Lei - PIER (MCT, 2004a).

Em 2004, novo projeto de lei (PL nº 3680/04) foi apresentado, mas com uma destinação específica aos segmentos populares: *Dispõe sobre a utilização de energia solar na construção de habitações populares*, com a seguinte proposição: *Art. 1º - Os projetos de construção de habitações populares com recursos oriundos de Programas de Habitação Federal ficam obrigados a manter dispositivo que permita o aproveitamento da energia solar*. Em julho de 2004 a proposta tramitava em caráter conclusivo pela Comissão de Minas e Energia (MCT, 2004b). Em agosto de 2005, aguardava recurso das diversas comissões do poder legislativo.

A investigação nos documentos oficiais disponíveis para a verificação das articulações institucionais e dos demais agentes da sociedade civil envolvidos na elaboração e implementação de políticas públicas, em especial no que se refere à inserção de coletores solares para os setores populares desembocaram na minuta da Política Nacional de Eficiência Energética -PNEE (MME/SDE/DNEE, 2003), constantes do Plano Plurianual: PPA 2004-2007, elaborada ao longo de 2003 e divulgada em outubro de 2003 pelo MME, a Secretaria de Desenvolvimento Energético-SDE e o Departamento Nacional de Eficiência Energética – DNEE.

O documento definia as atribuições e responsabilidades de cada agente público envolvido e o papel estruturante e orientador da ação política, cuja função disciplinadora e reguladora foi colocada como indispensáveis para a redução das barreiras que impediam o funcionamento pleno dos mercados de eficiência energética. A estratégia adotada se estruturava a partir do conceito de “*transformação do mercado*” definido por Kosloff et al. (2001) como o “...conjunto de ações que permite a superação gradual de barreiras para que tecnologias mais eficientes passem a se tornar dominantes no mercado, substituindo permanentemente as tecnologias convencionais menos eficientes...”. As ações tinham a função de introduzir a concepção dinâmica de desenvolvimento dos mercados, com a penetração, difusão e expansão de novas tecnologias, revalorizando o *status* da intervenção pública e da ação regulatória (MME/SDE/DNEE, 2003).

A formulação do objetivo do PNEE se estabelecia com a necessária participação de todos os agentes envolvidos promovendo “*a otimização do uso dos recursos energéticos ao longo de toda a cadeia produtiva - desde a fonte promovida pela natureza até o consumidor final – mantidas as condições de segurança e o conforto dos usuários, contribuindo para a melhoria da qualidade dos serviços de energia e a redução dos impactos ambientais e proporcionando maiores benefícios para o país*” (MME-SDE-DNEE, 2003). O estabelecimento de alianças estratégicas e a exploração das sinergias existentes entre os diversos agentes constituíam em ações determinantes para que os objetivos pudessem ser consolidados.

Os agentes públicos, segundo as novas posturas, passaram a ter competências e funções definidas para implementar um amplo leque de políticas, voltadas agora para a eficiência energética (Figura 3.4). Ao MME coube a função de elaborar e acompanhar a Política Nacional

de Eficiência Energética; ao PROCEL e ao CONPET, a função de programar, viabilizar e consolidar tais políticas; e à ANEEL e Agência Nacional do Petróleo - ANP, a função de regular e fiscalizar as políticas estabelecidas.



Figura 3.4 Os agentes públicos das políticas de eficiência energética. Montagem da autora.

As diretrizes do governo, relacionadas à eficiência energética, constantes no Plano Plurianual-PPA 2004-2007, do Ministério de Minas e Energia (MME/SDE/DNEE, 2003), alicerçaram-se em quatro pontos básicos: impulsionar os investimentos em infra-estrutura de forma coordenada e sustentável; melhorar a gestão e a qualidade ambiental e promover a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais; ampliar e fortalecer as bases científicas e tecnológicas de sustentação ao desenvolvimento; e promover o aumento da produção e a redução dos preços e dos bens e serviços de consumo popular.

As políticas foram orientadas para:

- i. programas energo-eficientes e prioritários, a serem conduzidos pelo MME em articulação com os demais agentes do Governo;
- ii. o planejamento estratégico e a definição de ações dos Programas Nacionais de Conservação de Energia – PROCEL e CONPET;
- iii. a formulação de mecanismos regulatórios eficazes e de instrumentos de fiscalização pelas agências de regulação do setor – ANEEL e ANP;
- iv. a concessão de financiamentos pelos agentes financeiros oficiais;

- v. a elaboração de uma política de P&D para a área de eficiência energética;
- vi. a concepção e a implementação de projetos de eficiência energética das empresas distribuidoras do setor;
- vii. a tomada de decisão do setor privado (ESCOs¹⁸, fabricantes, etc.) para incrementar o investimento em eficiência energética em consonância com as ações consideradas prioritárias.

O estímulo ao uso do aquecimento termossolar na moradia de interesse social poderia estar contemplado nos itens A e C do PNEE, esquematizado no Apêndice VIII, o de estímulo ao desenvolvimento, promoção e difusão de tecnologias inovadoras e o da mudança de comportamento para o uso racional da energia. Igualmente no item G, no qual são incentivados os projetos de eficiência energética que se enquadrem no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) para obtenção de reduções certificadas de emissões.

A promoção de investimentos em eficiência energética no uso final (apresentado no item D do Apêndice VIII), com a definição de diretrizes para a aplicação de investimentos por parte das concessionárias de energia, foi regulamentada pela ANEEL no final de dezembro de 2005, com importante estímulo para o incremento de coletores solares nas habitações populares. O órgão regulador, através de audiência pública, conseguiu estipular e aprovar que a metade dos recursos oriundos da obrigatoriedade de aplicação, 0,25% da Receita Operacional Líquida - ROL das concessionárias e permissionárias, sejam usados em projetos de comunidades de baixa renda (explicitado no item 3.3).

Considerando-se a nova rede de agentes envolvidos na consolidação da eficiência energética em âmbito nacional, os agentes públicos que estariam fomentando tais políticas, (incluindo-se aquelas já definidas no *Plano Energia Brasil – Eficiência Energética de 2001*) no que diz respeito ao uso de aquecedores solares, seriam o PROCEL¹⁹ (viabilizar, implementar e consolidar as diretrizes) e a ANEEL (regular e fiscalizar). Na busca por ações realizadas entre os

¹⁸ Empresas de Serviço de Conservação de Energia (ESCOs): são empresas que realizam projetos de eficiência energética assumindo a responsabilidade por todas as fases do projeto, financiando os custos dos investimentos. São remuneradas com a economia de energia obtida.

¹⁹ Desde a reativação do PROCEL, em 1991, os Programas de Eficiência Energética se coadunam com as políticas de governo, com esforços para a racionalização da demanda de energia elétrica, com metas estabelecidas para a economia e aumento de produtividade do sistema elétrico brasileiro, principalmente através do uso racional de eletricidade e da redução da demanda na ponta. A previsão realizada pelo PROCEL em 1996, para o ano de 2015, era de um potencial de conservação pelo lado da demanda da ordem de 11%, desde que um programa continuado e persistente de conservação de eletricidade não sofresse solução de continuidade. Numa estimativa de demanda de 600 milhões de MWh, o potencial evitado representaria 100 milhões de MWh. Isto evitaria o investimento na construção de usinas com a potência total de 20 mil MWh. Fonte: Leite, 1997.

anos de 2004²⁰ e 2005, foram encontrados no site institucional do PROCEL referências às metas destinadas somente aos setores industrial, comercial e público.

3.3 A redução de energia na ponta com os sistemas termossolares

Ação para a mitigação da geração de energia elétrica tem sido vista como uma alternativa para adiar investimentos significativos por parte do poder público e privado. A substituição de equipamentos com alto consumo de energia elétrica como o chuveiro elétrico, por tecnologias que utilizam outros processos de conversão de energia, como os coletores termossolares para o aquecimento da água para fins sanitários, passou a ser estimulada em programas ligados às concessionárias. O controle de consumo do chuveiro elétrico, realizado através do gerenciamento da corrente, em horários em que existe uma demanda excessiva, planejado com a integração de equipamentos termossolares passou a ser visto como uma possibilidade a ser experimentada junto aos segmentos de baixa renda.

Os investimentos de recursos públicos para a inserção de coletores solares nas moradias populares, ao longo dos últimos dez anos, têm sido pontuais. Têm sido disponibilizados através de:

- i- programas de racionalização do uso da eletricidade com a realização de *projetos demonstrativos* - PROCEL- Eletrobrás;
- ii- dotação orçamentária específica para financiamento de equipamentos termossolares, através do agente operador estatal, a Caixa Econômica Federal -CEF;
- iii- e da Lei Federal nº 9.991, de 24 de julho de 2000, que dispõe sobre a reversão de ações em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e eficiência energética das concessionárias e permissionárias de energia elétrica. Esta Lei tem sido a principal fonte para o subsídio dos equipamentos termossolares aos usuários de baixa renda. Os equipamentos são doados aos moradores.

²⁰ Em 2004 o Programa contabilizou a economia de 800 milhões de kWh na demanda de energia com a implantação de ações de eficiência energética por parte de mais de 100 empresas de diversos setores. As metas de longo prazo consignadas no Plano 2015 prevêm uma redução de demanda da ordem de 130 bilhões de kWh. O PROCEL estima que seja evitada a instalação de 25.000 MW, o equivalente a produção duas vezes maior do que a Usina de Itaipu. Fonte: Agência Canal Energia, 2004 (entrevista dada pelo Secretário-Executivo do PROCEL Aloísio Vasconcelos à Agência Canal Energia, em 14 de dezembro de 2004).

Em relação aos projetos realizados pelo PROCEL - Eletrobrás, as experiências mais significativas para o gerenciamento da carga de consumo com coletores solares, voltadas especificamente para comunidades de baixa renda, foram a do Projeto Ilha do Mel, no Paraná, em 1996, e a do Projeto Sapucaias (Projeto Eletrobrás Solar), em Contagem, em Minas Gerais, em 2001 (estudo de caso do Capítulo 5), com a instalação de 203 e 100 coletores solares, respectivamente.

O Projeto Ilha do Mel constituiu uma experiência pioneira de intervenção estatal para o apoio à pesquisa e instalação de coletores solares, com o objetivo de diminuir a geração termoelétrica local e equilibrar a alta demanda, em horário de pico de consumo de energia elétrica, que a reserva ecológica passou a ter com o incremento do turismo. Não existem dados de domínio público sobre a redução de demanda na ponta e economia de energia. Em visita ao local, em maio de 2004, embora a reserva ecológica já recebesse energia elétrica fornecida diretamente da concessionária, e já houvesse um controle do fluxo máximo de turistas, foi constatado que alguns sistemas termossolares ainda estavam em funcionamento, enquanto que a maioria já havia sido retirada.

O Projeto Sapucaias, por ter sido monitorado pelo GREEN Solar quanto ao consumo de energia e desempenho dos equipamentos ao longo dos 5 anos tem disponível resultados significativos para contribuir na elaboração de programas específicos para os setores populares. Embora as condições climáticas e culturais sejam distintas na imensa área geográfica brasileira, a economia de energia alcançada pela comunidade mineira, da ordem de 34,6%, entre 2000 a 2005, remete para a possibilidade de estudo de cenários para o deslocamento de demanda na ponta, se incentivado o uso de coletores solares para os setores populares.

Quanto à Lei nº 9.991, de reversão de recursos das empresas de energia elétrica para ações de incentivo ao desenvolvimento de pesquisa e eficiência energética, até 31 dezembro de 2005, era determinado que a concessionária ou permissionária devesse aplicar anualmente, no mínimo, 0,50% de sua Receita Operacional Líquida para P&D, e de 0,50% para Programas de Eficiência Energética - PEE's. A economia média estimada com o PEE's desde 1998 foi de 4.000 GWh/ano, retirando uma carga da ponta de consumo da ordem de 1.140 MW. A aplicação dos recursos, da

ordem de um bilhão e quatrocentos milhões de reais (US\$ 600.859.369²¹), distribuiu-se entre projetos de efficientização de prédios e indústrias (30%) e iluminação pública (28%). No setor residencial foram aplicados 16% do total dos recursos, principalmente com a doação de lâmpadas eficientes (ANEEL, 2005c).

As concessionárias que fizeram uso desta lei, com a aplicação de recursos para a redução de demanda na ponta, por meio da doação de coletores solares para as populações de baixa renda, foram a de Minas Gerais (Cemig), e a do Rio de Janeiro (Light). A instalação iniciou-se em 2004, e até o final de 2005 possuíam 436 e 665 unidades, respectivamente, já em funcionamento nas moradias populares. Embora a mídia escrita tenha noticiado a realização de mais experiências, foi constatado que elas não ocorreram. Como, até agora, não existiam metodologias estabelecidas pelo órgão regulador e fiscalizador para controle dos resultados, devidamente comprovado por meio de medição, não existem ainda dados, de domínio público, para a verificação dos ganhos de energia obtidos com esses projetos.

A partir de 1 de janeiro de 2006, o percentual a ser aplicado no desenvolvimento de programas para o incremento da eficiência energética no uso final da energia elétrica passou a ser de 0,25% da Receita Operacional Líquida – ROL das concessionárias e permissionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica, com o percentual a ser aplicado pelas empresas com energia vendida inferior a 1.000 GWh/ano podendo ser ampliado para até 0,50%.

Com o intuito de aprimorar a regulamentação vigente, o órgão regulador (ANEEL) emitiu um parecer, através da Nota Técnica nº 063/2005 – SRC/ANEEL, 20 julho de 2005, definindo tipos de projeto, os parâmetros de economia de energia esperados e a forma de aplicação dos recursos para 2006. O estudo também sugeriu que fossem restringidos os que não representassem maiores ganhos de economia de energia elétrica, como os projetos das tipologias “Marketing”, “Educação”,²² “Iluminação Pública” e “Gestão Energética Municipal” (ANEEL, 2005d).

²¹ Dólar em dez de 2005: R\$ 2,33.

²² Os projetos da tipologia “Educação” estavam sendo utilizados como apoio ao atendimento de comunidades de baixa renda, marketing e regularização de consumidores clandestinos, e não como forma de conscientizar a população para o uso racional de energia elétrica. Para corrigir estas distorções o estudo propôs a criação de projetos específicos para o combate às perdas comerciais e para as populações de baixa renda. Para este último os projetos estariam voltados para ações de instalações elétricas nas residências, utilização de equipamentos eficientes e disseminação de informações para a correta utilização da energia elétrica. Fonte: Nota Técnica nº 063/2005 – SRC/ANEEL, 20 julho de 2005.

A Resolução Normativa nº 176 da ANEEL, publicada em dezembro de 2005, depois de realizada Audiência Pública (nº 021/2005), estabeleceu novos critérios para a aplicação de recursos em PEE's, agora com “*metas de economia de energia elétrica*”²³ e *benefícios diretos para o consumidor, passíveis de serem verificados por meio de indicadores de intensidade energética ou medição direta, permitindo constatar a redução de demanda na ponta e do consumo de energia*”, com critérios de avaliação técnico-econômicos para a viabilidade dos projetos e relação custo-benefício²⁴ constantes no Manual do Programa de Eficiência Energética ciclo 2005/2006 (ANEEL, 2005e).

No Art. 5º, a resolução estabelece que “*...a concessionária ou permissionária (com energia vendida inferior a 1.000 GWh/ano) deverá aplicar, no mínimo, 50% do total de recursos destinados aos Programas em projetos que contemplem comunidades de baixa renda*”²⁵ não se aplicando a recuperação do investimento aos projetos do tipo residencial e de atendimento à subclasse residencial de baixa renda (exceção para a área comum de condomínios horizontais). Reafirma que os equipamentos de uso final de energia elétrica utilizados nos projetos deverão possuir o selo PROCEL de eficiência e/ou PROCEL/INMETRO de desempenho.

As ações voltadas para os setores populares foram definidas no Manual do Programa de Eficiência Energética ciclo 2005/2006, da RN nº 176 (ANEEL, 2005f), e constam de orientações sobre o uso eficiente de energia, doações de equipamentos eficientes, instalação de aquecedores e pré-aquecedores solares em substituição ou auxílio aos chuveiros elétricos, adequação de instalações elétricas internas das residências, e ações educacionais específicas. O aquecimento solar para a substituição do chuveiro também foi incluído com um caráter mais abrangente, de projeto de eficientização para os demais setores de usos finais.

Com o Art. 6º do órgão regulador e fiscalizador passou a dar visibilidade à destinação dos recursos a serem aplicados pelas concessionárias, o que anteriormente não era de conhecimento público: “*A concessionária ou permissionária deverá realizar Audiência Pública, tendo por*

²³ As economias de energia ou demandas são determinadas pela comparação dos usos medidos de energia ou demanda antes e após a implementação de um programa de economia de energia. Economias de energia = Uso da energia consumo-base – Uso da energia pós-retrofit + Ajustes. Fonte: Manual do Programa de Eficiência Energética ciclo 2005/2006: ANEEL, 2005.

²⁴ A relação custo-benefício (RCB= custo anualizados/benefícios anualizados) ficou definida em 0,80, com exceção para os projetos destinados aos segmentos populares de baixa renda.

²⁵ O Manual definiu *comunidade de baixa renda* como aquelas constituídas de unidades consumidoras de baixo poder aquisitivo.

objetivo colher sugestões sobre a aplicação dos recursos e expor o respectivo programa ao conhecimento público, antes da sua entrega à ANEEL”, com a execução do Programa sendo acompanhada diretamente pela ANEEL, ou por agências estaduais conveniadas, devendo os projetos apresentar metodologia de avaliação, monitoração e verificação de resultados comprobatórios da economia de energia e demanda retirada no horário de ponta.

Esses novos critérios, estabelecido somente no final do ano de 2005, abrem uma significativa e importante fonte de recursos para a destinação de projetos energéticos voltados aos setores populares brasileiros, principalmente para o fomento da inserção de coletores solares. Além de permitir o acompanhamento das ações desenvolvidas, o monitoramento irá estimular o desenvolvimento de tecnologias eficientes e aprimorar o controle do uso racional e de disseminação de informações para a sua correta utilização.

As iniciativas do poder público municipal para o fomento ao uso de equipamentos solares como forma de economia de energia são pontuais, configurando-se como esforços e intenções que ainda não conseguiram romper as barreiras da desinformação sobre os benefícios da tecnologia. Dos 5.560 municípios existentes no Brasil pelo menos quatro dispõem de legislação aprovada: Salvador (Ba) (Lei 3.903/1988), Sertãozinho (SP) (Lei 59/2001), Varginha (MG) (Lei 3.486/2001) e Americana-SP (Lei 124/2004). Embora algumas delas já estejam regulamentadas, para que o projeto da residência contemple tubulações de água quente para o uso de coletores solares, existem resistências advindas principalmente da preocupação com o incremento nos custos finais da obra, o que impede a sua implementação, como é o caso de Salvador (Rodrigues & Matajs, 2004).

A regulação referente à edificação de prédios residenciais dá-se no âmbito municipal por meio do Plano Diretor e legislação complementar. A inclusão de normas específicas nos códigos de obras requer que a comunidade técnica local, os planejadores municipais e a sociedade sejam informados sobre os ganhos de economia com a tecnologia para que venham a fazer a opção pelo aquecimento termossolar. Os incentivos fiscais também poderão acompanhar as ações no âmbito das legislações municipais para que a comunidade seja estimulada a fazer o investimento solar.

3.4 Considerações finais do capítulo

O primeiro choque do petróleo em 1973 - 1974²⁶ incentivou as pesquisas mundiais para buscar alternativas de substituição do petróleo, em seus diversos usos finais. Para o aquecimento de água para fins sanitários (realizado com o uso do gás ou por energia obtida de petróleo, carvão, energia hidrelétrica e energia nuclear) já havia sido pesquisado e desenvolvido tecnologias desde 1891, quando começaram a ser comercializados, nos EUA, os primeiros coletores solares, precursores dos que seriam largamente usados na Califórnia e na Flórida até a Segunda Guerra Mundial, e no Japão, Austrália e Israel no pós-Guerra. Os países industrializados, que já dominavam a tecnologia e dependiam de fontes fósseis, desenvolveram rapidamente seus mercados e conseguiram significativos avanços tecnológicos. O Brasil, que em 1973 dependia em 80,4%²⁷ do petróleo externo (MME-EPE-BEN, 2005), reformulou sua política de oferta de energia primária e concentrou seus esforços na pesquisa e prospecção de petróleo, aumento da hidroeletricidade e produção de álcool para a substituição da gasolina.

Os investimentos nas pesquisas em energia solar permitiram que diversas universidades brasileiras criassem núcleos de estudos para o desenvolvimento de diversos produtos tecnológicos, entre eles os coletores solares. Paralelamente à pesquisas acadêmicas, o mercado de tecnologias solares se expandia, no Brasil, com a cópia de coletores desenvolvidos em outros países, apropriados às mais diversas condições climáticas, diferentes das condições prevalentes no Brasil. Até a década de 80, em torno de 80 indústrias, concentradas principalmente no estado de São Paulo, ofertavam seus produtos sem controle normativo dos padrões de qualidade, embora algumas universidades já possuíssem laboratórios para testes de desempenho.

À época do segundo choque do petróleo (1979-1981) o Brasil já havia aumentado a geração de energia hidrelétrica em 66,8%, de 4.977 10³ tep²⁸, em 1973, para 10.022 10³ tep, em 1979, mas ainda dependia em 85,8% da importação de petróleo²⁹. A lenha representava 48,9% da energia primária produzida no país (MME-EPE-BEN, 2005). O impacto provocado pelo aumento dos

²⁶ O preço do barril de petróleo (tipo Brent) subiu de US\$ 8 para US\$ 32. Fonte: Teixeira, 2005. Em 25 de janeiro de 2006 a cotação do barril (do tipo leve) era de US\$ 67,7 nos EUA, e de US\$ 65 em Londres.

²⁷ Produção de petróleo em 1973: 8.554 10³ tep; importação: 35.000 10³ tep. Fonte: MME-EPE-BEN, 2005.

²⁸ Tonelada equivalente de petróleo – tep. 10.000 kcal/kg (poder calorífico do petróleo de referência). Energia hidráulica e eletricidade : coeficiente de equivalência teórica 1 kWh = 860 kcal

²⁹ Produção de petróleo em 1973: 8.419 10³ tep; a importação: 51.000 10³ tep. Produção de lenha em 1979: 30.375 10³ tep. Fonte: MME-EPE-BEN, 2005.

preços do petróleo³⁰ provocou uma recessão mundial. No Brasil a redução do crescimento econômico nacional foi refletida na taxas baixas do PIB.

O crescimento do consumo de energia, previsto para 10%, entre 1980 e 1990, ficou aquém do previsto, evidenciando o excesso da capacidade elétrica instalada. Esse excesso de geração justificou que o aumento da tarifa elétrica fosse situado abaixo da taxa de inflação, permitindo a expansão das indústrias energointensivas. No setor residencial o aumento do consumo residencial foi ainda estimulado por políticas de crédito à aquisição de eletrodomésticos.

O planejamento das políticas energéticas até então estava concentrado nas mãos do Estado, com a estatal Eletrobrás definindo as estratégias para o setor elétrico, e a Petrobrás, para o petróleo e gás, cabendo ao Ministério de Minas e Energia - MME a sua homologação. Foi dentro desta conjuntura que começaram a ser esboçados os primeiros movimentos, partindo da ação estatal, com vistas à criação de um programa nacional específico para o desenvolvimento científico e tecnológico da energia solar no Brasil. O *Plano Diretor do Programa Nacional de Energia Solar- Pro-solar –MME*, elaborado em 1987, foi o precursor dos sucessivos planos e diretrizes que passaram a compor o cenário das ações de fomento e de estruturação do planejamento voltado para o uso da energia solar.

Nele foram estabelecidas as linhas mestras de atuação do Estado para a elevação do grau de autonomia tecnológica do país, de forma a tornar o uso da energia solar economicamente competitivo em relação às fontes convencionais. Incluíam-se nas diretrizes do Programa a formação e qualificação de recursos humanos; o apoio às pesquisas básica e aplicada; a instituição de normas de padronização, homologação e certificação de qualidade de equipamentos solares; a promoção, divulgação e disseminação das potencialidades de seu uso, com incentivos fiscais e estímulos para os produtores homologados, usuários e concessionárias de energia. O mapeamento solarimétrico em níveis regionais e nacional estimularia estudos e programas para o desenvolvimento brasileiro de tecnologias solares.

³⁰ O preço do barril de petróleo (tipo Brent) foi para US\$ 781. Fonte: Teixeira, 2005.

No entanto, à redução dos preços internacionais do petróleo veio juntar-se a intensificação das pesquisas e a descoberta de grandes reservas nacionais de petróleo, com a diminuição da dependência de importação, que em 1990 era de 47,5%³¹; o desenvolvimento e a produção de álcool combustível para substituir parte da gasolina utilizada na frota nacional; e a construção de grandes centrais hidrelétricas, com o incremento da geração em 78% (1990) em relação a 1973³², aliado à política estatal de tarifas elétricas defasadas em relação à inflação³³. A conjuntura criada levou à um redirecionamento da ação estatal em relação à um programa solar brasileiro, e o Pro-solar não foi implementado.

A partir da década de 1990, a questão ambiental passou a dominar intensamente as preocupações mundiais, em decorrência de alguns casos emblemáticos como o grave acidente na usina nuclear Chernobyl, na União Soviética, em abril de 1986, com a contaminação de uma grande área e a morte de muitas pessoas, animais e plantas; o caso Exxon Valdez, ocorrido na costa do Alasca, com contaminação por petróleo da região costeira e marinha, provocando a morte da fauna e da flora e causando danos importantes aos ecossistemas atingidos; e também de acidentes do mesmo tipo e em menores proporções, noticiados no Brasil e nos demais países, ao longo das décadas anteriores. Esses acontecimentos aceleraram as ações de movimentos ambientalistas, que já vinham apontando os danos cada vez mais freqüentes à natureza e ao homem.

Conferências e estudos passaram a alertar para as interferências na natureza que vinham sendo constatadas, provocadas pelas emissões fósseis decorrentes das atividades humanas, pelo uso intenso de fontes de energia fóssil (petróleo, carvão, gás, entre outros). Tornava-se cada vez mais evidente a relação entre a emissão de gases efeito estufa³⁴ e o aumento da temperatura global, embora uma parte da comunidade mundial se mantivesse cética e pusesse em dúvida a relação entre a emissão desses gases e o efeito estufa, notadamente dos países industrializados, onde se concentravam as maiores emissões (UNDP, 2000). As ações mundiais passaram a ser direcionadas no sentido da diminuição dos impactos das emissões fósseis (Agenda 21 – Eco 92, 1992), com acordos internacionais para a redução das emissões (Protocolo de Kyoto, 1997),

³¹ Em 1990 a produção nacional era de 32.550 10³ tep, e a importação, de 29.464 10³ tep. Fonte: MME-EPE-BEN, 2005.

³² Em 1973 a geração em hidreletricidade era de 4.977 10³ tep, em 1990: 17.770 10³ tep. Fonte: MME-EPE-BEN, 2005.

³³ A defasagem é calculada em estudo feito por Andrade e Lobão em ordem de 263%, de 1963 a 1995. Fonte: Andrade & Lobão, 1998

³⁴ Gases de efeito estufa: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs e SF₆.

através de programas para a conservação de energia, o aumento da eficiência energética e a substituição de fontes fósseis por fontes de energia com menor dano ambiental.

No Brasil, a baixa tarifa de energia elétrica, regulada pelo Estado foi incrementando a demanda em todos os setores da atividade econômica, sem que houvesse, até então, qualquer preocupação com a conservação e a eficiência energética. Tanto a produção como o consumo mostrava o desperdício da energia em todos os processos de uso final: iluminação, aquecimento, transporte, geração de calor, etc. Os programas de conservação de energia passaram a ser contemplados como uma alternativa para evitar a expansão da geração de energia elétrica e o aumento da dívida do setor elétrico. O país se incorporava, também, aos novos desafios que os demais países industrializados já buscavam, de diminuição da intensidade energética em suas atividades industriais e em toda a cadeia de produção, consumos e usos dos demais setores. Com esses objetivos dois programas foram criados e implementados³⁵ na década de 90 dentro do MME: o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica-PROCEL, subordinado à Eletrobrás, e o Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados do Petróleo e Gás Natural – CONPET³⁶, subordinado à Petrobrás.

Essas novas diretrizes, de estímulo às políticas energo-eficientes, levaram o MME, em 1994, seis anos depois da elaboração do *Pro-solar* (1987), a retomar os debates para o fomento ao uso da energia solar, abrangendo já então também a energia eólica e, posteriormente, nos novos encontros, a biomassa (1995). Foi a partir desses encontros que a energia termossolar passou a ser contemplada e incorporada em diretrizes e metas governamentais. Até então, os fabricantes de equipamentos termossolares, especialmente aqueles do ramo de coletores solares e reservatórios térmicos, vinham-se organizando corporativamente em torno da entidade que reunia fabricantes de ar-condicionado, refrigeração, ventilação e aquecimento (ABRAVA), para conseguir benefícios e incentivos para o setor³⁷. A área instalada de coletores no país, nessa época, não passava de 307 mil m².

³⁵O PROCEL foi criado em 1985, e o CONPET, em 1992.

³⁷No início da década de 90 o departamento ligado à energia termossolar possuía 4 associados; em 1993, 11; em 1994, 6; em 1998, 9; em 2000, 18; em 2002, 31. Em 2005 não se encontraram mais dados disponíveis sobre o número de associados. O INMETRO registra a certificação de 25 indústrias brasileiras.

O setor vinha de um histórico (1982) em que o metro quadrado de coletor instalado custava o dobro (US\$ 500/m²) do preço médio usado como parâmetro pelo Banco Mundial e UNDP, em 1979. Nesse período, a indústria brasileira termossolar passava por uma crise, envolvendo o elevado custo inicial, descrédito na qualidade dos equipamentos, falta de padrões e especificações adequadas, motivado pela ausência de uma política pública direcionada para o incentivo tecnológico ao setor, embora houvesse investimentos para este fim nas universidades e instituições de pesquisas brasileiras. A falta de integração entre a área acadêmica e os fabricantes já havia sido apontado pela FINEP (1981) como uma das causas para o baixo nível tecnológico industrial. A taxa de mortalidade das empresas instaladas no estado de São Paulo, o principal pólo da produção de equipamentos solares, no início da década de 80, era de 60% (das 39 existentes).

A partir do último encontro realizado pelo MME, em 1995, o setor termossolar definiu detalhadamente as metas a serem alcançadas para o incremento do uso de coletores solares no país, que passavam por incentivos fiscais, capacitação tecnológica, avaliação de conformidade para sistemas e equipamentos e criação de um centro de referência para o desenvolvimento científico e tecnológico dos sistemas termossolares. A justificativa para programa solar para consumidores residenciais foi focada em premissas básicas, tais como: a promoção da conservação de energia; uma distribuição mais adequada do consumo de energia elétrica ao longo do dia; e a geração descentralizada de empregos na fabricação, instalação e manutenção dos equipamentos. No que toca aos segmentos de interesse social a viabilização se daria através de financiamento com recursos da Eletrobrás – PROCEL, amortizado em parcelas mensais correspondentes à vida útil do equipamento.

Os sucessivos projetos de lei que passaram a ser enviados para a Câmara dos Deputados, para viabilizar as metas já definidas, articularam-se com aqueles referentes às demais fontes de energia, a solar fotovoltaica, eólica e a biomassa, as chamadas fontes alternativas (PIER-1996; PROSOL, 2001). Ao mesmo tempo, o setor conseguiu que fossem implementados importantes mecanismos e incentivos, como a criação do centro de referência tecnológica para o estudo da energia térmica e de um laboratório específico para a certificação de equipamentos termossolares (GREEN Solar), a isenção fiscal de alguns tributos (ICMS em 1997 e IPI em 2001), e a

realização de experiências pilotos para a instalação de aquecedores solares em habitações de baixa renda. Com recursos vindos da Eletrobrás foram implantados projetos em uma área de preservação ambiental - Ilha do Mel -Pr (1996); em um prédio de apartamentos de interesse social, em São Paulo-SP (1996), e em habitações unifamiliares urbanas de interesse social, em Contagem-MG (2000).

A inexistência de um órgão de planejamento de políticas energéticas dentro de uma estrutura de gerenciamento moderno, para exercer de forma contínua e eficiente a formulação de políticas públicas e o planejamento de expansão do setor energético, fazia com que coubesse às estatais definir metas e planos. O Conselho Nacional de Política Energética – CNPE - criado em 1997, ao ficar vinculado à Presidência da República através da Secretaria de Energia-SE, passou a conduzir as políticas e diretrizes do setor energético brasileiro (Bajay, 2004). Junto com ele foi criada a ANP, que, com a ANEEL, passaram a ser os órgãos reguladores e fiscalizadores dessas políticas no âmbito do petróleo e gás, e da energia elétrica, respectivamente. O PROCEL E CONPET passaram a subordinar-se ao CNPEE, com a função de viabilizar, implementar e consolidar as políticas estabelecidas. O novo modelo elétrico posto em execução tinha a perspectiva de privatizar todo o setor de distribuição e, com a livre concorrência, promover a eficiência do setor.

O Brasil, em 2001, já tinha uma nova matriz energética. A participação das energias renováveis na produção das energias primárias já era de 44,6% (cana de açúcar, madeira e energia hidrelétrica), e a importação de petróleo, de 32%. A geração de energia hidráulica, no entanto, desde 1998 (com uma demanda em crescimento) havia estacionado em torno de 25.188 10³ tep, e reduzindo-se a 23.028 10³ tep em 2001 (MME-EPE-BEN, 2005). A crise de abastecimento de eletricidade que se estabeleceu nas regiões Sudeste, Centro-oeste e Nordeste geraram ações emergenciais por parte do Estado, para dar soluções imediatas à demanda mínima necessária. Isso acelerou a implantação de programas pelo lado da eficiência energética com a aprovação Lei de Eficiência Energética e a lei para o incentivo às energias alternativas (energia eólica, energia solar fotovoltaica e biomassa). Em 2002 foi instituído o Programa de Incentivo às Fontes Renováveis - PROINFA³⁸. Entretanto, os sistemas termossolares, cujos agentes vinham

³⁸ Regulamentado só em 2004.

realizando articulações conjuntas com os demais agentes pró-energias renováveis, não foram contemplados na importante lei. A justificativa apontada foi de que coletores solares para aquecimento de água não poderiam ser considerados como geradores de energia, e que a lei se estabelecia para a geração. Passaram a partir de então serem considerados equipamentos capazes de prover eficiência energética, na medida em que evitavam o consumo de eletricidade.

Como a experiência realizada pela Eletrobrás e GREEN-Solar em Contagem (MG), em 2000, com a inserção de coletores solares em moradias populares, já apresentava dados significativos de economia de energia (em torno de 25,6% nos 9 primeiros meses), o governo federal, dentre as ações emergenciais tomadas disponibilizou US\$ 40 milhões, através de seu agente financeiro habitacional (CEF), para o financiamento da aquisição de sistemas termossolares. O Projeto Sapucaias, em Contagem, tinha permitido testar a tecnologia, proporcionando resultados positivos com respeito à eficiência energética alcançada com os equipamentos selecionados e aos ganhos econômicos para as populações pobres.

Paralelamente ao financiamento, um grande programa foi definido para o incentivo à instalação de coletores solares, com o intuito de acelerar a sua penetração no mercado, evitando o uso de chuveiros elétricos em novas moradias e incentivado a sua substituição nas existentes. Nas metas propostas estava a implantação de 392 mil coletores em dois anos, a capacitação e sensibilização profissional da cadeia de agentes ligados ao setor termossolar e o desenvolvimento de projetos demonstrativos. A energia gerada prevista era de 762 GWh. Os recursos de US\$ 191,5 milhões,³⁹ viriam da Eletrobrás, MCT, Reserva Global de Reversão (RGR), CEF e BIRD (MME-SE.DNEE, 2003).

O programa, porém, não foi implementado. Por ter sido definido num contexto de transição de governo, fora de uma estratégia de maior abrangência política, constante em planos de longo prazo e integrado ao planejamento energético do país, foi desativado pela nova composição política que assumiu os rumos do país em 2003. O setor termossolar conseguiu ser incluído nos programas para eficiência energética por meio de uma metodologia de cálculo que transformava a produção média mensal de energia por área coletora, em energia economizada, e a

³⁹ Dólar em julho 2001 R\$ 2,48.

seguir, exibiu a redução havida de energia de demanda na ponta. Os critérios, em agosto de 2002, já haviam sido oficialmente estabelecidos pelo INMETRO-PROCEL-ANEEL.

O setor industrial termossolar, nessa época, teve um grande incremento de vendas. Somente em 2001 foram instalados 480.000 m² de coletores, quase o dobro do ano de 2000, em que haviam sido instalados de 250.000 m². O custo dos sistemas baixou 50% em relação a 1992, alcançando valores em torno de US\$ 160/m². No entanto, passada a fase de redução obrigatória de consumo de eletricidade e de incentivos ao uso racional da energia as vendas caíram 30%. Em 2004 o setor apresentava um índice total instalado no ano de 339 mil m², com a participação expressiva de 80% do setor residencial. A estimativa é de que existam 3 milhões de m² de coletores, instalados no Brasil desde 1982.

Em 2004, o setor termossolar ainda fez aprovar pela Câmara de Deputados um outro projeto de lei com a intenção de aprovar incentivos específicos para a habitação de interesse social. Nele, as moradias populares construídas com recursos federais deveriam dispor obrigatoriamente de “...dispositivo que permita o aproveitamento da energia solar”. Em agosto de 2005, o Projeto de Lei aguardava recurso, com despacho já realizado para as diversas comissões que integram o legislativo federal.

A partir da instalação da Política Nacional de Eficiência Energética – PNEE (Lei votada no final de 2001 e implementada a partir de 2002) os equipamentos solares passam a ser considerados como equipamentos em fase de certificação voluntária. Na nova visão técnica, a eficiência energética passou a ser entendida como algo envolvendo uma grande rede de agentes. Sua consolidação só se daria através da participação de todos, de órgãos governamentais a instituições financeiras, educacionais, de pesquisa, órgãos de defesa do consumidor, fabricantes, consumidores, ONGs, concessionárias e agentes reguladores, entre outros. No escopo das diretrizes da PNEE, delineadas no Plano Plurianual - PPA 2004-2007, os equipamentos termossolares podem estar inseridos e abrangidos por uma série de diretrizes delineadas.

Em dezembro de 2005, após parecer técnico da ANEEL e audiência pública, ficou estabelecido que 50% do percentual dos recursos a serem aplicados no desenvolvimento de

programas para o incremento da eficiência energética no uso final da energia elétrica, por parte das concessionárias e permissionárias, de 0,5% da receita líquida operacional para reversão em P&D e ações para eficiência energética será destinado às comunidades a baixa renda. Esse novo critério abre uma significativa e importante fonte de recursos para a destinação a projetos energéticos voltados aos setores populares brasileiros, principalmente para o fomento da inserção de coletores solares. Além de permitir o acompanhamento das ações desenvolvidas, o monitoramento irá estimular o desenvolvimento de tecnologias eficientes e aprimorar o controle do uso racional e de disseminação de informações para a sua correta utilização.

O setor termossolar, através de sua entidade associativa e de projetos desenvolvidos pelo Centro Brasileiro para o Desenvolvimento da Energia Solar Térmica – GREEN Solar e Eletrobrás-PROCEL, tem avançado em programas de capacitação para os diversos agentes que compõem a rede termossolar. Desde o início de 2005 os fornecedores e instaladores de equipamentos termossolares necessitam passar por cursos de capacitação e qualificação para serem credenciados oficialmente pelo INMETRO, e para poderem participar de licitações públicas para venda e instalação de equipamentos termossolares. Um programa de normalização para o dimensionamento dos sistemas termossolares no território brasileiro, incluído dentro das normas da ABNT, também já está sendo elaborado com o apoio do Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT - com previsão para que no ano de 2006 comece a ser implantado e incluído dentro dos manuais de certificação da qualidade de fornecedores e instaladores de equipamentos termossolares brasileiros.

Com o novo governo instalado, o Estado retomou o papel central das decisões do setor elétrico e energético. A prestação de serviços na área de estudos e pesquisas destinados a subsidiar a formulação, o planejamento e a implementação de ações do MME, no âmbito da política energética nacional, passou a ser feita pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE (Brasil, 2005f). Desde abril de 2004, a elaboração de estudos de energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis, eficiência energética, utilização racional, conservação de energia e programas de desenvolvimento energético ambientalmente sustentável, dentre outros, passaram a ser feitos pela nova empresa pública vinculada ao MME. Consta também como objetivo do órgão a de promover estudos voltados para

programas de apoio à modernização e capacitação da indústria nacional. O Estado, desse modo, estrutura a política energética envolvendo todos os suprimentos energéticos com planos e metas centralizados, com uma visão sistêmica da cadeia de fontes de energias e da sua interdependência econômica. O fortalecimento e continuidade de órgãos desse tipo, sinalizadores de ações para a formulação de políticas estratégicas para o desenvolvimento do país dependerá das complexas relações entre as diversas estruturas e organismos da sociedade brasileira.

No capítulo a seguir foi traçado um panorama sobre a evolução da indústria brasileira de sistema termossolares, com a identificação do sistema típico usado na moradia popular, sua eficiência e preços.

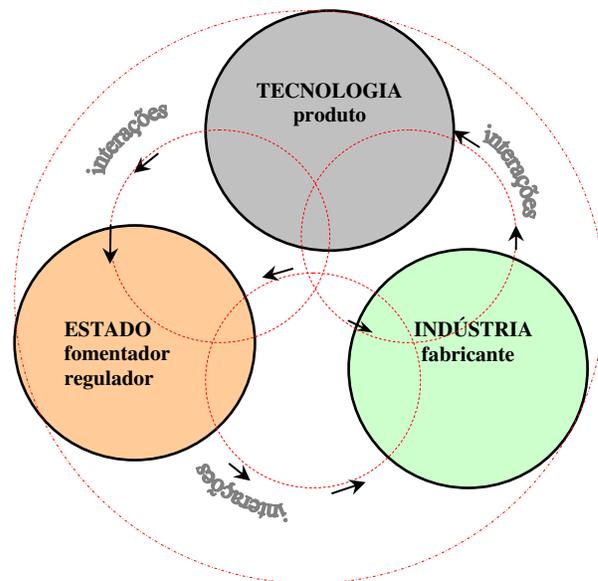
Capítulo 4

Evolução da indústria brasileira de sistemas termossolares

A energia radiante do sol tem sido pesquisada para que, ao ser transferida para um determinado meio, possa ser armazenada e aproveitada como energia térmica ou elétrica. Quando absorvida e transferida para a água, é armazenada em reservatórios e usada para os mais diferentes fins. Conforme o tipo de tecnologia, a água pode chegar a temperaturas maiores do que 250°C. Os equipamentos criados para seu aproveitamento são aqui chamados de sistemas termossolares. No meio popular, de acordo com cada região brasileira, recebem os mais diversos nomes como teto solar, placa solar, coletor solar, aquecedor solar, dentre outros.

O presente capítulo foi organizado para que se conheça, através de uma abordagem histórica, a evolução das atividades que envolvem a energia solar no Brasil, em particular com relação aos setores industriais que desenvolveram equipamentos para a substituição das formas convencionais de energia no aquecimento de água doméstica. A investigação é realizada para que se possa diagnosticar o estágio em que se encontra a aplicação da energia solar térmica em coletores de aquecimento de água, voltados para um setor específico, o residencial de interesse social, ou seja, para as moradias populares brasileiras. A pesquisa se concentra nas atuações dos diversos agentes envolvidos, como fabricantes, órgãos governamentais e instituições de pesquisa e ensino, para o desenvolvimento, produção e diminuição de custos dos sistemas termossolares. O sistema mais desenvolvido no Brasil e as formas de controle de seu desempenho energético por parte dos órgãos governamentais são evidenciados, para se avaliar o estágio de desenvolvimento da tecnologia brasileira.

O digrama mostra a metodologia adotada no capítulo, o da análise das três áreas interdependentes: o da Tecnologia, da Indústria e a do Estado.



Investigação:

a. Barreiras iniciais de implantação: custo/eficiência;

b. Evolução da indústria : questionário: longevidade - produção – emprego- capacitação - tecnologias desenvolvidas - mercados- incentivos – barreiras;

c. Mecanismos de controle da eficiência energética dos equipamentos pelo Estado: Normalização do desempenho térmico: ensaios de coletores e reservatórios

d. Participação das indústrias nos programas do governo para capacitação da industria, de instaladores e melhoria da qualidade da tecnologia

e. Identificação sistema típico:matérias primas – padronização - problemas existentes - instalação – operação;

f. Da informação disponibilizada on-line - tecnologia comercializada – dimensionamento

g. Eficiência energética e custos do kWh/m²

h. Viabilidade de aquisição dos sistemas pelas classes populares

Figura 4.1 Diagrama da metodologia adotada no capítulo: análise das interações entre Tecnologia, Indústria e Estado. Elaborado pela autora.

4.1 A tecnologia do sistema termossolar

A eficiência de um coletor solar depende de uma série de variáveis tais como fatores climáticos, operacionais, geométricos e das características físicas dos materiais empregados. Também deve ser considerado o desempenho térmico de todo o sistema termossolar, composto

pelas placas coletoras, reservatórios de água quente e fria, e os ramais de tubos e conexões. Neste estudo, denomina-se sistema termossolar ao conjunto formado por placa coletora e o reservatório térmico. Nesta seção são mostrados os fundamentos teóricos e os principais fatores determinantes do desempenho da tecnologia mais desenvolvida no Brasil, o coletor de placa plana, tais como o potencial solarimétrico e o uso adequado de materiais.

4.1.1 A radiação solar incidente no Brasil

A radiação solar que incide na superfície terrestre pode ser refletida ou absorvida. A energia absorvida pode ser armazenada pelas plantas ou pelos materiais. A energia absorvida pode ser posteriormente usada para o aquecimento de um fluido, água ou ar. A energia solar aproveitável é função do período de insolação e pode ser estimada através de diversos métodos. Assim, as informações solarimétricas sobre a distribuição do recurso solar ao longo do ano em cada localidade, região e estado são importantes para o desenvolvimento e disseminação da tecnologia solar.

As regiões desérticas do mundo possuem altas radiações solares, como Dagget no Deserto de Mojave, na Califórnia (USA), e Dongola, no Deserto Árábico, no Sudão, com uma radiação solar anual de 23,8 MJ/m².dia e 20,9 MJ/m².dia, respectivamente. No Brasil ocorre um centro de máxima radiação de 24 MJ/m².dia em uma região pequena do centro-oeste do Rio Grande do Sul. A média anual brasileira, entretanto, varia entre 8 e 22 MJ/m².dia (Tiba et al., 2000), o que representa um potencial solarimétrico excelente para o aproveitamento. Um breve relato sobre o estado da arte dos estudos sobre o potencial solarimétrico do Brasil está contido no Apêndice I deste trabalho.

4.1.2 Os componentes de um sistema termossolar

O funcionamento de um coletor solar para aquecimento de água baseia-se na propriedade de absorção da radiação solar por um material, com a transferência da energia térmica (calor) para a água. A radiação absorvida será a radiação solar direta, a que atravessa a atmosfera terrestre sem sofrer alteração em sua direção original e difusa, aquela que atravessa a atmosfera e é difundida ou refletida pelos elementos constituintes dessa atmosfera.

A placa coletora é formada por cinco componentes básicos: caixa externa, isolante térmico, placa absorvedora, tubos condutores do fluido (água, para o caso brasileiro) e cobertura transparente (Figura 4.2). A direção (azimute) deverá ser orientada em direção ao norte geográfico (no Brasil) para que se obtenha o maior tempo de incidência de radiação solar. A inclinação do coletor, em relação à horizontal, deverá ser estabelecida para o período no qual se deseja o melhor desempenho, o período do inverno, ou durante o ano inteiro.

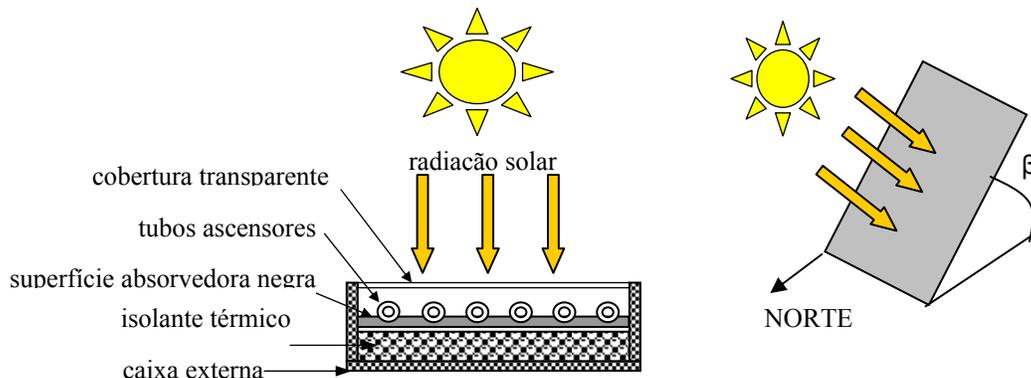


Figura 4.2 Corte esquemático de uma placa coletora solar e a inclinação para melhor desempenho.

Fonte: Duffie e Beckman, 1991. Adaptado pela autora.

A caixa externa pode ser fabricada em aço inox, alumínio, material termoplástico ou galvalume (composição de alumínio e aço galvanizado). Para minimizar as perdas térmicas, um material isolante é colocado entre a caixa e a placa absorvedora com os tubos ascensores, geralmente lã de vidro, lã de rocha ou espuma de poliuretano.

A placa, também chamada de *aleta*, é a responsável pela transferência da energia solar para os tubos por onde circula o fluido de trabalho, no caso dos coletores aqui estudados, a água. As *aletas* devem estar ajustadas à tubulação para que a condução ou transferência do calor para os tubos seja eficiente. Pode ser constituída por materiais com propriedades físicas específicas de alta condutividade térmica e absorvidade. Geralmente são usados o cobre e o alumínio. Mas existem novas tecnologias que usam polipropileno negro, polipropileno terracota, EDPM e PEAPM (geralmente utilizados em coletores abertos para piscinas).

Quando a energia radiante incide sobre uma superfície fosca preta, uma grande porcentagem dessa energia é absorvida. As cores claras refletem melhor a radiação e portanto absorvem menos energia que as cores escuras. A placa absorvedora deverá ser pintada em uma de suas faces em uma cor mais próxima do negro, para maximizar a absorção da energia solar. O coeficiente de absorção de vários tipos de superfícies negras varia de 0,8 a 0,98. Também poderão ser usadas superfícies seletivas ou tintas seletivas, para aumentar a eficiência das placas coletoras. Uma superfície seletiva é caracterizada pela alta absorvidade na faixa de comprimentos de onda mais curtos e pela baixa emissividade para os comprimentos de onda longos, característicos das temperaturas usuais das placas coletoras. Seu preço elevado, entretanto, faz com que não sejam usadas quando se deseja reduzir o custo de um coletor.

A função da superfície transparente mostrada na Figura 4.1 é reduzir as perdas de calor por radiação e, também, por convecção. Essa superfície transparente pode ser de vidro ou algum tipo de polímero, como os poliésteres semicristalinos, policarbonato ou acrílico. Os coletores com essa superfície são chamados coletores solares planos fechados. A proteção da placa absorvedora por uma lâmina de vidro reduz a perda de calor. O vidro é altamente transparente para os pequenos comprimentos de onda da radiação solar, mas virtualmente opaco para os comprimentos de onda da radiação infravermelha, emitida pela placa abaixo de 100C° (Szokolay, 1978).

Em 2002, o Centro de Pesquisas de Energia GREEN Solar PUC-MG realizou um ensaio em diferentes tipos de coberturas - vidro liso de 2, 3 e 4mm; vidro martelado, canelado, policarbonato, vidro com baixo teor de ferro e vidro sem ferro (importado) e avaliou o impacto de sua utilização em algumas aplicações específicas. O estudo analisou também as curvas de eficiência instantânea e a produção mensal de energia de um coletor típico com o vidro especificado. Para os vidros novos de 3 mm, a transmitância máxima experimental foi de 88,8% e a produção de energia de 79,9 kWh/m².mês; para as coberturas envelhecidas esses valores eram menores, de 85% e 72,9 kWh/m².mês respectivamente (GREEN Solar, 2002). Aliado ao envelhecimento, a falta de limpeza das coberturas dos coletores contribui para a diminuição da eficiência das placas coletoras.

Quanto aos tubos por onde escoa a água, geralmente é utilizado o cobre, devido à sua alta condutividade térmica e resistência à corrosão. Materiais não metálicos como PVC e EDPM têm sido usados em coletores abertos, com a obtenção de água quente em torno de 40°C. Em regiões onde é comum a ocorrência de temperaturas muito baixas, as placas coletoras deverão ser dotadas de dispositivos de proteção anticongelamento. Esse sistema permite a circulação da água quando ela atinge uma determinada temperatura, evitando que ocorra o congelamento da água e o rompimento dos tubos por onde ela circula.

Os reservatórios térmicos para o armazenamento da água aquecida são constituídos de aço inoxidável, cobre ou material termoplástico, com capacidade de suportar a pressão do sistema. Quando construídos em cobre ou termoplásticos suportam até 2 m.c.a.¹; em inox, quando submetidos a baixa pressão, suportam até 5 m.c. a. Reservatórios de linhas de alta pressão têm resistência para até 40 m.c.a.

Internamente são isolados para evitar as perdas de calor para o meio ambiente, garantindo-se, assim, seu desempenho térmico. Geralmente é usado o poliuretano rígido expandido, que possui condutividade térmica da ordem de 0.026 W/m.K. No revestimento externo é usado o alumínio, responsável pela proteção do isolamento contra as intempéries. Os reservatórios geralmente possuem um sistema de aquecimento auxiliar, constituído por um termostato, para a verificação da temperatura da água, e uma resistência elétrica, que poderá ser acionada manual ou eletronicamente quando ocorre pouca incidência de radiação solar (dias chuvosos) ou aumento de consumo. O aquecimento auxiliar normalmente é elétrico ou a gás (Figura 4.3).

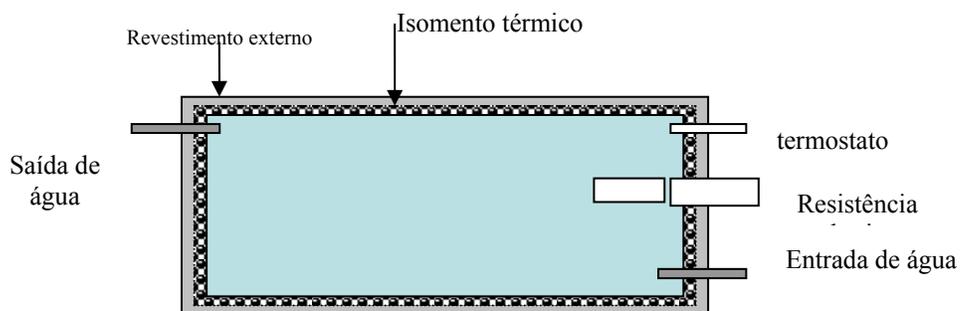


Figura 4.3 Esquema de um reservatório térmico. Elaborado pela autora.

¹ 1 metro de coluna d'água = 1 mca = aproximadamente 0,1kgf/cm².

4.1.3 A eficiência térmica do coletor solar

O processo de conversão térmica da energia solar, para aquecimento da água dentro de tubos coletores e sua acumulação em reservatórios termicamente isolados, requer o controle de uma grande diversidade de dados e condicionantes, para que se obtenha uma eficiência elevada com custos competitivos em relação às outras fontes de energia. Na análise de qualquer tecnologia, assume especial relevância o desempenho do sistema em operação. No caso do aquecimento de água por energia solar, é preciso determinar como funciona o conjunto composto pelas placas coletoras, o reservatório de água quente e os ramais de tubos e conexões, e qual é o ganho final de energia, obtida em função da temperatura final e vazão requerida no ponto de consumo.

A eficiência de um sistema termossolar pode ser medida considerando-se dados diários, anuais ou instantâneos. No caso da análise da eficiência somente da placa coletora, esta depende de fatores climáticos, das características físicas dos materiais empregados e da geometria da placa, além de condicionantes operacionais, como a vazão da água. As variáveis a serem consideradas são listadas a seguir:

- a. Fatores climáticos e de utilização – decorrentes da latitude, altitude e das demais condições ambientais e requisitos de operação: intensidade da radiação solar total (nebulosidade ou cobertura do céu); temperatura ambiente, velocidade do ar (ventos); temperatura e regime de escoamento do fluido de trabalho (água).
- b. Fatores físicos – decorrentes das propriedades físicas dos materiais empregados: transmitância, reflectância, emitância da cobertura de vidro; absorptância e emitância da superfície de absorção; condutividade térmica dos materiais da placa e dos tubos de circulação da água, condutividade térmica do isolamento inferior.
- c. Fatores geométricos – decorrentes de considerações de projeto e econômicas: tipo da placa de absorção e do acoplamento entre placa e tubos; espessuras da placa e tubo e espaçamento entre tubos; distância placa/cobertura e artificios para reduzir a convecção natural (Babtista Filho, 1981).

4.2 O sistema termossolar típico produzido no Brasil

O sistema termossolar para uso doméstico mais produzido atualmente no Brasil consiste em um coletor com placa plana e um reservatório térmico independente, isolado termicamente, para a armazenagem da água aquecida. Nele a circulação da água é feita de forma natural pela diferença de densidades entre os ramos quente e frio do sistema, constituindo assim o chamado *termossifão*. O ramo quente é constituído pela placa coletora e pela tubulação que conduz a água quente até o reservatório térmico. O ramo frio é constituído pela base do reservatório e tubulação que conduz a água mais fria até a à entrada das placas coletoras. Quando há equilíbrio térmico entre eles, a circulação cessa (Figura 4.4 e 4.5).

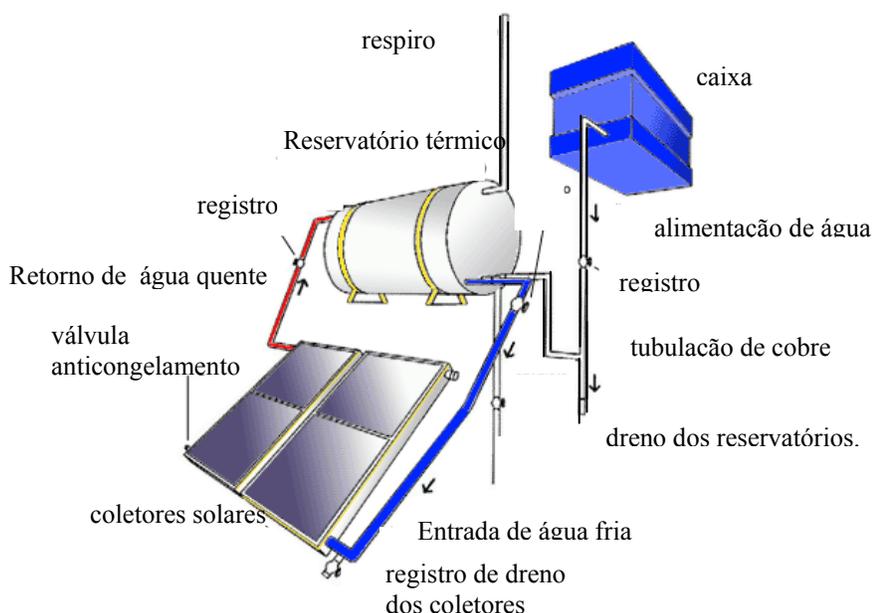


Figura 4.4 Sistema termossolar: placa coletora, reservatório térmico e reservatório de água fria.

Fonte: Soletrol, 2004.

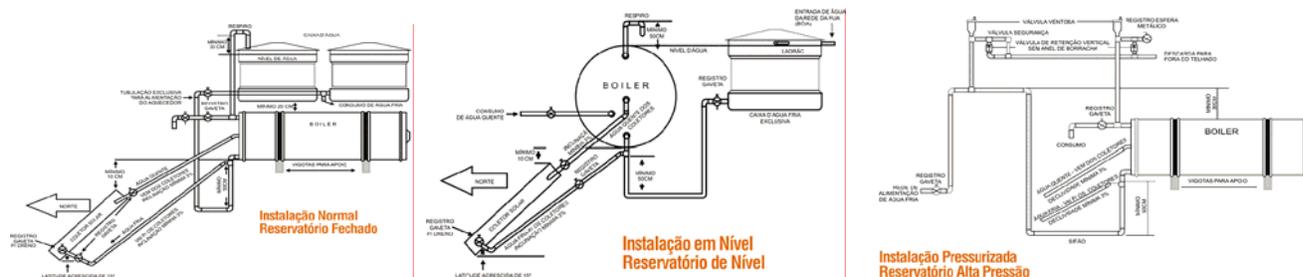


Figura 4.5 Tipos de instalações feitas com os sistemas termossolares brasileiros.

Fonte: Transen, 2005.

A circulação forçada da água, através de bombeamento, é utilizada geralmente em reservatórios térmicos de maior capacidade (maior do que 1500 litros)

Os coletores de pequenas dimensões cuja placa absorvente de metal fica próxima ao reservatório, ou é acoplada a ele, foram desenvolvidos na década de 1960 por pesquisadores australianos (Figura 4.6). Hoje estes coletores possuem um sistema de aquecimento diferente. Nos tradicionais, a água fria desce aos painéis solares, é aquecida e retorna ao tanque de armazenagem. No sistema atual, chamado de *circuito fechado*, um fluido absorve o calor do sol nos painéis solares e transfere esse calor para a água através de uma camisa que envolve totalmente o tanque de aquecimento de água. Este sistema foi desenvolvido para resolver os problemas com o congelamento da água e o entupimento das serpentinas de cobres, pela deposição de calcários.

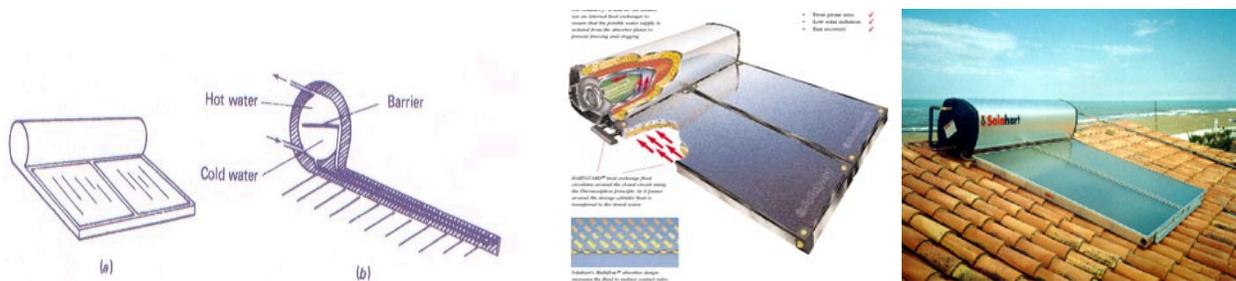


Figura 4.6 Sistema acoplado desenvolvido na Austrália em 1960. Fonte: Szokolay, 1978.

No centro e à direita o sistema atual. Fonte: Solahart, 2005.

O coletor acoplado ou compacto começou a ser comercializado no mercado brasileiro a partir de 2001, quando o governo brasileiro impôs cotas de consumo de energia elétrica às regiões que apresentavam possibilidade de desabastecimento (Figura 4.7).



Figura 4.7 Sistema acoplado comercializado pela indústria brasileira a partir de 2001. Fonte: Astrosol, 2005

Esses coletores são assim chamados por possuírem o reservatório térmico integrado à placa coletora. Foram desenvolvidos para pequenos consumos de água aquecida. Possuem reservatórios de 100 a 200 litros e placas em torno de 1,30m² a 1,90m².

A Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC - desenvolve atualmente pesquisas para a produção de um coletor para as regiões frias do país, onde é comum a ocorrência do congelamento da água nos coletores. Os estudos se concentram em coletores de pequeno custo, para famílias de baixa renda, que faça proveito do processo “*two-phase closed thermosyphons*” TPCTs. O modelo oferece a vantagem de melhorar a eficiência térmica e a proteção natural ao anticongelamento do fluido circulante (Figura 4.8). A pesquisa teve início em 2001 e ainda se encontra em desenvolvimento (Abreu et al, 2003).

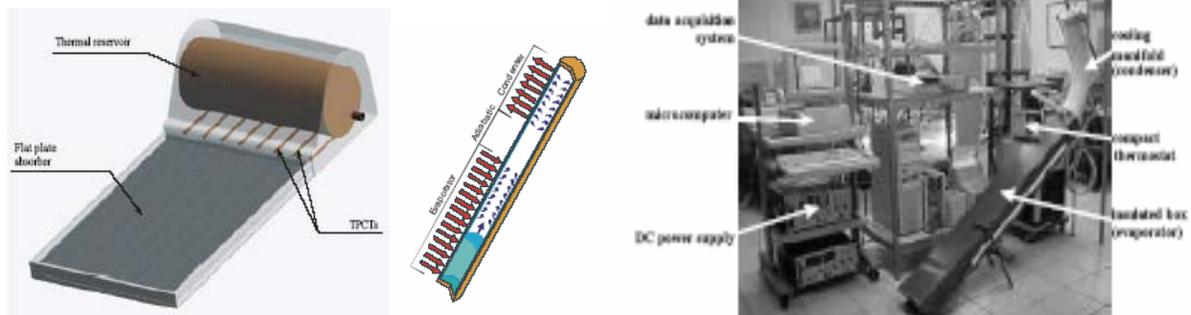


Figura 4.8 Esquema de coletor com sistema TPCTs e em testes no laboratório da UFSC.
Fonte: Abreu et al., 2003.

O modelo típico de uma placa coletora solar produzida pela indústria brasileira está esquematizado na Figura 4.9. Na maioria das indústrias as placas são montadas de forma manual de manualmente. A produção de sistemas termossolares em um fabricante com capacidade de investimento de pequeno porte se processa de forma artesanal, unidade a unidade, com as seguintes etapas:

- a. primeiro é formada a caixa com os perfis de alumínio (fornecidos em barras com as dimensões e os perfis especificados por cada fabricante de coletores) e a base, em chapa de alumínio (fornecida em bobinas com as larguras e espessuras necessárias), montada por um funcionário (ou equipe), geralmente unida por rebites. Existem empresas que utilizam chapa dobrada;

- b. outra equipe faz a soldagem dos tubos de cobre que formam a serpentina. O número de tubos varia, conforme o projeto de cada fabricante, entre 7 e 11 unidades;
- c. Outro funcionário opera uma máquina que produz as aletas, de cobre ou alumínio. Estas, em uma etapa posterior, serão pintadas com tinta preta fosca. Algumas empresas utilizam solda por ultrassom e superfícies seletivas;
- d. o isolamento entre a serpentina e a caixa do coletor é feito com poliuretano expandido, injetado através de equipamento apropriado, por outro funcionário;
- e. a última camada do sistema a ser montada é o vidro, de 3 mm, o qual é fixado com borracha de silicone em sua extremidade. Os vidros chegam aos fabricantes, vindos do atacadista fornecedor, já cortado nos tamanhos exatos, seguindo uma programação otimizada de corte;
- f. após a revisão a placa é empacotada e vai para a expedição.

Recentemente, algumas indústrias brasileiras começaram a reformular totalmente seu processo industrial, criando células de produção com procedimentos racionalizados, tanto na manufatura como no almoxarifado dos materiais. Essas indústrias geralmente têm seu processo de maturidade no desenvolvimento de coletores, e modernização visa também ao atendimento do mercado internacional. Deve-se lembrar que o processo de automação, embora deixe de gerar empregos, aumenta a qualidade do produto e diminui o preço final para o consumidor (Figura 4.10).

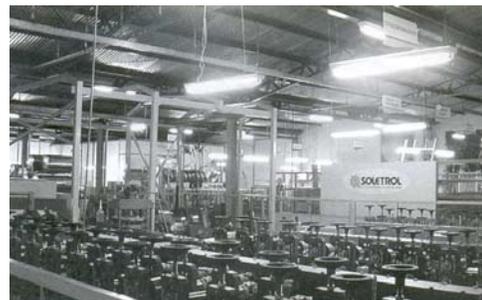
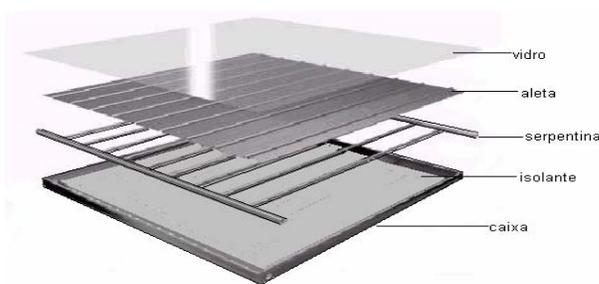


Figura 4.9 Típica placa solar produzida no Brasil.

Figura 4.10 Vista interna de uma célula de automação em uma empresa brasileira de coletores.

Fonte: Soletrol, 2005.

4.3 A normalização do desempenho dos sistemas termossolares

A durabilidade e o desempenho térmico dos coletores solares planos, reservatórios térmicos e sistemas acoplados fabricados pela indústria brasileira são normalizados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, coordenado pelo Programa de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, e pelo Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO², órgão gerenciador da etiqueta de conservação de energia. O PBE foi criado nos anos 80, em razão da necessidade de estabelecimento de um programa voltado para a conservação de energia visando à sistematização de procedimentos que garantisse, institucionalmente, e de forma voluntária, a determinação do consumo e desempenho energético dos eletrodomésticos produzidos no país (INMETRO, 2005a). O objetivo foi o de estabelecer índices de eficiência energética para os produtos da indústria nacional e, com sua avaliação compulsória, garantir sua qualidade e competitividade no mercado e a redução do consumo de energia. Os testes para os sistemas termossolares, no entanto, ainda não têm de caráter obrigatório, ficando a critério do fabricante a participação no programa, a exemplo do que ocorre na maioria dos outros países. A obrigatoriedade da certificação está prevista, no entanto, para janeiro de 2007.

4.3.1 O ensaio dos coletores solares

Os ensaios experimentais dos coletores solares buscam estabelecer informações sobre a eficiência térmica média e a produção mensal de energia advinda de sua utilização, com critérios de comparação e avaliação em condições iguais e hipotéticas de operação. São realizados pelo laboratório do GREEN Solar da PUC-MG, em Belo Horizonte. Os pontos referenciais adotados são: a inclinação de 25° para os coletores e o mês de setembro para a cidade de Belo Horizonte, onde se realizam os ensaios (Pereira et al., 2003a).

Os ensaios adotados para a avaliação de durabilidade e eficiência térmica são uma consolidação das normas brasileiras (NB 2342-85) e norte-americanas (ASHRAE 93-86), de procedimentos do *Florida Solar Energy Center – FSEC* e do *Solar Rating & Certification*

² O protocolo firmado entre 1984 com o Ministério de Minas e Energia e a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica - ABINEE - criou o Programa Brasileiro de Etiquetagem- PBE. O objetivo do programa é incentivar a melhoria contínua do desempenho dos eletrodomésticos para a otimização do processo de qualidade. Permite também que os consumidores possam avaliar o consumo de energia dos equipamentos, selecionando produtos de maior eficiência em relação ao consumo, possibilitando economia nos custos de energia. Participam do programa, além

Corporation – SRCC, além da ISO 9459, para reservatórios térmicos. Os procedimentos experimentais e a qualidade da instrumentação foram estabelecidos e acordados entre os participantes do Grupo de Trabalho em Energia Solar³ (GT-SOL), coordenado pelo INMETRO desde 1997 (Pereira et al., 2003a). Os resultados são sumariados e apresentados ao consumidor em uma etiqueta afixada ao produto, chamada Etiqueta do INMETRO (Figura 4.11). É similar aos modelos adotados internacionalmente para eletrodomésticos.

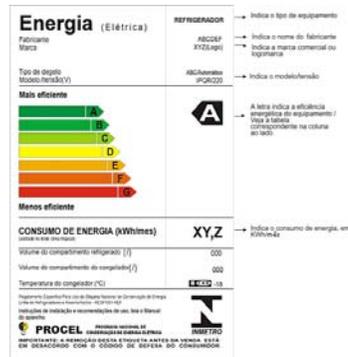


Figura 4.1 Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE, para coletores solares. Fonte: INMETRO, 2005a

A eficiência térmica instantânea das placas coletoras brasileiras ensaiadas na primeira fase do PBE para *Sistemas e Equipamentos para Aquecimento Solar de Água* está mostrada na Figura 4.12.

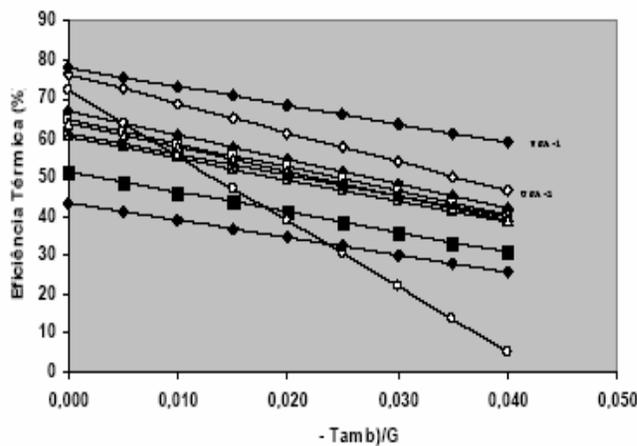


Figura 4.12 Eficiência térmica instantânea dos coletores brasileiros como função da temperatura ambiente. Fonte: INMETRO, 2004.

dos sistemas de aquecimento solar de água, geladeiras, freezers, chuveiros, ar-condicionados, motores elétricos trifásicos, máquinas de lavar roupa, lâmpadas fluorescentes compactas, lâmpadas incandescentes, reatores, fornos e fogões. Fonte: INMETRO, 2005a.

Os resultados apresentados mostram o estágio em que se encontram os coletores nacionais comparados a dois modelos norte-americanos. O modelo USA-1 utiliza superfície seletiva de cromo negro, enquanto o USA-2 emprega tinta preto-fosco. As eficiências dos coletores brasileiros variam de 42% a 72%, enquanto os norte-americanos oscilam entre 77% e 79%, aproximadamente, para abscissa $x = 0$ (INMETRO, 2004).

A demora nos ensaios de coletores - 6 meses para a Pré-etiqueta e 12 meses para os Ensaios Completos – com os fabricantes recebendo a etiquetagem dos equipamentos somente um ano depois de iniciado o processo, exigiu que fossem buscadas formas para agilizar o processo. Em dezembro de 2004 a Eletrobrás, com recursos do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD - e contrapartida da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC-MG, adquiriu um simulador solar, que foi instalado no laboratório do Grupo de Estudos em Energia da PUC-MG de Belo Horizonte (Figura 4.13 e 4.14).



Figura 4.2 Área externa de testes do laboratório GREEN Solar na PUC-MG em Belo Horizonte.
Fotos: A autora, julho 2005.

O tempo de testes foi reduzido para uma semana para a Pré-etiqueta e 3 meses para os Ensaios Completos. A previsão dos órgãos governamentais é de que o equipamento venha a estimular a expansão do mercado brasileiro de aquecimento solar, com a melhoria dos produtos, aumentando sua competitividade e capacidade de exportação. O novo equipamento de ensaios está sendo utilizado para a etiquetagem e a concessão do Selo PROCEL-INMETRO de equipamentos. Ambos servem para consolidar a Lei de Eficiência Energética (nº 10.295/2001), que estabelece índices máximos de consumo de energia ou mínimos de eficiência energética, com

³ Participam do GT-SOL: INMETRO, PROCEL, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC-MG e Associação Brasileira de Refrigeração, Ar- condicionado, Ventilação e Aquecimento – ABRAVA. Fonte: Pereira et al., 2003a.

prioridade para os ensaios dos produtos do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo INMETRO e com o apoio da Eletrobrás e PROCEL (MME-Eletrobrás, 2005).



Foto: A autora, julho 2005

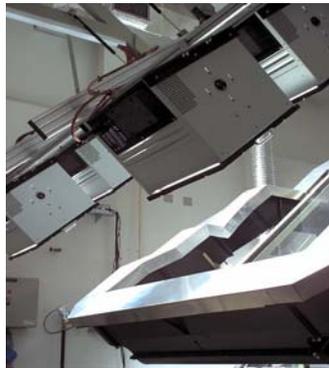


Foto: A autora, julho 2005



Foto: ABRUC, 2005.

Figura 4.14 Simulador Solar instalado no laboratório GREEN Solar.

O equipamento, com similares instalados no Canadá, Alemanha, Austrália e Estados Unidos (2 unidades), simula as condições ideais para a realização de ensaios em coletores solares, permitindo a realização de testes em ambiente controlado de radiação incidente e velocidade de vento, garantindo condições climáticas estáveis. Possui 8 lâmpadas que totalizam 40.000 W, gerando um espectro similar ao da radiação solar em dia limpo, ao meio dia. O diferencial deste Simulador Solar é a possibilidade de simular o ar mais frio da abóbada celeste, imitando a situação à qual o equipamento testado estaria submetido sob exposição solar real. Permite, ainda, que sejam avaliadas tintas, polímeros e componentes eletrônicos sob condições climáticas controladas, testes de medição da transmissividade de materiais e películas especiais utilizados em coletores solares e na construção civil (MME-Eletrobrás, 2005; ABRAVA, 2004).

O INMETRO é responsável pela fiscalização da produção dos fabricantes, constante no contrato de participação do PBE e extensamente detalhado com regras e procedimentos no *Regulamento Para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – RESP/006SOL - Sistemas e Equipamentos para Aquecimento Solar de Água*. Uma vez, a cada três meses, o INMETRO sorteia um fabricante para a escolha de um modelo para ensaio do controle da produção, coletado diretamente do estoque do fabricante. No caso de reincidência de falhas de durabilidade e alterações de especificações técnicas é cancelada a autorização para o uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE (INMETRO, 2005a). A partir do segundo

semestre de 2005 o INMETRO iniciou o *Ensaio Destrutivo* dos sistemas termossolares, para garantir a fidelidade entre os materiais utilizados, os dados expostos e o produto comercializado.

No site do INMETRO é possível conseguir informações sobre o desempenho de todos os produtos etiquetados e seus respectivos fabricantes, conforme Tabela 4.1 e Tabela 4.2. Com os dados expostos, o técnico ou consumidor podem verificar qual a melhor relação custo-benefício.

Tabela 4.1 Tabela de informações da eficiência dos coletores solares planos brasileiros.

1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
Fabricante	Marca	Modelo	Pressão de funcionamento		Área externa coletor	Produção média mensal de energia		Eficiência energética média (%)	Faixa classific	Material superfície absorvedora	Selo PROCEL *
			kpa	mca	m ²	p/coletor	Específica				
						kWh/mês	kWh/mês.m ²				
Exemplo 1	xx	xx	400	41	1,01	82,0	81,2	57,8	A	cobre	sim
Exemplo 2	xx	xx	392	40	1,98	114,1	57,6	43,3	D	alumínio	não

O Custo/Benefício dos coletores pode ser avaliado pelo resultado da divisão do Custo do Coletor Individual pela Produção Mensal de Energia (coluna 6 desta tabela) deste mesmo coletor. Quanto menor o valor encontrado, melhor será a relação custo/benefício para o usuário. * Selo PROCEL Eficiência Energética. Fonte: INMETRO, 2005b.

Tabela 4.2 Tabela de informações da eficiência dos coletores acoplados brasileiros.

1	2	3	4	5	6		7	8	9	10
Fabricante	Marca	Modelo	Volume do sistema	Área externa coletor	Produção média mensal de energia		Eficiência térmica diária (%)	Faixa de classificação	Material superfície absorvedora	Selo PROCEL *
			litros	m ²	kWh/mês	kWh/mês.m ²				
Exemplo 3	xx	xx	106	1,40	80,3	57,4	40,0	D	PEAPM	não
Exemplo 4	xx	xx	197,7	1,90	143,3	75,4	49,0	B	cobre	não

* Selo PROCEL Eficiência Energética. Fonte: INMETRO, 2005b.

A eficiência média dos coletores solares planos e acoplados para banho foi classificada em sete faixas distintas, de A a G, em função da produção média específica mensal de energia⁴, conforme a área da placa coletora ($P_{me} = kWh/mês.m^2$). A Tabela 4.3, edição de 25 de março de 2005 do PBE-INMETRO, mostra os índices adotados e a sua classificação. No PBE, os índices são progressivamente reajustados para motivar o desenvolvimento da indústria nacional. Assim, a partir de 2006 esta classificação será restringida, ficando entre A e E.

⁴ A produção de energia específica em média mensal é calculada a partir da eficiência térmica em média horária aplicada ao *dia padrão* definido para o Brasil, constante no Regulamento Específico para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE, para Sistemas e Equipamentos para Aquecimento Solar de Água.

Tabela 4.1 Classificação de coletores planos e acoplados no INMETRO em 2005.

Classe	Produção Específica Mensal (kWh/mes/m ²)
A	$P_{men} > 77$
B	$77 \geq P_{men} > 71$
C	$71 \geq P_{men} > 61$
D	$61 \geq P_{men} > 51$
E	$51 \geq P_{men} > 41$
F	$41 \geq P_{men} > 31$
G	$31 \geq P_{men}$

Fonte: INMETRO, 2005a.

Para o entendimento das tabelas tomou-se 4 placas ensaiadas por quatro diferentes fabricantes (*Exemplo 1, 2 3 e 4*), mostrados na s Tabelas 4.1 e 4.2. O ensaio de um coletor *classe A* (Tabela 4.3) mostra que a placa coletora fornece uma média mensal maior do que 77 kWh para cada metro quadrado de placa. Se adotados os valores do *Exemplo 1* da Tabela 4.1, com uma placa de 1,01 m² e eficiência térmica de 57,8%, a produção será de 82 kWh em um mês. A média anual será de aproximadamente 984 kWh. Considerando um dimensionamento de 2 placas solares do *Exemplo 1* para um sistema de aquecimento de água, o potencial de energia mensal será em torno de 196 kWh, ou 2.352 kWh no ano.

No *Exemplo 2*, o coletor, que se situa na classificação D, tem a superfície absorvedora produzida em alumínio. Este coletor possui uma eficiência térmica bem menor, de 43,3%. Com a placa coletora produzida pela indústria, de 1,98 m², pode-se estimar o potencial mensal de energia fornecida de 114,1 kWh (57,6 kWh x 1,98 m²), ou anual de 1.369 kWh.

Comparando-se as duas placas coletoras (*Exemplo 1*: $2 \times 1,01\text{m}^2 = 2,02 \text{ m}^2$ e *Exemplo 2* = $1 \times 1,98 \text{ m}^2 = 1,98 \text{ m}^2$) e considerando que necessitam aquecer o mesmo volume de água, verifica-se que a placa no *Exemplo 1* fornecerá anualmente muito mais energia. Serão 983 kWh a mais. Este ganho energético deve ser confrontado com os custos do equipamento, seu preço de venda no mercado, o poder de compra do consumidor, o preço do aquecimento da água com energia elétrica ou com gás, as questões de manutenção e, ainda, os custos ambientais internalizados. Nesses sistemas de placas individualizadas existe a vantagem de o consumidor poder aumentar o volume de água a ser aquecida, bastando acrescer placas coletoras. Num coletor acoplado, o volume de água está limitado pelo próprio projeto do sistema.

Os ensaios dos equipamentos, por serem todos realizados com base em um mesmo referencial climático, permitem que seja efetuada a comparação de desempenho entre dois sistemas distintos e que sejam avaliados os condicionantes que determinam os resultados alcançados. Os fatores e parâmetros que influenciam o rendimento das tecnologias podem ser vistos na *Planilha de Especificações Técnicas* (constante no Anexo I) que o fabricante preenche ao se credenciar ao uso da Etiqueta PROCEL-INMETRO.

Dos coletores ensaiados entre 1998 e 2003 no GREEN Solar, de um total de 148 modelos para uso no banho, 71,1% pertenciam à classe B, cuja produção mensal específica (P_{me}) se situava entre 71 e 77 kWh/mês.m² (Pereira et al., 2003a). Em dezembro de 2005 existiam 132 modelos etiquetados, com um percentual de 35,6% incluídos na categoria A, 29,5% na categoria B e 25% na categoria C. Verificou-se que muitos produtos ensaiados em anos anteriores já não são mais produzidos pelos fabricantes.

4.3.2 O ensaio dos reservatórios térmicos

Os ensaios dos reservatórios térmicos são realizados pelos laboratórios GREEN Solar e Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, da Universidade de São Paulo - USP. Os ensaios adotados constam da página do INMETRO na Internet, nos procedimentos do *Regulamento Para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – RESP/006SOL - Sistemas e Equipamentos para Aquecimento Solar de Água* (constante no Anexo I). São os seguintes: ensaio de volume útil, pressão hidrostática, desempenho térmico, marcações de instruções, tensão suportável, determinação da corrente de fuga e da potência absorvida, ensaio de resistência ao calor, fogo e ao enferrujamento. São seguidas as Normas ISO/DIS 9459-2E (adaptação), NBR 10674 e 106675, NBR NM IEC 335-1, NBR 5410, NBR 14013 e NBR 14016 (INMETRO, 2005a).

Para os reservatórios, no ensaio de desempenho térmico é determinada a perda específica de energia mensal, visto na Tabela 4.4. Na página do INMETRO são encontradas as especificações técnicas de cada modelo produzido pela indústria nacional, as quais incluem o material do corpo interno e do isolamento térmico, a pressão de funcionamento, a potência da

resistência e as dimensões do reservatório. Dos 21 modelos etiquetados, com volumes entre 100 e 250 litros, até dezembro de 2005, 12 possuíam o selo INMETRO de desempenho.

Tabela 4.2 Critérios para uso do selo PROCEL-INMETRO de desempenho de reservatórios

Volume do Reservatório(litros)	PERDA ESPECÍFICA DE ENERGIA MENSAL (kWh/mês/litro)	
	ETIQUETA	SELO PROCEL INMETRO DESEMPENHO
100	<= 0,31	<= 0,25
150	<= 0,29	<= 0,23
200	<= 0,28	<= 0,22
250	<= 0,27	<= 0,21
300	<= 0,27	<= 0,21
400	<= 0,25	<= 0,19
500	<= 0,24	<= 0,18
>= 600	<= 0,21	<= 0,15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
FABRICANTE	MARCA	MODELO	POTÊNCIA CA-RESISTÊNCIA (kW)	PERDA ESPECÍFICA DE ENERGIA MENSAL (kWh/mês/litro)	PRESSÃO DE FUNCIONAMENTO	DIMENSÕES EXTERNAS (mm)		MATERIAL DO CORPO INTERNO	MATERIAL DO ISOLAMENTO TÉRMICO	SELO PROCEL INMETRO DE DESEMPENHO
					kPa	(mca)	COMPRIMENTO	DIÂMETRO		

Fonte: INMETRO, 2005c.

4.4 A evolução da indústria brasileira

As pesquisas com energia solar no Brasil tiveram início da década de 1950, mas foi a partir da década de 1970 que houve um incremento maior de recursos financeiros. Instituições universitárias e institutos de pesquisas criaram atividades nas mais diversas áreas, desde a agricultura, com secadores de alimentos, irrigação e bombeamento de água, destiladores e refrigeradores; na habitação, com experiências nas áreas de condicionamento ambiental e aquecimento de água (coletores solares). As tecnologias solares efetivamente implantadas no Brasil foram referentes a coletores planos, para aquecimento de água, e a referente a células fotovoltaicas para a geração de eletricidade.

O objeto deste estudo são os sistemas que substituem a eletricidade convencional pela energia solar para o aquecimento de água para o banho. O sistema desenvolvido pela indústria nacional é do tipo de circuito aberto, no qual a circulação entre o coletor e o reservatório acontece de forma natural (termossifão) ou forçada (bombas acionadas por energia elétrica), alcançando temperaturas entre 40°C e 80°C.

As primeiras empresas brasileiras fabricantes de coletores solares formaram-se a partir de 1975, motivadas pelo interesse nas fontes alternativas de energia que a primeira crise do petróleo,

de 1973, provocou. As pesquisas no campo da energia solar para o aquecimento de água em estabelecimentos multifamiliares tiveram início em 1977, no Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT - em São Paulo, com uma equipe multidisciplinar mobilizada para abranger as diversas atividades envolvidas no levantamento e determinação de parâmetros para o aproveitamento de seus potenciais (Pacheco, 1981). Os estudos foram concentrados numa série de atividades que foram monitoradas em um projeto piloto instalado numa unidade da FEBEM, em São Paulo. Previa-se o atendimento da demanda de água quente para fins de higiene, lavanderia e cozinha de uma população de 200 pessoas. O sistema termossolar foi composto por 150 m² de coletores planos e um reservatório de 6.000 litros.

Os problemas constatados pelos pesquisadores quando da aquisição, montagem e operação do sistema foram os mais diversos. No momento da aquisição dos componentes, os pesquisadores constataram que havia um reduzido número de fabricantes de placas coletoras no Brasil. De 8 firmas convidadas, 4 se manifestaram e somente 2 se credenciaram para participar como eventuais fornecedores. Quanto à qualidade dos coletores, os fornecedores não foram capazes de atender às especificações solicitadas. Na entrega do coletor padrão, o mesmo não apresentava as características prometidas. Quanto à montagem do sistema, foi verificado que os tubos de entrada e saída de água dos coletores apresentavam-se, em alguns casos, amassados, impedindo a sua montagem; que havia descontinuidade de material entre os tubos e a superfície coletora; que as caixas já chegavam desconectadas e desarranjadas pelo transporte da fábrica até o centro de pesquisa. Quanto à operação do sistema, os problemas se acumularam: vazamentos nas tubulações internas dos coletores; desmonte da caixa do coletor durante a operação; aparecimentos de furos na caixa do coletor, deixando o isolamento à vista; rápida deterioração por corrosão dos elementos de controle do sistema, pelo contato com a água; falta de confiabilidade nos parâmetros de eficiência térmica da bomba declarados pelo fabricante e detectados nos ensaios específicos (Pacheco, 1981).

O desenvolvimento mundial acelerado da tecnologia de coletores planos, a fim de fazer frente à escassez dos combustíveis convencionais, fez com que cada fabricante buscasse eficiências térmicas e grandes economias de energia sem que houvesse métodos ou normas de avaliação consistentes. No Brasil, o problema era agravado pelo fato de serem usadas tecnologias

de diferentes países industrializados, com normas de avaliações e padrões distintos, com eficiências calculadas sob as mais diversas condições (Pacheco, 1981).

Após a segunda crise do petróleo (1979-1981), o mercado continuou crescendo, mesmo com a imagem negativa produzida pelos problemas decorrentes da falta de conhecimento da tecnologia. Os centros de pesquisa já haviam constatado a necessidade de desenvolver procedimentos padronizados de testes e avaliação de coletores e dispositivos de armazenamento térmico, que estabelecessem uma base equitativa de competição entre os fabricantes, juntamente com parâmetros de projeto e especificação de equipamentos para o controle da qualidade (Pacheco, 1981).

Até 1981, os levantamentos efetuados apontavam a existência de 80 indústrias produtoras de equipamentos solares no Brasil. As pesquisas feitas após esta época mostraram que, das 39 localizadas no estado de São Paulo, 25 já não existiam mais. As que ainda atuavam, em sua maioria, apresentavam um baixo nível tecnológico, com repercussões negativas no mercado consumidor (Ennes et al., 1985).

Um diagnóstico sobre a capacitação tecnológica da indústria paulista de coletores solares foi elaborado por Ennes et al., em 1985, para a Agência para Aplicação de Energia do Estado de SP. O estudo "*Potencial para utilização de energia solar no Estado de São Paulo*" foi realizado investigando a situação sócio-econômica e tecnológica das empresas cadastradas no estado São Paulo. O estudo envolveu entrevistas e questionários respondidos por dirigentes de todas as empresas visitadas. Foi constatado que, a partir de 1981, das 39 empresas registradas, 5 haviam falido, 11 tinham deixado de fabricar coletores solares, 9 não puderam ser contatadas e somente 11 permaneciam no ramo. Na capital, 70% das remanescentes produziam outros equipamentos, responsáveis pelo seu principal faturamento, cabendo aos equipamentos solares apenas a parcela de 5% a 10%.

Apesar da recessão econômica da época e do aumento dos preços dos energéticos, muitos fabricantes se instalaram em cidades do interior de São Paulo fabricando e instalando coletores com diversos modelos e diferentes níveis de qualidade de produto (Ennes et al., 1985). Sem

normas de ensaio de produtos, o rendimento, a durabilidade ou a evolução temporal do desempenho térmico eram desconhecidas pelos fabricantes. A partir de 1980 começam a surgir as primeiras normas brasileiras de ensaio, restritas somente à eficiência térmica dos coletores.

Os testes de desempenho eram na época realizados no Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE (Atibaia, SP), que possuía um laboratório para testes de coletores solares. Durante dois anos foram testados 12 coletores de diversos fabricantes nacionais, avaliados através do ensaio da curva de eficiência térmica instantânea⁵. Os valores encontrados mostraram que a maioria apresentava resultados satisfatórios em termos de eficiência. Quando avaliada a durabilidade, foram constatados defeitos de construção ou de projeto que reduziam drasticamente o rendimento térmico de diversos coletores, em alguns casos inutilizando-os. Dos coletores testados, eram poucos os que possuíam eficiência e durabilidade satisfatórias num prazo longo. Muitos poderiam ser aperfeiçoados, mas uma grande parte possuía defeitos de projeto, construção e utilização de materiais inadequados (Ennes et al., 1985).

O estudo de Ennes ainda apontava que: “...a falta de mecanismos que facilitem a transferência de tecnologia dos centros de pesquisa e universidades para os interessados em industrializar equipamentos solares, fez com que as empresas interessadas na área desenvolvessem sua própria tecnologia a partir de publicações nacionais e internacionais de domínio público, ou produzindo modelos copiados de outros existentes no mercado, tanto nacionais quanto internacionais. A simplicidade do processo de fabricação de coletores solares e o interesse crescente do mercado permitiram que alguns fabricantes sem conhecimento técnico suficiente para construir, projetar e instalar corretamente coletores solares entrassem no ramo, contribuindo para criar uma imagem negativa desta tecnologia” (Ennes et al., 1985, p. 23).

Os anais do II Simpósio sobre Energia Solar, ocorrido em janeiro de 1981 na cidade de São Paulo, registravam que o IPT da USP já havia instalado seu banco de testes e receberia financiamento do FINEP para a normalização dos coletores. O intuito era o de preservar o consumidor da compra de um produto que não lhe garantisse ganhos de energia aceitáveis.

⁵ A eficiência térmica instantânea é definida como a razão entre a energia retirada pelo fluido operante (E_c) e a energia solar total (direta + difusa) incidente no plano do coletor por unidade de tempo (E_1): $\eta = E_c/E_1$. Fonte: Duffie e Beckman, 1991.

4.4.1 O custo dos sistemas termossolares

Quanto à viabilidade econômica dos sistemas termossolares na década de setenta, o relatório de Ennes (1985) trazia a seguinte síntese:

- a. A sensibilidade dos resultados da análise econômica em relação à vida útil dos equipamentos era muito grande, visto que uma redução dessa vida útil para 10 anos aumentaria em 50% o custo da energia útil. O tempo de retorno dos investimentos em sistemas de aquecimento solar, substituindo parcialmente a energia elétrica utilizada em aquecedores centrais, era menor do que quatro anos (juros reais de 6% ao ano) nas áreas do estado de São Paulo⁶ em que a radiação solar alcançava valores entre 1460 kWh/m².ano e 1825 kWh/m².ano.
- b. O investimento específico na opção solar variava de US\$ 1000 a US\$1800 por kW.
- c. A utilização generalizada de sistemas termossolares para aquecimento de água poderia provocar impactos financeiros consideráveis sobre o setor elétrico, visto que o setor apresentava um custo marginal de potência na ponta de 2155 US\$/kW.
- d. O potencial de redução de investimentos na substituição de 200 MW de demanda na ponta era de aproximadamente US\$ 500 milhões, enquanto que os investimentos requeridos pela opção solar, cuja maior parcela seria realizada pelos usuários, eram de US\$ 285 milhões na região IV, US\$ 380.800 na região III e US\$ 450 milhões na região II.

Na década de 1970 a implantação dos sistemas termossolares encontrava-se em um círculo vicioso formado por seu elevado custo inicial, o descrédito na qualidade dos equipamentos, a falta de padrões e especificações adequadas e a ausência de uma política direcionada para o papel que a energia solar poderia ocupar no sistema energético nacional. Nos Anais do II Simpósio sobre Energia Solar, em 1981, Lima (1981) alertava que o parâmetro fundamental no sucesso de uma tecnologia era “o custo para fornecê-la de forma adequada a suprir uma demanda comparada com a capacidade do consumidor local para pagá-la” (Lima, 1981, p.15).

Segundo Lima (1981), o alto custo constituía a maior barreira para o emprego em larga escala de coletores solares no Brasil. As reduções de custos viriam essencialmente de pesquisas

⁶No estudo, o estado de São Paulo foi dividido em 4 regiões solarimétricas: Região I - 1095 kWh/m².ano; Região II - 1460 kWh/m².ano; Região III - 1642 kWh/m².ano e Região IV - 2650 kWh/m².ano.

tecnológicas de produtos e processos, visando adequar o equipamento às condições geográficas, sociais e econômicas, para que fosse atingida uma boa relação custo-desempenho. Como o coletor plano era a tecnologia solar mais conhecida, pesquisada e de maior produção naquela época, a previsão era de que a redução de custo no futuro viria da produção em escala. O custo poderia diminuir em caso de aumento de eficiência ou redução da massa por unidade de área do coletor, porém eram dois fatores conflitantes no caso do coletor plano. Estimava-se que o custo pudesse atingir um valor de US\$ 50/m² para um coletor de 20 kg/m².

Na década de 1970, os coletores de baixa temperatura (menor do que 80°C) eram mundialmente comercializados a preços que variavam entre US\$ 30 e US\$ 150 por metro quadrado de área coletora, com uma eficiência térmica que variava entre 30% e 60%. O sistema termossolar típico, constituído da placa plana e o reservatório térmico, custavam em torno de US\$ 1400. Com a evolução da tecnologia, esperava-se a redução deste custo pela metade, ficando em US\$ 700. O metro quadrado do coletor poderia chegar a US\$ 40 (Lima, 1981).

A Tabela 4.5 mostra os custos e eficiências dos coletores solares de baixa de temperatura que eram comercializados mundialmente no final da década de 1970. Foi elaborada pelo Banco Mundial e UNDP, em 1979, e usada como parâmetro para as tecnologias solares, inclusive no Brasil.

Tabela 4.3 Estimativas de custos dos sistemas termossolares em 1979

Tipo de coletor	US\$/m ²	Eficiência %	Custo unitário do coletor US\$/m ²			Sistema completo US\$		
			Média (1979)	Típico (1979)	Possível* (futuro)	Média (1979)	Bom projeto	Possível (futuro)
Coletor plano < 80°C	80	30 - 60	30-150	80	40	750-1000	1400**	700
Plano c/concentração ou seletivo com vidro duplo <120 °C	150	30 - 60	100-300	150	60	900-3300	1200	500

Fonte: Banco Mundial-UNDP-Project GLO178/004-Dez 1979. Apud Lima, 1981. Tabela organizada pela autora.

*custos possíveis se produzidos em escala. **coletor de 6m² x US\$150=US\$ 900. Reservatório térmico = US\$ 530. Total = US\$ 1400.

Em 1980 o preço do metro quadrado do sistema fabricado no Brasil alcançava valores duas vezes maiores do que nos demais países industrializados. A evolução da redução dos custos de instalação (do metro quadrado) no Brasil pode ser vista na Figura 4.15. Os dados mostram que, em 1982, um metro quadrado do sistema, incluindo placa coletora + reservatório térmico +

instalação, era de US\$ 500. Nos dez anos seguintes, a profissionalização e o aumento da demanda do setor fizeram o custo diminuir para aproximadamente US\$ 230/m².

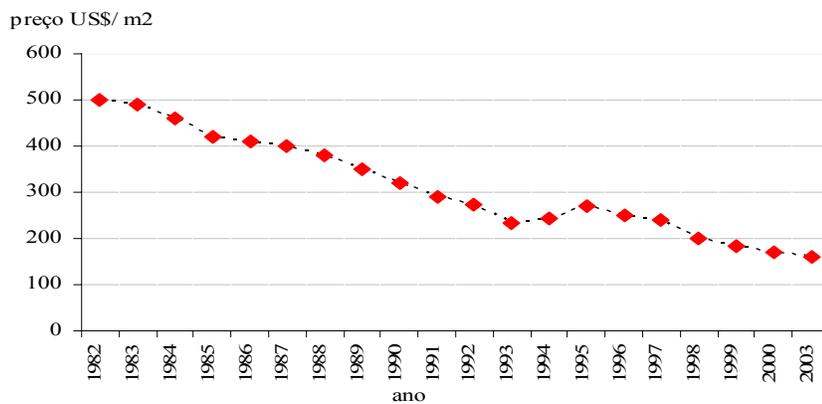


Figura 4.15 Evolução dos preços dos sistemas termossolares (coletor, reservatório e instalação) no Brasil.

Fonte: ABRAVA, 2003.

O crescimento do mercado propiciou, além da sua segmentação, o desenvolvimento técnico, comercial e a competição mercadológica do setor de aquecimento termossolar (Pereira et. al., 2003a). Entre 1993 e 1997, o preço das matérias-primas, cobre e alumínio, fez com que os custos do metro quadrado dos coletores subissem até US\$ 280. A partir daí, desceram novamente, para valores em torno de US\$ 160 (ano de 2005). O custo do metro quadrado dos coletores brasileiros, entre 1982 e 1990, refletia, no entanto, as dificuldades tecnológicas e de mercado enfrentadas pela indústria nacional. Em 1982 o metro quadrado de coletor instalado era o dobro do preço médio usado como parâmetro pelo Banco Mundial/UNDP, em 1979. Em 1985 havia 145.000 m² de área instalada de coletores no Brasil. Em 1990 as indústrias já conseguiam produzir sistemas com custos um pouco menores, em torno de US\$ 300/m². A área instalada de coletores já era o dobro: 307.000m² (ABRAVA, 2005a), mas os custos ainda excessivos para que a tecnologia pudesse ser largamente disseminada para o aquecimento residencial e em habitações coletivas. Para pequenas obras, no entanto, no início de 2006 o preço do coletor e reservatório ficava em torno de US\$ 273/m² (R\$ 600,00/m²).

4.4.2 O crescimento da produção de coletores planos

No final da década de 1990, num cenário de diminuição do custo dos sistemas e crescimento de mercado, foi criado o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Coletores Solares

Planos - PBE, envolvendo instituições governamentais, de pesquisa e entidades representativas do setor produtivo. Foi uma ação coordenada pelo INMETRO, PROCEL, PUC-MG e Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento - ABRAVA (Pereira et. al., 2003a). A avaliação de conformidade para sistemas e equipamentos de aquecimento solar de água teve início em 1997, em um primeiro momento somente para os coletores solares e, em seguida, para os reservatórios térmicos.

Esse programa foi criado para informar o desempenho térmico dos sistemas de aquecimento solar de água, segundo as Normas Brasileiras específicas e normas internacionais, através de laboratórios de ensaios (INMETRO, 2004). Além de disponibilizar informações sobre a eficiência térmica média, a produção mensal de energia dos coletores solares e a perda específica de energia nos reservatórios térmicos, o programa possibilitou que a sociedade e os consumidores, tomassem conhecimento da relação custo-benefício dos sistemas termossolares existentes no mercado brasileiro. Os resultados dos ensaios realizados no Laboratório do GREEN Solar, da PUC-MG, têm sido disponibilizados no site eletrônico do INMETRO e nas etiquetas afixadas aos equipamentos – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE. Hoje essas informações constituem importante instrumento de consulta para o consumidor realizar a avaliação do sistema mais adequado para cada região brasileira e para cada situação em particular.

Em 1999 a entidade representativa dos fabricantes de sistemas termossolares, a ABRAVA, apontava a existência de uma área instalada, no país, de 2 milhões de metros quadrados de placa plana para aquecimento de água, com estimativas de instalação por ano de 200.000 m², sem, no entanto, especificar os setores de segmentação. Em maio de 2005 a entidade publicou a evolução do mercado de aquecimento solar no Brasil: 80% da área instalada era abrangida por residências unifamiliares (moradias) e 8% para residências multifamiliares (edifícios) (ABRAVA, 2005a). O setor terciário, principalmente hotéis, motéis, hospitais, creches, escolas e universidades, junto com o aquecimento de piscinas participavam com 11%. O setor industrial possuía um mercado ainda por ser explorado, com menos de 1% (Figura 4.16).

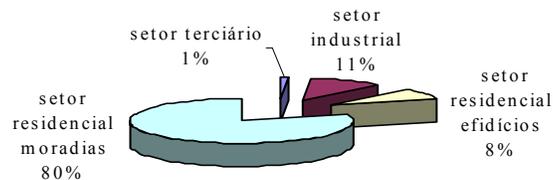


Figura 4.16 Segmentação do mercado de coletores solares no Brasil: 2005. Fonte: ABRAVA, 2005c

A evolução da área de placas solares instaladas depois de 1985 (Tabela 4.6 e Figura 4.17) mostra o grande incremento que houve após o ano 2000. Com a crise no abastecimento de energia elétrica ocorrida no país naquela época, e que a partir de maio de 2001⁷ exigiu um rigoroso programa de contenção de fornecimento de energia elétrica, as vendas superaram as estimativas previstas de instalação anual de 200.000 m²: no ano de 2001 foram instalados 480.000 m².

Tabela 4.4 Evolução do mercado termossolar brasileiro: 1985-2004

ano	1985m ²	1990m ²	1995m ²	2000m ²	2001m ²	2004m ²
Novos instalados	24.800	36.000	72.000	250.000	480.000	339.000
Em operação	145.000	307.400	553.800	1.358.830	1.836.800	2.859.600

Fonte: ABRAVA, 2005^a

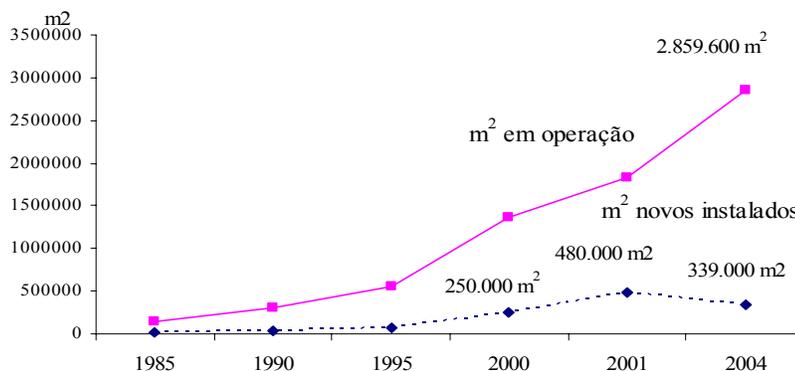


Figura 4.17 Evolução da área de coletores instalados no Brasil: 1985-2004. Fonte: ABRAVA, 2005a.

⁷O programa de racionamento de energia elétrica foi realizado através da Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica, por meio de Medida Provisória criada no dia 10 de maio de 2001. Vigorou até 19 de fevereiro de 2002. O Programa estabeleceu metas de redução de consumo: 20% sobre o consumo médio dos meses entre maio e julho do ano anterior, 2000, para atender ao período extremamente crítico de suprimento de energia elétrica nas Regiões Sudeste, Centro Oeste e Nordeste.

Entre 2000 e 2004, a área instalada de coletores foi de 1.069.000 m², o que representa aproximadamente 855.200 m² somente no setor residencial. Considerado que mercado está voltado essencialmente para as classes de renda A e B e que os sistemas mais comercializados são de 4m² a 6m² por moradia, pode-se estimar o número de habitações que usufruem de aquecimento solar de água no Brasil. Para um sistema de aquecimento com 3 placas solares (6 m²), o número de residências unifamiliares que investiram na opção solar, neste período, foi da ordem de 142.000 unidades. Se for considerado um sistema com 2 placas (4 m²), têm-se 214.000 unidades. Para um país com 86 milhões de casas isoladas ou em condomínios, e 7,5 milhões de moradias em conjuntos residenciais populares (IBGE-PNAD, 1999) o potencial de crescimento do mercado para sistemas termossolares é bastante promissor.

O restabelecimento das condições de favorecimento da produção de energia hidrelétrica fez com que a sociedade voltasse a consumir energia, porém 15% abaixo da demanda de 2000. A mudança de comportamento, com a racionalização do uso da eletricidade, fez com que o mercado de sistemas termossolares também reduzisse suas vendas. Entre 2001 e 2004 foram instalados 339.000 m², representando uma instalação anual de 110.000 m². Trata-se de uma evolução significativa. Em duas décadas, a área de coletores instalados deu um salto de 170.000 m² para aproximadamente 3 milhões de metros quadrados, considerando-se todos os setores de atuação, residencial, comercial e industrial, inclusive os destinados ao aquecimento de água de piscinas.

A entidade associativa ABRAVA enumera os seguintes fatores como os impulsionadores deste crescimento:

- a. a divulgação dos benefícios do uso da energia solar;
- b. o estabelecimento de padrões de qualidade, através da eficiência e credibilidade da tecnologia, garantida pelo controle do INMETRO e do Selo PROCEL;
- c. a isenção de impostos conseguida pelo setor (IPI e ICMS);
- d. o racionamento e as incertezas quanto ao fornecimento de energia elétrica (2001);
- e. o financiamento da Caixa Econômica Federal (CEF) aos interessados em implantar o sistema.

Estudos com estimativa sobre o desenvolvimento de coletores solares no Brasil para as próximas décadas foram realizados por Fraidenrach (2002), com base na taxa de crescimento

média instalada de coletores, de 10,2% nos últimos 5 anos (1998-2002). Para dimensionar a contribuição energética dos coletores foi estimado o consumo de energia elétrica residencial destinada ao aquecimento de água (com um índice de participação de 26%), nas regiões onde mais se utilizam os coletores, que são as regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste. O autor usou a metodologia de estimar o número de coletores necessários para produzir essa quantidade de energia elétrica denominando-o superfície equivalente de coletores solares, utilizando dados sobre a radiação solar por região e a eficiência térmica dos coletores, e comparou-o com a contribuição em cada região.

A Figura 4.18 mostra a superfície de coletores solares planos e a projeção temporal da superfície de coletores a serem instalados nas regiões estudadas, Sul, Sudeste e Centro-oeste até o ano de 2020. As projeções realizadas por Fraidenrach supunham uma previsão de vendas de 600.000 m² para o ano de 2001, quando a crise de energia elétrica já superava todas as expectativas de uma boa comercialização. As vendas, no entanto, ficaram em torno de 480.000m². O autor assumiu a hipótese da normalização de abastecimento de energia elétrica a partir da crise havida e a substituição dos coletores que tiveram a sua vida útil extinta. Para uma taxa de crescimento verificada de 10,2%, a previsão era de que a energia solar térmica em 2021 participasse com 22% do consumo de energia, cabendo à energia elétrica a participação de 78% do total. Se o incremento do setor solar fosse da ordem de 20%, no ano de 2010 as energias térmica e elétrica estariam com frações iguais de contribuições.

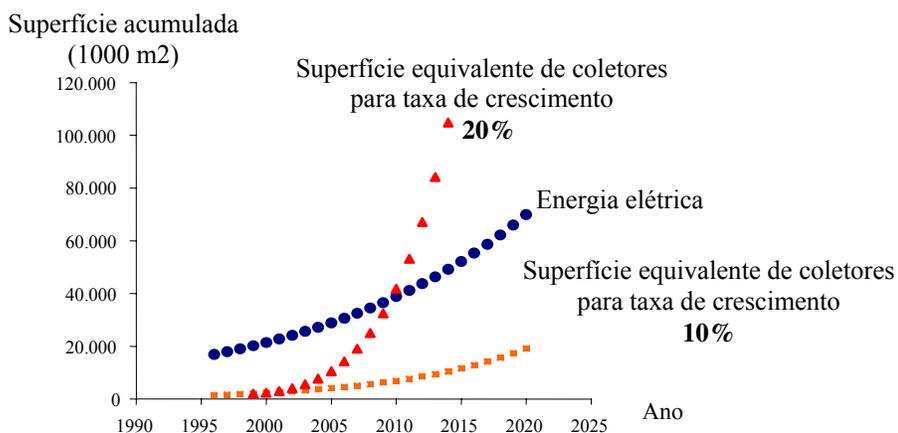


Figura 4.18 Projeção temporal da instalação e venda de coletores nas regiões Sudeste, Sul e Centro-oeste do Brasil. Fonte: Fraidenrach, 2002.

4.4.3 O crescimento do setor industrial termossolar

O Centro de Referência em Energia Solar e Eólica - CRESESB, mantido pelo Ministério de Minas e Energia - MME, registrava no ano de 2001, em seu site eletrônico, a existência de 19 empresas brasileiras atuando nessa área, já com tecnologia mais eficiente e controle de etiquetagem (CRESESB, 2001).

Em 1991, a ABRAVA (criada em 1962) passou a abrigar mais uma área de atuação, o Departamento de Aquecimento Solar – DaSol. No início, apenas quatro empresas se reuniram, com o objetivo comum de buscar o crescimento do mercado de aquecimento solar. Ao longo da década de 1990 o setor foi crescendo e novos atores passaram a integrar o núcleo. Os objetivos se estenderam e passaram a ser focalizados em torno do fortalecimento do setor, com estímulo ao desenvolvimento associativo, ao treinamento profissional, aos projetos de normalização e padronização de instalações, à etiquetagem de equipamentos, ao dimensionamento do mercado e ao incremento de linhas de financiamento.

A ABRAVA - DaSol, em julho de 2001, registrava 24 empresas associadas: 13 empresas de Minas Gerais, 7 de São Paulo, 2 do Espírito Santo, uma do Paraná e uma do Rio Grande do Sul (ABRAVA, 2001). No final de 2002, a entidade mostrava que já havia 31 empresas associadas, embora ela estimasse que houvesse 120 fabricantes no país. A Tabela 4.7 mostra a evolução do número de associados a partir da criação da DaSol em 1991 e o incremento a partir de 1999 com novos empreendedores integrando-se aos esforços e objetivos comuns.

Tabela 4.5 Evolução de associados de fabricantes do sistemas termossolares na ABRAVA 1991-2005

1991	1992	1993	1994	1995	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2005
4	9	11	6	8	9	9	14	18	24	31	25

Fonte: ABRAVA, 2001; ABRAVA, 2003 apud Pereira et.al., 2003a; ABRAVA 2005. Tabela montada pela autora.

Em 2002, em um projeto de cooperação técnica entre a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de MG (EMATER), a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) e a Agência Alemã de Cooperação Técnica (GTZ), foi elaborado um banco de dados dos agentes envolvidos com as energias renováveis no Brasil. A pesquisa fez parte das ações desenvolvidas

no estudo “Uso Racional de Energia na Agricultura”, cujo objetivo era a criação e desenvolvimento de modelos e estruturas para aumentar a eficiência do uso de energia na produção, processamento, transformação e conservação dos produtos agrícolas brasileiros. Parte da pesquisa resultou em uma publicação intitulada *Catálogo de Fabricantes, Revendedores, Consultores e Pesquisadores de Energias Renováveis* – 2002. Nesse catálogo foram listados, por área de atuação -- biomassa, eólica, hidráulica, solar fotovoltaica e térmica - os fabricantes, revendedores, consultores e instituições pesquisadoras que atuavam até então com seus endereços, telefones, sites e emails. Na área da energia solar térmica havia 42 fabricantes de equipamentos distribuídos pelo país (GTZ/EMATER-MG/CEMIG, 2002). Levantamentos realizados em fevereiro de 2005 nos sistemas de buscas de sites da Internet mostraram que das 42 indústrias que atuavam em 2002, 12 já não eram mais encontradas.

Nessa mesma época, 2002, dentro do escopo de sua dissertação de mestrado sobre fatores que influenciam o desempenho de sistemas termossolares, Widderski levantou o número de 34 empresas que fabricavam coletores e reservatórios térmicos solares em todo o Brasil (Widderski, 2002).

Uma pesquisa ampla de busca foi efetuada na Internet para o presente estudo, em maio de 2005, com diversas formas de busca eletrônica entre os fabricantes brasileiros que dispunham de site, como uma das formas de comunicação com seus consumidores. A investigação se concentrou nas indústrias que atuavam no mercado de aquecimento solar de água para o banho, que é o foco deste estudo.

Foram encontradas 50 empresas: 76% (38 indústrias) se concentravam nos estados de São Paulo e Minas Gerais, e 24% (12 indústrias) estavam dispersas nas demais regiões do país. Na cidade de São Paulo localizavam-se 2 fabricantes, com os demais 23 fabricantes, no interior do estado⁸. A Figura 4.19 mostra a grande concentração de indústrias localizadas nos estados de São Paulo (23) e Minas Gerais (12). Espalhadas nas demais regiões do país foram encontradas 12 indústrias.

⁸ Os fabricantes de equipamentos termossolares se localizam nas seguintes cidades paulistas: Indaiatuba (2), Bela Vista, São José dos Campos, Pirajuí, Barueri, Hortolândia, Mococa, Campinas (5), São José do Rio Preto, Ribeirão Preto, São Manuel, Rio Claro, Cotia, Birigui. Em Minas Gerais a capital Belo Horizonte abrigava 4 indústrias e as 8 demais no interior do estado, em Nova Lima (2), Ibiá, Campo Belo (2), Contagem, Poços de Caldas (2).

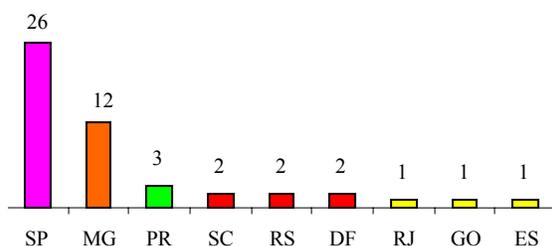


Figura 4.19 Número de fabricantes, por estado brasileiro, com site eletrônico em 2005.

Elaborado pela autora.

A análise dos dados sobre a data de fundação das empresas existentes em 2005, mostrados na Tabela 4.8, revela que as empresas que já possuíam tradição no segmento metalúrgico e no desenvolvimento e fabricação de sistemas de aquecimento de água, elétrico e a gás, optaram pela diversificação de seu mix de produtos com a introdução de tecnologias solares. Essas empresas pioneiras, criadas em 1928 (Aquecedores Cúmulus S/A Ind. e Com. Ltda), 1948 (JMS Industrial e Comercial Ltda.), 1950 (Hidrotécnica Aquecimento Piscina Ltda.), 1965 (Grupo Jacto-Unipac Indústria e Comércio Ltda.) e 1968 (Giacomet Termo Metalúrgica e Aquecimento Ltda) estão localizadas em São Paulo, Minas Gerais, Paraná, São Paulo e Rio Grande do Sul, respectivamente.

Tabela 4.6 Data de fundação das indústrias termossolares no Brasil, existentes em 2005

1928	1948>1950	1965>1968	1970>1979	1980>1989	1990>1999	2000>2005	Não informaram
1	2	2	4	10	12	2	10

Elaborado pela autora.

É a partir de 1975 que inicia o interesse e o investimento do empreendedor brasileiro no aquecimento de água através da energia solar. Das 80 fábricas que foram criadas até o início da década de 1980, já vistas no levantamento de Ennes et al. (1985), somente 5 chegaram até 2005 (2 em Belo Horizonte, MG, 1 em São Paulo, SP, 1 em Campinas, SP, e 1 em Caxias do Sul, RS). Somadas às três empresas tradicionais em aquecimento de água, têm-se 8 empresas que até hoje comercializam equipamentos solares. Estas conseguiram vencer as barreiras pelas quais passa o desenvolvimento dos coletores solares no Brasil, pois já possuíam uma diversificação de produtos a lhes garantir o faturamento principal.

A década de oitenta consolidou mais 9 empresas: 4 no interior de São Paulo (São Manuel, Birigui, Barueri e Itu) e 1 na capital (São Paulo); 2 no interior de Minas Gerais (Poços de Caldas e Nova Lima); e 2 no Paraná, uma no interior (Marialva) e outra na capital (Curitiba). As empresas se estruturaram no eixo de maior desenvolvimento e maior renda, a região Sudeste, onde também está concentrada a produção das matérias-primas de seus produtos básicos.

A partir de 1990, o mercado de aquecimento solar do Brasil se consolidou com mais 14 indústrias, passando a comercializar os mais diversos produtos ligados ao aproveitamento da energia solar, como registros misturadores de água solar para a troca do chuveiro e da torneira elétrica, controladores digitais de temperatura e horário para o acionamento da resistência elétrica, secadores de frutas, secadores de roupa solar, duchas solares para piscina, entre outros acessórios. Alguns incentivos concedidos como a isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados – IPI⁹ e do Imposto sobre Circulação de Mercadorias – ICM¹⁰, ajudaram a manter uma estrutura fabril e de mão-de-obra, cuja produção chegou, em 2005, a 3 milhões de metros quadrados de coletores instalados.

4.5 O estágio de desenvolvimento tecnológico dos fabricantes

Com o intuito de fazer um levantamento de dados para a avaliação do atual estágio de desenvolvimento da tecnologia solar térmica nacional e da infra-estrutura industrial existente, em março de 2005 foi elaborado um questionário (Apêndice II) e enviado para todos os 33 fabricantes de coletores e reservatórios térmicos solares etiquetados pelo PBE–PROCEL–INMETRO. O questionário foi subdividido em 9 questões básicas, expostas a seguir, com 95% de respostas a serem marcadas com um X:

- a. Avaliação da longevidade da indústria (1 questão).
- b. Avaliação da tecnologia utilizada (9 questões).
- c. Avaliação da produção e emprego (3 questões).
- d. Avaliação da composição dos materiais utilizados (2 questões).
- e. Avaliação da capacitação de recursos humanos (1 questão).

⁹ Regulamentado pelo Decreto nº 783 de 20 de março 1993

¹⁰ Regulamentado pelo Artigo 30 do Anexo I do RICMS/2000, para um período compreendido entre 01 de maio de 2004 e 30 de abril de 2007. Os impostos a pagar são o PIS, COFINS, ISS e Imposto de Renda.

- f. Avaliação da comunicação (1 questão).
- g. Avaliação do sistema de vendas utilizado (3 questões).
- h. Avaliação sobre a instalação e assistência técnica (5 questões).
- i. Avaliação de incentivos (4 questões).

Como não houve retorno ao solicitado, em abril de 2005 foram efetuados diversos contatos telefônicos com todas as empresas. Quatro indústrias (das etiquetadas pelo INMETRO) responderam à solicitação por correio eletrônico. Visto o universo de retorno de questionários não ter sido significativo, buscou-se uma outra forma de levantamento de dados. Uma pesquisa exaustiva foi realizada, no final de maio de 2005, nos sites eletrônicos (Internet) das indústrias que expõem seus produtos nessa rede. O estudo concentrou-se somente nas que produzem equipamentos para o aquecimento solar de água para o banho, não sendo consideradas as que produzem aquecedores solares para piscinas. Foram colhidos dados sobre o que é disponibilizado para a sociedade ou consumidores nos sites, dessas empresas, como a localização da indústria; data de fundação; informação prestada e omitida; forma de transmissão da informação; equipamentos produzidos; materiais utilizados; e a garantia oferecida.

Foram levantados dados sobre os equipamentos produzidos, modelos, dimensões, áreas (m^2), capacidade (litros), especificações dos tipos de materiais do painel absorvedor, da caixa coletora e do reservatório térmico. Numa outra seqüência, foram colhidos dados sobre a eficiência térmica (%) e a produção média mensal de energia (kWh/mês) dos coletores; para os reservatórios térmicos, verificou-se a perda específica de energia mensal (kWh/mês/litro). Foi verificado, também, se o fabricante indicava a classificação dada pelo INMETRO para o desempenho dos seus equipamentos.

4.5.1 A quantificação de fabricantes e os participantes no PBE

Pesquisas realizadas no informativo eletrônico do INMETRO, edição fevereiro de 2004, mostraram a existência de 25 fabricantes que possuíam coletores para aplicação em banho¹¹ participantes do PBE. Entre coletores planos (101) e sistemas acoplados (4) haviam sido etiquetados 105 modelos. Em fevereiro de 2005, nova verificação mostrou que estavam

etiquetados 117 coletores solares (113 coletores planos para banho e mais 4 acoplados). Em maio de 2005 foram verificadas quantas empresas ainda produziam e comercializavam os equipamentos etiquetados: 2 empresas já não trabalhavam mais com coletores para banho e 2 já não eram mais encontradas em seus telefones e sites.

Com a pesquisa pela Internet, em maio de 2005, foi constatada a existência de 50 fabricantes de sistemas termossolares para banho em todo o Brasil, com uma parcela de 76% concentrada na região Sudeste. Verificou-se que 50% (25 indústrias) participavam do PBE. Dois fabricantes possuíam certificações realizadas em laboratórios de universidades brasileiras e instituições de etiquetagem internacionais. Na edição fevereiro de 2006 o INMETRO já registrava 27 indústrias participantes do PBE, com 128 coletores etiquetados e 4 acoplados. A outra parcela não conhece o desempenho de seus equipamentos sob a forma de ensaios padronizados. Tais empresas ainda precisam adequar-se a um mercado que exige capacitação, para que exista a credibilidade no produto e confiança por parte do consumidor para que este faça a opção pela energia solar.

4.5.2 A disponibilidade de informação sobre os equipamentos solares

A análise realizada sobre a comunicação feita aos consumidores mostrou que das 25 indústrias que participam do PBE – INMETRO, somente 3 expõem o desempenho energético de seus sistemas e as características técnicas dos equipamentos solares, como, por exemplo espessura dos materiais empregados. A exposição é feita de forma clara e igualmente técnica. Outras empresas mostram o desempenho de apenas alguns modelos, os que possuem uma classificação entre A e B. A maioria dos equipamentos que possuem eficiência abaixo de B não é referenciada. Na maioria dos sites essas informações são de difícil acesso, tornando necessária uma procura demorada para ser encontrado os dados sobre o desempenho das placas, evidenciando que os mesmos não são utilizados como parâmetro de venda. Encontraram-se 38 fabricantes nestas condições, dos quais 10 não especificavam tampouco a composição dos materiais utilizados nos seus equipamentos. Quanto aos reservatórios térmicos, à exceção de dois fabricantes, os demais não apresentam dados sobre suas eficiências (Tabela 4.9 e Figura 4.20).

¹¹ No INMETRO existem duas classificações para coletores: banho e piscina.

Tabela 4.9 Informações dos fabricantes aos consumidores pela Internet – maio 2005

Composição dos materiais expõe			Eficiência e desempenho energético expõe			Classificação do INMETRO expõe		
todos	alguns	não expõe	todos	alguns	não expõe	todos	alguns	não expõe
3	28	10	3			3		

Elaborado pela autora.

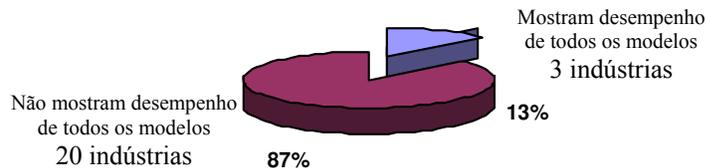


Figura 4.20 Indústrias etiquetadas que mostram desempenho dos equipamentos nos sites-2005.

Elaborado pela autora.

4.5.3 A informação nos sites das indústrias

Também foi realizado um levantamento sobre a clareza e objetividade com que a informação foi prestada e a rapidez com que pode ser efetuada a consulta ao site. A comunicação muitas vezes é confusa, ou não expõe qual é a composição dos materiais de que são fabricados os equipamentos termossolares. Dado que a tecnologia é fundamentalmente a mesma em todo o Brasil, o uso de determinados componentes, como aletas de cobre ou alumínio, e o número de tubos de cobre usados na serpentina e sua espessura, podem ser um diferencial para a eficiência térmica, embora existam outros determinantes a influenciar o desempenho final do sistema. Em alguns sites o texto é tão confuso que não se percebe se o anunciante é um fabricante ou apenas um comercializador de sistemas termossolares. Pelo menos 18 sites foram considerados péssimos, pois não possuíam informações sobre as especificações técnicas do produto. Sete empresas possuem uma boa comunicação visual e apresentam manuais que informam os processos de montagem dos sistemas.

4.5.4 As matérias primas dos coletores e reservatórios térmicos

As aletas dos coletores são fabricadas em alumínio por 44% dos fabricantes; 31% (12) não especificam qual é o material utilizado para as aletas; 15% (6) utilizam somente cobre; 5% (3) cobre e alumínio, 4,5% (3) utilizam PEAD (poliuretano de alta densidade) (Figura 4.21). Nos

registros no PBE-INMETRO de março de 2005, dos 83 modelos etiquetados para uso em banho, 49% utilizavam alumínio e 45% usavam o cobre. Foram encontrados apenas dois modelos em PEAPM e dois em polipropileno. Os fabricantes não mencionam a espessura das aletas.

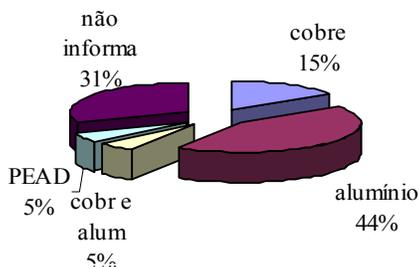


Figura 4.31 Material das aletas. Elaborado pela autora.

A pesquisa sobre os materiais empregados no painel absorvedor e na caixa do coletor mostrou os resultados apresentados na Tabela 4.10.

Tabela 4.7 Materiais empregados nos coletores brasileiros pela indústria nacional - 2005

Painel absorvedor					Caixa do coletor								
aletas	Indústria	tubos	Indust	revestim	Indust	material	Indust	isolamen	Indust	vedação	Ind	cobert vidro	Ind
alumin	19	alumínio	-	sup selet	1	PEAD	3	poliuret	3	borracha	2	4mm	3
cobre	6	cobre	28	tinta	13	Alumínio	21	lã vidro	14	silicone	17	3mm	7
cob/alu	3	PEAD	3			Resina	1	poliprop	2			s/espec	14
PEAD	2							kraft	1			vidr po	1
%	70%		69%		33%		58%		46%		44%		58%
ñ infor	13	ñ infor	12	ñ infor	29	ñ infor	18	ñ infor	23	ñ infor	24	ñ infor	18
%	30%		31%		67%		42%		54%		56%		42%

Elaborado pela autora.

Quanto aos tubos da serpentina 8 indústrias não trazem qualquer especificação, 28 usam cobre e 3 usam tecnologias que empregam o PEAD. O número de tubos colocados nas placas é outro dado importante: 10 fabricantes especificam, em cada modelo, o uso entre 7 e 11. Este dado é utilizado, perante o consumidor, como de relevância para o preço de comercialização do equipamento, sem, no entanto especificar a distância entre tubos. Geralmente o cliente não conhece os fatores que influenciam a eficiência do coletor e dos reservatórios térmicos.

O revestimento usado para a superfície absorvedora é a tinta comum em preto fosco, para os 13 fabricantes que mostraram essa informação. Somente um fabricante utiliza uma superfície

seletiva especial, em um dos modelos comercializados. Quanto à caixa do coletor, 45% (21) das indústrias utilizam o alumínio (Figura 4.22); 17 fabricantes não informaram. O isolamento mais utilizado é a lã de vidro (14), 3 usam o poliuretano expandido; 1 o polipropileno; 1 o papel kraft de grande ondulação; 17 não especificaram (Figura 4.23).

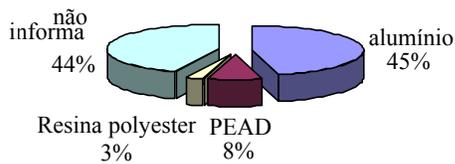


Figura 4.22 Material da caixa do coletor

Elaborado pela autora.

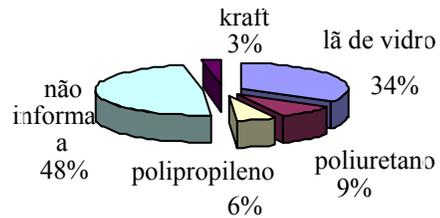


Figura 4.23 Material do isolamento

Elaborado pela autora.

Não existe padronização do tamanho das placas coletoras fabricadas. Foram encontradas 50 dimensões, mostradas na Tabela 4.11; as medidas se referem ao comprimento e largura nominais, sem as conexões de saída das tubulações. Um grande número de fabricantes costuma produzir placas nas dimensões indicadas no site eletrônico – placas horizontais, e também no sentido inverso das medidas – placas verticais, o que aumenta o número final de dimensões produzidas. Isto permite que sejam cumpridas as exigências de funcionalidade quanto à altura mínima entre o coletor e o reservatório térmico. As placas menores no sentido do comprimento permitem inserir o reservatório térmico no átrio do telhado da moradia, ou se adequar à situação já existente.

Tabela 4.11 Dimensões de coletores fabricados no Brasil- 2005

Dimensões: largura (mm) x comprimento (mm)				
66 x 108	90 x 130	100 x 111	100 x 190	118 x 56
71 x 121	90 x 160	100 x 120	100 x 200	120 x 150
76 x 170	90 x 190	100 x 125	100 x 300	121 x 108
85 x 122	90 x 200	100 x 130	101 x 141	125 x 56
85 x 182	94 x 100	100 x 140	105 x 100	141 x 101
85 x 185	94 x 107	100 x 148	105 x 190	157 x 88
85 x 206	94 x 150	100 x 150	107 x 94	160 x 110
88 x 157	98 x 205	100 x 162	107 x 132	162 x 100
88 x 188	99 x 193	100 x 169	107 x 181	188 x 88
90 x 100	100 x 100	100 x 170	110 x 160	200 x 100
Total : 50 tamanhos diferentes				

Elaborado pela autora.

Existe muita dificuldade de se conhecer o processo produtivo das indústrias e os critérios que as levam a produzirem tamanhos variados, pois a montagem dos coletores é feita de forma artesanal. As matérias primas são adquiridas em pequenas quantidades de entrepostos, atacadistas ou distribuidores, nas dimensões comercializadas pela indústria de cobre e alumínio. Muitas vezes, os componentes já chegam ao fabricante (de coletores) com o tamanho solicitado. Geralmente, a união dos perfis de alumínio que formam a caixa que vai abrigar o painel absorvedor é realizada com rebites. A análise das dimensões produzidas pelos grandes fabricantes brasileiros mostra que não há padronização. A diversidade de áreas dos coletores permite apenas a negociação do preço final do sistema. Recentemente, uma indústria começou a fazer a modelagem automatizada das caixas em lâminas de alumínio, fazendo a união através de material termoplástico.

O material de cobertura utilizado é outro fator importante, visto a sua durabilidade quanto a impactos de objetos ou granizo: 38% não informam e 54% utilizam o vidro de 3mm; 1 especifica com 2,5 mm (Figura 4.24). Somente 44% dos fabricantes informaram o material de vedação utilizado: borracha de silicone.

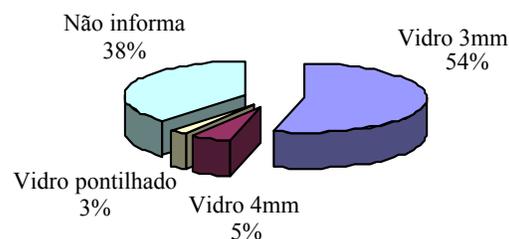


Figura 4.24 Material da cobertura. Elaborado pela autora.

No que se refere aos reservatórios térmicos, das 43 indústrias pesquisadas apenas 5 não o produzem. São fabricados em aço inox por 55% (21) indústrias; 2 produzem em cobre e aço inox; 3 produzem só em material termoplástico (polietileno de alta densidade); 1 produz em aço inox, cobre e material termoplástico. A capacidade dos reservatórios é variável: 17 indústrias os fabricam com capacidade entre 200 e 1000 litros; cinco entre 100 e 5000 litros; seis indústrias entre 200 e 20.000 litros. As demais não indicam a capacidade produzida. Quanto à informação da perda térmica (forma de medir o desempenho do reservatório) nos sites eletrônicos é encontrado o registro de que somente dois fabricantes utilizam este dado técnico como forma de

orientar os consumidores sobre o desempenho do equipamento. Nos registros do PBE do INMETRO, de 23 dezembro de 2005, existem 26 indústrias etiquetadas, das quais 11 possuem o selo PROCEL-INMETRO de desempenho. O PBE tem definido os volumes dos reservatórios e os índices de desempenho são periodicamente elevados.

4.5.5 O dimensionamento dos sistemas termossolares

O dimensionamento adequado de um sistema termossolar significa atender a uma determinada demanda de água aquecida com uma relação equilibrada entre custo e benefício. Nesse sentido, diversos estudos têm sido realizados para atender às inúmeras variáveis que envolvem o fornecimento de água quente para o uso sanitário.

Borges (2000) desenvolveu um programa computacional que recomenda qual o dimensionamento otimizado mais econômico para diversos tipos de sistema termossolares, avaliando seu desempenho por um longo prazo. A ferramenta permite tirar proveito de dimensionamentos variáveis como área e inclinação e direção de superfície (azimute) da placa coletora, a relação de largura/altura e volume do reservatório, altura da inserção do duto de retorno das placas coletoras no reservatório e a temperatura no termostato do resistor interno. Permite que, ao mesmo tempo, sejam contempladas novas condições econômicas, novas demandas, condições climáticas distintas, ou restrições específicas de projeto.

No Brasil, algumas instituições de pesquisa e ensino vêm desenvolvendo programas computacionais para o dimensionamento de sistemas termossolares, disponibilizando-os para uso público. Os grandes fabricantes brasileiros já possuem programas desenvolvidos para o dimensionamento de coletores, envolvendo estudos financeiros e cálculos da economia anual do sistema termossolar e do energético substituível. Estas ferramentas geralmente são desenvolvidas para situações de comparação com outros energéticos como óleo diesel, GLP, gás natural ou energia elétrica, com cálculos estimados para fluxos de caixa de até 20 anos. Para a população em geral, o dimensionamento é realizado por fabricantes e representantes comerciais, através da página eletrônica, folhetos explicativos ou através de uma avaliação realizada, caso a caso, pelo vendedor, com base nas necessidades da família.

4.5.6 Os problemas de operação dos sistemas termossolares

Sabady (1979) enumerou as principais perdas térmicas que ocorriam nas placas coletoras dos sistemas de aquecimento solar de água, instaladas na Europa central na década de 1970. Dentre essas variáveis estavam: perdas de transmissão do vidro; perdas de reflexão da cobertura de vidro; perdas de radiação transmitida para o exterior através da cobertura de vidro, resultantes de perdas de calor das superfícies de absorção; perdas de transmissão de calor do elemento de absorção para a água a ser aquecida; convecção na camada de ar quente entre superfície do coletor e a cobertura do vidro; calor conduzido através dos suportes de cobertura de vidro ou das juntas; e sombras de suportes e de partes da armação nas placas coletoras.

Duas décadas atrás Ennes et al. (1985) relatavam as falhas principais que envolviam os coletores solares fabricados no Brasil: “*os poucos coletores testados apresentavam eficiência satisfatória quando novos, mas a longo prazo eram severamente prejudicados por falhas de projeto, montagem e utilização de materiais inadequados, não resistindo sequer o período de amortização do investimento*”. A recomendação, na época, era de que fossem elaboradas normas técnicas, ensaios e fabricação e instalação dos produtos, protegendo o consumidor e servindo como impulsionador do desenvolvimento tecnológico da indústria. Aliado ao desconhecimento da eficiência energética e do desempenho térmico dos reservatórios, até então não havia no país um cadastro para que os consumidores pudessem comparar preços de coletores. O consumidor, por falta de condições de avaliação dos sistemas existentes, adquiria equipamentos de qualidade inferior por preços elevados.

A partir do final da década de 1990, o desenvolvimento das comunicações através da telefonia fixa e móvel, da comunicação via internet por cabos e fibra ótica, da intensa penetração da televisão nos domicílios urbanos, facilitou o acesso da população às informações. Os consumidores, de uma maneira geral, já podem pesquisar e encontrar produtos com preços mais competitivos. O INMETRO passou a ser uma referência nacional de controle e proteção ao consumidor, com seu trabalho divulgado pela mídia televisiva. No entanto, a certificação de desempenho de coletores, por não ser obrigatória, permite que a competição de mercado aconteça com coletores que não possuem a certificação de qualidade garantida por órgãos de fiscalização. Isto justifica a omissão da informação sobre a eficiência energética nos catálogos informativos

eletrônicos, por parte dos fabricantes que possuem uma classificação não favorável do PBE – INMETRO/PROCEL. Na competição com os demais fabricantes não etiquetados o preço final do produto passa a ser o fator determinante na venda.

A compra de um equipamento etiquetado e com um bom desempenho energético não garante ao consumidor a eficiência que lhe é vendida pelo comerciante. Apesar dos grandes fabricantes de aquecedores solares enumerarem e divulgarem as principais causas para o mau desempenho dos sistemas, a população, de uma maneira geral, juntamente com os profissionais da edificação, desconsideram as recomendações.

Widerski (2002) verificou e analisou a instalação de aquecedores solares em 33 moradias na cidade de Campo Mourão e arredores, no estado do Paraná. O levantamento mostrou o posicionamento inadequado das placas coletoras em relação ao Norte Verdadeiro e ao ângulo de inclinação com relação à horizontal, em 100% da amostra. Este fato é explicado pela disposição da malha urbana da cidade, onde somente uma pequena parcela (2%) está voltada para o Norte Verdadeiro¹². Como os telhados das moradias seguiram a malha urbanística, e a posição dos coletores também, o pesquisador constatou que para o período de inverno todos os coletores estavam instalados fora do limite indicado pela Norma Brasileira – NBR 12296 -, que admite até 15° de variação.

A segunda constatação da pesquisa foi o sombreamento causado pela vegetação de grande porte existente junto às calçadas ou dentro do lote, em 30% da amostra. No solstício de inverno, em 70% das moradias a incidência do sol sobre o coletor era de apenas 50%: havia sombreamento das 8h às 13h. Nas demais moradias (30%) não incidia radiação solar a partir das 12 horas. A Figura 4.25 mostra uma situação em que o sombreamento acontece durante todo o ano, no período das 9h às 15h. Nesse coletor a incidência solar anual equivale somente a 25% do período de 8h/dia.

¹²A pesquisa foi concentrada em uma determinada área residencial de classe média alta de Campo Mourão. A cidade está situada no centro oeste do Paraná, na latitude 24° 5' S e longitude 52° 27' W.



Figura 4.25 Estado de conservação do coletor - vidros quebrados e oxidação da caixa de alumínio (em 6% da amostra) - e sombreamento, em Campo Mourão-PR. Fonte: Widderski, 2002.

O relato de má conservação das placas é registrado somente em 6% da amostra, com corrosão, vidros sujos e quebrados, e deslocamento da vedação. Este caso pode estar incluído entre os sistemas de má qualidade, aliado ao descaso do proprietário com a sua manutenção¹³.

Pesquisa realizada por Varella no ano de 2004, no sub-distrito de Barão Geraldo, em Campinas (SP), constatou o baixo desempenho térmico dos sistemas termossolares instalados em 19% dos domicílios (1.800 unidades) daquele bairro com 30.000 unidades residenciais. O universo amostral era composto por 72% de domicílios pertencentes à classes sociais de alta renda, os demais, de renda média alta e média. 21% dos consumidores fizeram a aquisição dos equipamentos durante a crise de abastecimento de energia elétrica, ocorrida entre 2000 e 2001. O perfil de consumo de energia elétrica medido numa série histórica de 4 anos, de 1999 a 2003, mostrou que, após a crise de abastecimento de eletricidade em 2001, manteve-se o decréscimo de consumo registrado no período, isto é, a demanda não voltou aos níveis anteriores. No entanto, nos domicílios que possuíam sistemas termossolares o consumo de energia elétrica verificado na série histórica não sofreu redução, embora os entrevistados da amostra tenham respondido que estava havendo economia de energia com os equipamentos solares (Varella, 2004).

Os resultados da pesquisa de Varella conduzem a algumas hipóteses para a situação constatada, como o mau dimensionamento dos sistemas, a falta de manutenção, o posicionamento e inclinação inadequados dos equipamentos e o mau desempenho do tipo de tecnologia adotada. Por tratar-se de classes sociais de alto poder aquisitivo, nas quais o gasto para o aquecimento de

¹³ Na pesquisa não existe referência quanto à data de instalação do equipamento.

água participa com um percentual que é absorvido no orçamento familiar, existe a hipótese de um aumento de consumo, sem que o dimensionamento dos equipamentos solares tenha sido realizado para uma demanda muito maior. Os reservatórios térmicos, que possuem resistência elétrica, passam a ser aquecidos através da energia elétrica, sem que os usuários o percebam.

No questionário elaborado para esta Tese (Apêndice II) e enviado aos fabricantes nacionais de coletores, foram relacionados os possíveis problemas com a instalação dos coletores, segundo constatado pela indústria. As questões marcadas com X são as que ocorriam com mais frequência nos questionários (4) que foram respondidos:

- a. Vazamentos por dilatação térmica ()
- b. Vazamento por solda mal feita (x)
- c. Vazamento por falta de veda rosca (x)
- d. Ar na tubulação (x)
- e. Entupimento da tubulação provocado por detritos da construção ()
- f. Acúmulo de sujeira sobre o vidro do coletor (x)
- g. Deficiência de altura entre topo dos coletores e fundo do reservatório (x)
- h. Excesso de curvas na interligação entre os coletores e o reservatório (x)
- i. Pontos de utilização de água quente mal dimensionado (x)
- j. Subdimensionamento do sistema para o consumo (x)
- k. Sombreamento por vegetação ()
- l. Sombreamento por novas edificações ()

Também foi solicitado que o fabricante enumerasse os problemas mais frequentes com a instalação e funcionamento do sistema de aquecimento solar relatados pelos clientes residenciais. As respostas estão expostas a seguir:

- a. Vazamentos ()
- b. A água quente demora a chegar (x)
- c. Não sai água quente (x)
- d. Água fica fora da temperatura para o consumo em dias de pouco sol ou chuva (x)
- e. Baixo desempenho térmico do sistema (com alto consumo de energia) (x)

Em alguns folhetos informativos e sites eletrônicos de fabricante, as falhas previstas, as causas prováveis e as soluções a serem adotadas servem de orientação para o consumidor. Na Tabela 4.12 estão relacionadas as mais freqüentes.

Tabela 4.12 Os problemas previstos na instalação de sistemas termossolares no Brasil-2005

FALHAS	CAUSAS
Água não sai nos pontos de consumo	Registros fechados; Ar na tubulação
Água não aquece, quando a insolação é baixa	Disjuntor desligado; resistência elétrica queimada ou com deposição de sais; termostato desregulado;
Água quente na torneira de água fria e na caixa de água fria.	Registros de água quente e fria de chuveiros e/ou duchinhas não usados e com tampão provisório.
Vazamento nas conexões	Solda sub-dimensionada; folga na fita veda-rosca
Tempo de espera elevado	Tubulação longa
Produção insuficiente de água quente	Coletores sujos; sombra de vegetação e edifícios novos; obstruções no circuito hidráulico coletor/reservatório; perda de carga na tubulação de interligação; posicionamento inadequado do coletor / reservatório; perda de água quente devido ao uso em duchinhas higiênicas de 3 registros; perda de água quente devido desnível reduzido entre reservatório e coletores; consumo elevado de água.

Tabela organizada pela autora.

O problema gerado pelo mau desempenho dos sistemas se deve muitas vezes ao desconhecimento de todas as variáveis envolvidas em seu funcionamento, cujo conhecimento não é de domínio de uma grande parte dos agentes envolvidos. Embora os grandes fabricantes proporcionem treinamento a seus revendedores, o conhecimento dessas dificuldades e a necessidade de qualificação que envolvesse toda a rede participante fizeram a entidade associativa ABRAVA, num convênio com INMETRO-PROCEL, promover um programa de qualificação para fabricantes, vendas e instaladores de sistemas termossolares. O projeto chamado *Qualisol Brasil: Programa de Qualificação de Fornecedores de Sistemas de Aquecimento Solar* (ABRAVA, 2005c) foi implantado (1º fase) em maio de 2005. Esta iniciativa se inclui dentro de um programa maior de capacitação (2º fase), que envolverá também o treinamento de professores e multiplicadores da tecnologia solar. O material didático está sendo preparado para os dois níveis de aprendizado e conta com o suporte financeiro da FINEP. A *Rede Brasil de Capacitação em Energia Solar* envolverá universidades e centros de aprendizado, como SENAI, CEFETs, SEBRAEs e Centros de Tecnologia de todo o Brasil. Seu início está previsto para maio de 2006 (ABRAVA, 2005d).

No programa *Qualisol Brasil* o comitê gestor é formado pelo INMETRO, PROCEL e DaSol-ABRAVA e como comitê técnico por: GREEN Solar, IPT e DaSol-ABRAVA. No *Manual Técnico-Qualisol Brasil* encontram-se as normas e procedimentos para a qualificação dos fornecedores de sistemas de aquecimento, cujo escopo envolve a capacitação para a instalação de acordo com o tipo, porte e complexidade dos projetos e instalações. Farão parte integrante do mesmo normas de dimensionamento e instalação de aquecimento solar que ainda estão sendo elaborados pela ABNT, através do programa *Normasol*, com o apoio do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. As empresas qualificadas receberão o *Selo Qualisol Brasil* e entregarão ao consumidor final um *Certificado de Garantia Qualisol Brasil*, cuja comprovação poderá ser feita acessando o site do INMETRO¹⁴ (ABRAVA, 2005b).

4.5.7 Os custos e preços dos sistemas termossolares

Levantamentos efetuados em um fabricante mineiro de sistemas termossolares de grande porte, com produção mensal aproximada de 1800 m² de coletores (1.200 unidades por mês) e com 50% de seu mercado voltado para o setor comercial, mostraram a composição das principais matérias-primas utilizadas nos coletores planos típicos e reservatórios térmicos de 200 e 300 litros (Tabelas 4.13 e 4.14; Figuras 4.26 e 4.27). O alumínio (40%) e o vidro (34%) possuem os maiores percentuais de participação na fabricação do coletor, seguidos do cobre (21%). No reservatório, o aço inox participa com 80%; se o material do corpo externo for substituído por alumínio, o percentual cai para 64%. A pesquisa nos 47 sites mostrou que, pelo menos, 19 indústrias usam o alumínio para o revestimento do reservatório.

Tabela 4.13 Composição das matérias-primas nos coletores solares em uma indústria brasileira de grande porte - 2005

Componente	Matéria prima	Participação em porcentagem
Aleta	alumínio	20%
Tubo	cobre	21%
Caixa do coletor	alumínio	20%
Cobertura	vidro	34%
Vedação e isolamento	Poliuretano expandido e silicone	3%
Superfície absorvedora	tinta	2%

Fonte: Fabricante mineiro. Tabela elaborado pela autora.

¹⁴ www.inmetro.gov.br/qualisolbrasil.htm

Tabela 4.14 Composição das matérias-primas nos reservatórios térmicos em uma indústria brasileira de grande porte -2005

Componente	Matéria prima	Participação em porcentagem
Corpo interno	aço inox	64%
Corpo externo	aço inox	16%
Isolamento térmico	poliuretano expandido	16%
Material de vedação	silicone	4%

Fonte: Fabricante mineiro. Tabela elaborado pela autora.

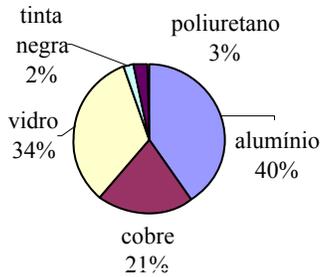


Figura 4.26 Matérias-primas do coletor
Elaborado pela autora.

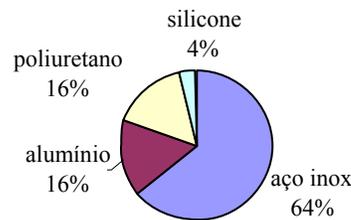


Figura 4.27 Matérias-primas do reservatório térmico
Elaborado pela autora.

Varella (2004) realizou uma pesquisa sobre os custos de produção dos sistemas termossolares, com 9 fabricantes que abasteciam o mercado regional de Campinas (SP), em 2003. O reservatório térmico participava com o maior percentual. Quando distribuída por toda a cadeia produtiva, a composição de custos ficava com os percentuais mostrados na Figura 4.28. Somente a matéria prima possui uma participação de 57% sobre o custo final (Varella, 2004). As matérias-primas possuem um elevado conteúdo energético, e isto já justifica o seu preço no mercado e os efeitos no custo final dos sistemas termossolares. Aliado ao custo, que flutua conforme o mercado internacional, está a falta de padronização dos materiais utilizados, determinando uma grande variedade de dimensões das placas coletoras comercializadas.

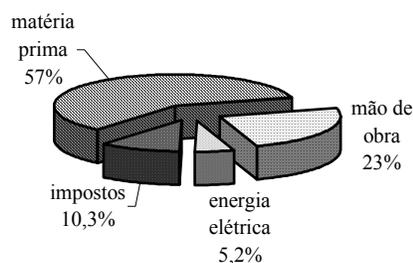


Figura 4.28 Estimativa dos custos de produção de aquecedores solares em 2003. Fonte: Varella, 2004.

A participação do custo da mão de obra alcança um percentual de 23%, caracterizando a baixa participação da remuneração dos recursos humanos no custo final da fabricação dos sistemas termossolares. Se for considerado o mercado informal¹⁵ na contratação da mão de obra das pequenas indústrias, este percentual pode ser maior. Nas empresas que possuem uma maior diversidade de produção de equipamentos, é possível o remanejamento de funcionários de outras linhas de montagem para a de coletores e reservatórios. Os impostos a pagar pelos fabricantes de equipamentos com tecnologia solar são o PIS, COFINS, ISS e Imposto de Renda, alcançando valores em torno de 10,3%. A energia elétrica contribui com 5% dos custos (Varella, 2004).

Em julho de 2005, um pequeno fabricante de sistemas termossolares da região de Campinas, com oito funcionários, estimava o custo de um reservatório térmico de inox (com resistência elétrica) com capacidade de 200 litros, em R\$ 600,00 (US\$ 249¹⁶) (Tabela 4.15). Embutia um adicional R\$240,00 (US\$ 99,6) e vendia por R\$ 840,00 (US\$ 348,6). Para uma placa coletora de 1m x 1,90m (com aleta de alumínio, tubos de cobre e cobertura de vidro de 4 mm) o custo ficava em R\$ 180,00 (US\$ 74,6 x 2 placas) (Figura 4.29). A placa era vendida no mercado com um valor de 83% a mais: R\$ 330,00 (US\$ 137). A composição de custos do sistema para o fabricante, matéria-prima, impostos, mão-de-obra e energia, ficava em 56% para o reservatório e 44% para duas placas coletoras (Figura 4.30). Para este empresário não existiam despesas com vendas e material publicitário.



Figura 4.29 Custo de um sistema termossolar com 200 litros para um pequeno fabricante

Figura 4.30 Percentuais de participação dos preços na comercialização do mesmo sistema

Elaborado pela autora

¹⁵ Em 1998 a relação dos trabalhadores informais em relação ao total de trabalhadores ocupados era de 24,4%, aproximadamente 53 milhões de trabalhadores ocupados, para 13 milhões de informais. As regiões com economias menos estruturadas, como o Nordeste (27,4%), Norte e Centro-Oeste (25,8%) apresentam percentuais superiores, quando comparados aos percentuais das regiões Sul (23,8%) e Sudeste (22,9%), onde a estruturação do comércio, serviços e do setor industrial é mais consolidada. Fonte: Jakobsen, 2000.

¹⁶ Dólar em julho 2005 R\$ 2,41.

Tabela 4.15 Custos e preços de um sistema termossolar de 200 litros em 2005

		Custo	Preço de venda
Placa coletora	1 m x 1,90 m	US\$ 74,6 x 2 placas = US\$ 149,2	US\$ 137,0 x 2 = US\$ 274
Reservatório	200 litros	US\$ 249,0	US\$ 348,6
Total		US\$ 323,6	US\$ 485,6

Elaborado pela autora

Para o consumidor, deve ser acrescido o custo com a instalação, que representa 25% do preço total do sistema de aquecimento. A mão de obra para instalação do sistema em maio de 2005 era de R\$ 200,00 (US\$ 83). O kit de materiais de instalação era ofertado por R\$ 300,00 (US\$124,5). O preço total de instalação ficava em torno de R\$ 500,00 (US\$ 207,5) (Figura 4.31).

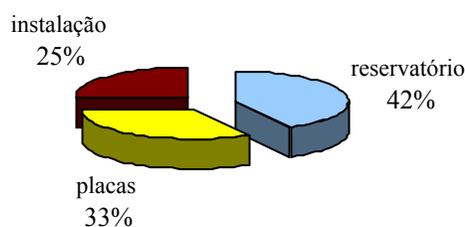


Figura 4.31 Relação percentual do preço final de um sistema termossolar, instalado, para aquecer 200 litros de água, com 2 placas de 1,90m² cada. Elaborado pela autora

4.5.8 O perfil da indústria termossolar

O questionário dirigido aos fabricantes tinha como objetivo o levantamento do perfil da indústria brasileira de aquecedores solares. A análise da estrutura organizacional exige também o conhecimento do planejamento estratégico da empresa no que se refere aos mercados almejados, estrutura de vendas, processos produtivos, compra de materiais, dentre outros.

Quando a empresa é pequena, a administração, a comunicação (marketing) e a venda são realizadas pelo próprio proprietário, que dispõe de uma rede de colaboradores que recebem uma porcentagem sobre a venda dos equipamentos. Nas empresas maiores a venda é realizado por um setor específico, e dispõem, em geral, de revendas autorizadas. Durante a crise de abastecimento de energia elétrica no país, em 2001-2002, algumas grandes cadeias de vendas de materiais de construção, em São Paulo, instalaram em suas áreas externas de exposição alguns modelos de sistemas solares, uma situação até então inédita. Nessa época também teve o início a oferta dos

equipamentos solares pela internet, com o preço estabelecido para alguns modelos específicos. Em maio de 2005, uma grande empresa fabricante passou a comercializar aquecedores solares compactos através de vendas *on line*, com condições de pagamentos semelhantes às de produtos de venda pela rede Internet, à vista, parcelado nos cartões de crédito ou em cheques pré-datados.

O levantamento efetuado em quatro fabricantes brasileiros mostra que cada empresa possui uma estrutura e organogramas diferentes para a administração, produção, vendas e marketing. A Figura 4.32 mostra o perfil de duas indústrias que possuem um número distinto de recursos humanos envolvidos: uma, com 60 funcionários, e a outra, com 20 funcionários. As duas concentram aproximadamente o mesmo percentual da mão de obra na manufatura dos equipamentos.

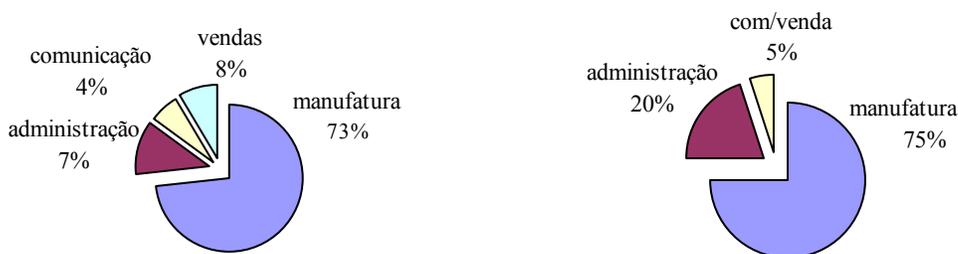


Figura 4.32 Perfil de duas indústrias de sistemas termossolares: à esquerda com 60 funcionários, e à direita com 20 funcionários. Elaborado pela autora

A Figura 4.33 mostra outras duas indústrias, com um perfil organizacional diferente das anteriores, com equilíbrio de recursos humanos distribuídos em todos os setores, embora uma tenha 13 funcionários e a outra 46.



Figura 4.33 Perfil de duas indústrias de sistemas termossolares: à esquerda com 13 funcionários e à direita com 46 funcionários. Elaborado pela autora

4.6 Os preços do kWh/m² instalado dos sistemas termossolares

As tecnologias de aquecimento solar de água para uso em residências possuem penetração nas faixas de maiores rendas, as quais podem fazer esse investimento de substituição de energéticos. A cidade de Campinas, no estado de São Paulo, constitui um mercado competitivo, pois uma parcela considerável da população possui rendimentos para substituir o uso da energia elétrica por equipamentos solares. Aliado a isto está o fácil acesso aos fabricantes (aproximadamente 90% da produção de coletores é feita em cidades do interior paulista) e à rede de revenda.

Pesquisas realizadas entre 11 fabricantes e revendas de aquecedores solares em Campinas (SP) mostraram que o valor dos sistemas de aquecimento de água para o atendimento a uma família com 4 a 5 membros, em julho de 2001, variava entre R\$ 1.599,00 (US\$ 645¹⁷) e R\$ 3.245 (US\$ 1301). Em dezembro, outra pesquisa já revelava a presença no mercado de sistemas com preços mais competitivos, com reservatórios térmicos menores (capacidade entre 120 e 200 litros) projetados para servir a consumos mais modestos de água quente. O preço variava entre R\$ 800,00 (US\$ 323) a R\$ 1.200,00 (US\$ 484) (Fantinelli, 2002).

A determinação das características do mercado de aquecimento solar na região de Campinas realizada por Varella (2004) entre agosto e setembro de 2003, foi feita através de questionários aos fabricantes (9) e revendedores autorizados (21) existentes no município; 56% dos revendedores afirmaram que o sistema termossolar mais vendido era composto de 5 placas coletoras, com área entre 1,30 m² e 1,45 m² por placa, com reservatório de 500 litros. O preço dos sistemas de aquecimento solar de água para uma família com 4 a 5 pessoas variava entre R\$ 2.202,00 (US\$ 739) e R\$ 2.700,00 (US\$ 906¹⁸).

Em julho de 2005, novas pesquisas foram realizadas para o presente trabalho (Tabela 4.16) entre alguns fabricantes da região de Campinas que dispunham de sistemas dimensionados para suprir a demanda de água quente para famílias com 4 a 5 membros. O dimensionamento típico e o mais vendido, para a classe média na região de Campinas, é o *modelo g*, com placa coletora de

¹⁷ Dólar em julho de 2001: R\$ 2,48.

6,5 m² e reservatório de 500 litros, com custo em torno de R\$ 446,00/m² (US\$ 185/m²). A Tabela 4.16 apresenta os preços dos sistemas termossolares, com diferentes dimensionamentos, e os preços de comercialização entre 2001 e 2005.

Tabela 4.16 Preços dos sistemas termossolares na região de Campinas 2001-2003-2005.

Modelo	Desempenho energético	Coletor	Reservatório térmico	Data	Preço US\$	Preço por m ² US\$	Instalação US\$
a	desconhecido	2 x 2,0 m ² = 4,0 m ²	200 litros	Jul 2001	645	161	48
b	desconhecido	1 x 2,0 m ² = 2,0 m ²	120 a 200 litros	Dez 2001	323 a 484	161 a 242	48
c	conhecido	5 x 1,30 m ² a 1,45m ²	500 litros	Set 2003	739 a 906	114 a 139	84 a 134
d	desconhecido	3 x 1,0 m ² = 3,0 m ²	200 litros	Jul 2005	623	208	83
e	desconhecido	2 x 1,9 m ² = 3,8 m ²	200 litros	Jul 2005	930	245	83
f	conhecido	5 x 2,0 m ² = 10 m ²	500 litros	Jul 2005	1328	134	variável
g	conhecido	5 x 1,3 m ² = 6,5 m ²	500 litros	Jul 2005	1203	185	variável

Fonte:* Fantinelli, 2002; **Varella, 2004. Obs: Coletores com aletas de alumínio, tubos de cobre e cobertura de vidro; reservatório em aço inox. Dólar - julho de 2001: R\$ 2,48; setembro de 2003: R\$ 2,98; julho de 2005: R\$ 2,41. Elaborado pela autora.

Na análise dos preços dos sistemas termossolares é preciso ter atenção para o fato de que no preço do metro quadrado não está incluído o tamanho do reservatório térmico (e o seu desempenho energético), o que leva a equívocos quanto ao preço final da tecnologia. O mesmo acontece quando se analisa o preço final sem verificar a área dos coletores solares e sua eficiência energética. Se o consumidor não conhece todas as variáveis que influenciam o desempenho de sistema termossolar, ele ficará tentado a aceitar o preço mais baixo, pois entenderá estar usufruindo uma vantagem sobre os demais.

Investimento em pesquisa e desenvolvimento, melhores condições de fabricação, maior treinamento dos recursos humanos e seleção criteriosa de fornecedores levam à diminuição do preço final do produto, quando tais custos são diluídos na produção em escala. Na amostra apresentada verificou-se que os fabricantes que têm seus produtos etiquetados no INMETRO apresentam uma estrutura empresarial mais sólida, o que lhes permite uma melhor negociação nos preços finais.

Para uma investigação sobre o custo do kWh por metro quadrado instalado, para os sistemas termossolares de aquecimento de pequenas quantidades de água (de 110 a 200 litros),

¹⁸ A pesquisa foi realizada nos meses de agosto e setembro de 2003. Cotação do dólar em setembro de 2003: R\$ 2,98.

novas pesquisas foram realizadas, de junho a novembro de 2005, entre os fabricantes brasileiros. A investigação abrangeu os coletores acoplados que possuem etiqueta do INMETRO, estão sendo produzidos e comercializados pelos fabricantes brasileiros e que tiveram os seus preços liberados para esta pesquisa.

A avaliação da relação entre o dimensionamento, a eficiência média energética e o preço do sistema termossolar determina qual modelo trará maior vantagem e competitividade com relação ao preço dos energéticos tradicionais. Os modelos de coletores acoplados produzidos no Brasil possuem diversos tamanhos de placas coletoras (de 1,40 m² a 2,00 m²) e capacidade dos reservatórios (de 110 a 200 litros). As variáveis que influenciam o custo final de um sistema termossolar são inúmeras, como já visto anteriormente: vão desde a eficiência energética, determinada pelos materiais das placas coletoras (aletas de alumínio, ou cobre, ou material polimérico ou polietileno de alta densidade) e dos reservatórios (aço inox ou polietileno de alta densidade), a tecnologia de produção, até o preço final do equipamento, influenciado pelos preços dos componentes, pela infra-estrutura industrial do fabricante, a produção em escala, a competitividade do mercado, a capacidade gerencial do fabricante e os custos de instalação dos equipamentos, entre outros fatores.

As dimensões das placas coletoras (área em m²), sua produção média mensal de energia (kWh/m².mês), o preço unitário da tecnologia (placas mais reservatório térmico) e os custos de instalação do sistema, permitem o levantamento do preço do quilowatt por metro quadrado instalado de aquecimento solar de água. A Tabela 4.17 mostra a composição de 4 preços:

- a- preço do sistema termossolar por unidade;
- b- preço do kWh por metro quadrado;
- c- preço do kWh/m² acrescido da mão de obra do instalador;
- d- preço do kWh/m² acrescido do instalador e acessórios para instalação.

A ordenação na tabela foi feita em função dos preços finais, por ordem crescente.

Tabela 4.17 Preços dos sistemas termossolares acoplados brasileiros – 2005

Equip solar	Área m ²	Reserv litros	Eficiência energética média %	Produção média mensal de energia		Preço do sistema termossolar por unidade		preço kWh/m ²		preço kWh/m ² + instalador		Preço kWh/m ² + inst al + complem		Material superfície absorved
				kWh/m ² ¹⁹	kWh/m ² .mês ²⁰	R\$	US\$	R\$	US\$	R\$	US\$	R\$	US\$	
A	1,58	125	51,70%	71,1	112,3	732,00	331,00	6,50	2,9	8,20	3,7	10,20	4,6	alumínio
B	1,58	200	58,40%	80,6	127,3	908,00	411,00	7,10	3,2	8,60	3,9	10,40	4,7	alumínio
C	2,80	220	40,0%	57,4	160,7	1577,00	714,00	9,80	4,4	11,00	5,0	12,40	5,6	PAPM ^a
D	1,58	200	58,40%	80,6	127,3	1223,00	554,00	9,60	4,3	11,10	5,0	12,90	5,8	alumínio
E	2,00	200	47,20%	64,3	128,6	1300,00	588,00	10,10	4,6	11,50	5,2	13,30	6,0	alumínio
F	1,40	110	40,00%	57,4	80,4	789,00	357,00	9,80	4,4	12,10	5,5	15,00	6,8	PAPM ^a
G	1,71	200	54,40%	75	128,3	1550,00	701,00	12,10	5,6	13,50	6,1	15,30	6,9	alumínio
H	1,10	200	39,11%	47,7	52,9	541,00	245,00	10,20	4,6	13,70	6,2	18,30	8,2	HPDE ^b

*Dólar jun de 2005: R\$ 2,41. ** Dólar nov 2005: R\$ 2,21 a- Polietileno alto peso molecular b- Polietileno de alta densidade.

Elaborado pela autora.

A Figura 4.34 mostra a influência da mão de obra e dos acessórios (tubulações, misturadores e registros) para a instalação do equipamento, sobre o preço final de cada tecnologia.

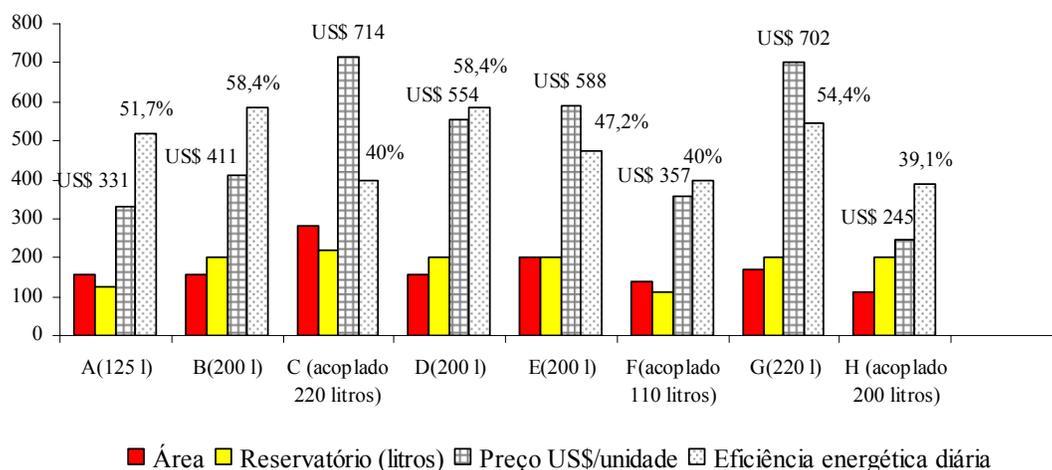


Figura 4.34 Influência dos custos fixos de instalação dos sistemas termossolares no preço do kWh/m² de diversas tecnologias, com eficiências energéticas distintas. Elaborado pela autora.

¹⁹ Produção mensal específica de energia calculada pela razão entre a produção mensal de energia e a área externa do coletor em teste, expressa em kWh/mês.m². Fonte: GREEN Solar, 2005a.

²⁰ Produção mensal de energia corresponde ao produto da eficiência térmica do coletor em questão pela energia incidente no plano do coletor em média horária, integrado para o dia padrão e multiplicado por 30 para obtenção da energia gerada durante um mês, expressa em kWh/mês.coletor. Essa metodologia foi proposta pelo Florida Solar Energy Center (FSEC-GP-6-80). Para o dia padrão, adotou-se o perfil de temperatura ambiente e de radiação solar incidente, em média diária, para a cidade de Belo Horizonte, no mês de setembro. A inclinação dos coletores foi pré-definida em 25°. Fonte: GREEN Solar, 2005a.

Os valores de R\$ 185,00 (US\$ 84) para a instalação e R\$ 230,00 (US\$ 104) para os acessórios são os preços médios praticados na cidade de Campinas para o serviço, por unidade. A constatação é que, embora os sistemas termossolares tenham um preço inicial competitivo, os preços fixos de mão de obra e acessórios (de R\$ 415,00 = US\$ 187,8 a R\$ 460,00 = US\$ 207) quando distribuídos pela metragem da área coletora, passam a onerar em até 44% o kWh por metro quadrado instalado, como mostra a tecnologia H, na Tabela 4.17 e Figura 4.34.

Já a tecnologia B, com uma eficiência térmica maior, aliada ao aumento das dimensões da placa coletora, gera conseqüentemente mais energia e tem-se uma maior quantidade de kWh por metro quadrado instalado. O custo fixo da instalação ficará, assim, diluído na metragem unitária da tecnologia, alcançando valores em torno de 33% sobre o preço do kWh/m², visualizado na Tecnologia B, da Figura 4.34.

Esse custo de instalação, no entanto, poderá ser alterado se a demanda por este tipo de serviço aumentar, de tal forma que o mercado passe a abrigar uma mão de obra qualificada, com tarefas rotineiras e de fácil execução. Quanto aos acessórios complementares, também poderão ser diminuídos se os sistemas termossolares forem planejados já na concepção da moradia, para que seu posicionamento seja menos oneroso.

A Figura 4.35 mostra a variação do preço do kWh por metro quadrado de área de coletores acoplados brasileiros. Trata-se de sistemas com reservatórios térmicos com volumes de 125 litros a 200 litros, mas com distintas tecnologias das superfícies absorvedoras e de reservatórios térmicos (a Tabela 4.17 informa que as tecnologias C, F e H possuem a placa coletora feita em polipropileno, e as demais em alumínio). O preço do kWh/m² varia de R\$ 7,00 (US\$ 2,9) a R\$ 13,30 (US\$ 5,5). Quando é acrescentado o custo final da instalação, esse preço sofre uma alteração considerável, passando a variar de R\$ 11,10 (US\$ 4,6) a R\$ 19,80 (US\$ 8,2).

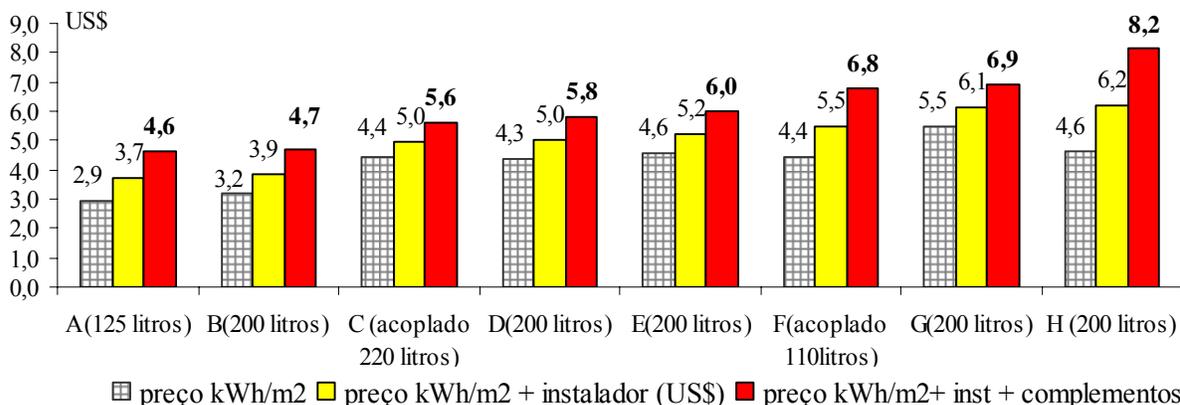


Figura 4.35 Preço do kWh/m², do kWh/m² + instalador, e do kWh/m² + instalador + complementos, de oito fabricantes brasileiros de sistemas termossolares, em US\$, ano 2005.

Elaborado pela autora.

A Figura 4.36 mostra a competitividade dos coletores acoplados brasileiros que possuem os mesmos materiais: placa absorvedora de alumínio (com dimensões e eficiências térmicas diferentes) e reservatório térmico de inox, todos com capacidade de 200 litros.

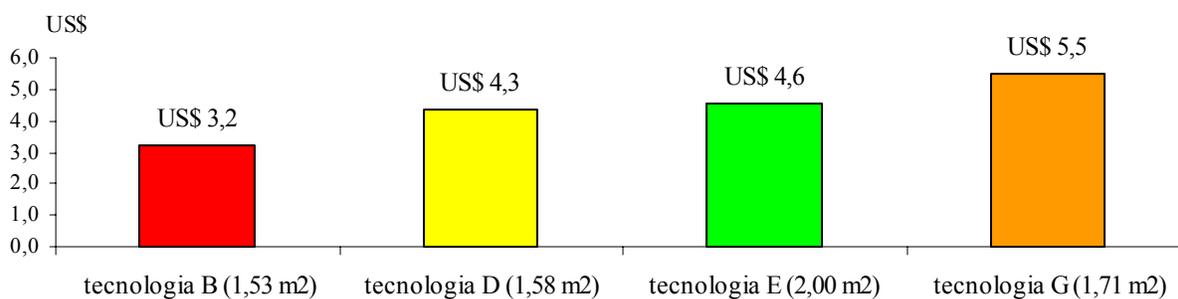


Figura 4.36 Preço do kWh/m² dos sistemas termossolares (coletores acoplados) brasileiros com mesmos materiais.

Elaborado pela autora.

A Figura 4.37 mostra a relação preço/eficiência energética média dos equipamentos que participam do programa de etiquetagem do INMETRO. O primeiro sistema (tecnologia A) é o que possui a melhor relação custo/benefício. Possui uma eficiência térmica considerada como A na classificação do INMETRO e uma produção específica mensal de energia de 71,1 kWh/mês.m². Este modelo de tecnologia tem uma produção mensal de 127,4 kWh/mês e na relação com as outras tecnologias (área coletora e capacidade de água aquecida) possui o melhor preço.

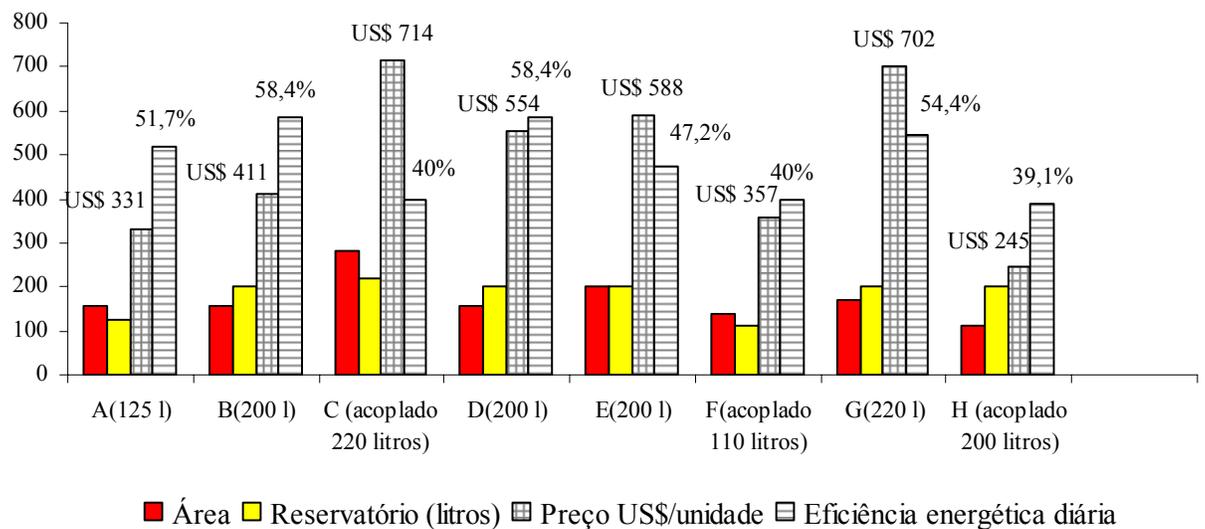


Figura 4.37 Relação custo-eficiência energética de sistemas termossolares brasileiros – 2005.

Elaborado pela autora.

4.7 A viabilidade econômico-financeira para a baixa renda

O atributo fundamental para que uma tecnologia possa ser disseminada está relacionado ao custo de fornecê-la de forma a suprir uma demanda, comparado com a capacidade do consumidor para pagá-la (Lima, 1981). Os avanços tecnológicos do produto e dos seus processos de produção precisam atingir uma boa relação custo-desempenho, a fim de que possam ser vencidas as barreiras para o seu emprego em larga escala. Duffie e Beckman (1991) ressaltam que o desenho de um sistema termossolar deve ser concebido para que se obtenha um mínimo de custo de energia, com um desempenho que esteja relacionado com a capacidade de investimento do usuário. Desta forma, um equipamento de menor desempenho térmico pode, em determinado estágio de desenvolvimento de uma comunidade ou sociedade, ser a solução mais adequada.

Estudos de análise econômico-financeira dos sistemas termossolares têm sido realizados pelos agentes envolvidos em seu desenvolvimento, produção e comercialização, desde fabricantes a instituições de ensino e pesquisa. Programas (software) mais sofisticados são usados pelos fabricantes²¹, com ajustes ligados à seus equipamentos e objetivos comerciais. Envolvem a viabilidade técnica e econômica dos sistemas termossolares, com possibilidade de cálculos da

²¹ Programa de software: *Heliocalc o software para dimensionamento*. Fonte: Boletim Heliotek Informa, nº 20. Dez 2004.

otimização da quantidade de coletores a serem instalados, para a obtenção da maior fração solar e economia durante a vida útil dos equipamentos. A comparação entre o custo anual do sistema termossolar e a do combustível que será usado como alternativa (óleo diesel, GLP, gás natural ou energia elétrica) é realizada, projetando o fluxo de caixa acumulado para o tempo desejado.

Um estudo comparativo sobre os energéticos utilizados para o aquecimento da água para o banho e que competem com a tecnologia solar foi realizado em 2004, pela ABRAVA e o Instituto Brasileiro do Cobre – PROCOBRE. A série de simulações foi realizada para expor a viabilidade do uso de coletores solares no Brasil, quando estudados para diversos tipos de demandas: para famílias que têm gastos modestos de água quente ou para as que apresentam uma maior demanda. A simulação realizada para um consumo restrito a uma pequena quantidade de água aquecida (para o banho) de 180 litros (60 litros por pessoa/dia), moradia com 2 quartos e 3 pessoas, acionamento da resistência elétrica auxiliar num percentual de 10% e preço da energia elétrica R\$ 0,40/kWh, mostrou a vantagem econômica anual do sistema termossolar sobre o sistema elétrico e gás (ABRAVA-PROCOBRE, 2004). O custo mensal para o banho com o sistema elétrico foi aproximadamente dez vezes maior, e com o uso de gás, sete vezes mais caro, se não for computado o custo do equipamento e sua amortização (Tabela 4.18).

Tabela 4.18 Custo comparativo de diversas fontes de energia para o aquecimento da água para o banho no Brasil, para uma demanda de 180 litros.

	Sistema elétrico	Sistema gás	Sistema termossolar
	R\$	R\$	R\$
Custo diário	2,09	1,51	0,21
Custo mensal	62,70	45,30	6,21
Custo anual	782,65	551,50	76,28

3 pessoas x 60 litros = 180 litros; $Q = m \times c_p \times \Delta t$; $Q = 180 \text{ kg} \times 1 \times 25^\circ\text{C}$; $Q = 4.500 \text{ kcal/dia}$; Eletricidade: 1 kWh = 860 kcal x R\$ 0,40; Gás: 1 kWh = 10.800 kcal/kg GLP /75% x R\$ 2,70; Solar: 1 kWh = 860 kcal x (R\$ 0,40 x 10%). Fonte: ABRAVA-PROCOBRE, 2004.

Outro estudo é o que está sendo desenvolvido pelo Centro de Estudos em Energia Solar GREEN Solar PUC-MG, reunindo, os principais parâmetros que incidem na implantação da tecnologia termossolar, para que se comprove a sua viabilidade econômica. O programa (software) abrange três grandes setores: residências unifamiliares de interesse social, residências das classes A e B, e sistemas de grande porte, como condomínios, edifícios, creches, escolas, hotéis, hospitais, quartéis, clubes, academias e vestiários. Envolve a avaliação das variáveis para

a melhor configuração do projeto solar, de forma a garantir uma provisão de água aquecida que alcance o melhor retorno do investimento (Pereira et al., 2003a).

Os parâmetros centrais do software²² do GREEN Solar estão sustentados em quatro variáveis: preço de venda da energia; custo do equipamento; fração solar e condições de financiamento. O método adotado para a escolha da alternativa mais favorável à instalação solar está centrado na avaliação do Valor Presente Líquido – VPL - dos desembolsos e economias ao longo do tempo, sendo utilizados os valores de todo o projeto referidos a uma mesma base temporal, conforme a fórmula:

$$PV = FV / (1 + i/100)^n$$

sendo PV= valor atual ; FV = valor de desembolso futuro, i = taxa de juro mensal; n = prazo. Também é realizada a análise da Taxa Interna de Retorno – TIR, que é a taxa que determina a rentabilidade real gerada pelo projeto (Pereira et al., 2003a).

Dentre as demais variáveis são consideradas no programa o tipo de cliente; número de usuários; número de unidades; consumo médio de água por morador; tempo médio de duração do banho; potência elétrica do chuveiro a ser utilizado; consumo de energia com o banho; fração solar; preço do kWh cobrado pela concessionária; viabilidade econômica do projeto; custo de negociações e parcerias (consultores, fabricantes, revendedores, agentes financiadores); custos dos projetos de engenharia (gastos diretos e indiretos); custos do equipamentos; custos de operação e manutenção (reparos, limpezas, substituições); custos adicionais de instalação; previsão de aumento de tarifa da energia elétrica; taxas de juros vigente para a instalação solar; taxas de juros de aplicações financeiras (Pereira et al., 2003a).

O software foi programado para receber informações de dados em 3 linhas distintas: dados de consumo, dados da instalação solar e dados financeiros. Apresenta ainda a possibilidade de realizar simulações para verificação da sensibilidade à variação de parâmetros técnicos, como as relações entre: área dos coletores e temperatura de armazenamento da água quente; área do coletores e volume do reservatório térmico; área dos coletores e eficiência térmica do coletor.

²² O software está sendo preparado para ser disponibilizado para uso público, via Internet.

Para testar a metodologia, Pereira et al. (2003a) realizaram um estudo de simulação para a troca do chuveiro elétrico, de 4.400 W, pelo aquecedor solar, em um conjunto residencial de 250 moradias de baixa renda. Considerou um prazo de financiamento de 240 meses e juros de 6% ao ano. Adotou valores de mercado do ano de 2001 para a estimativa de custos de implantação em cada domicílio, considerando 8 variáveis:

1. estudo de viabilidade econômica: R\$ 20,00 p/moradia;
2. negociações e parcerias: R\$ 8,00 p/moradia;
3. projeto de engenharia: R\$ 20,00 p/moradia;
4. equipamento solar: R\$ 750,00 c/ sistema de 200 litros;
5. operação e manutenção: R\$ 10,00 p/moradia/ano;
6. valor da eletricidade em kWh/mês: R\$ 0,29;
7. taxa mensal de financiamento do imóvel pela CEF: 1,9%;
8. taxa mensal de aplicação financeira da poupança: 0,7%.

A seguir são apresentadas as avaliações em função destes dados.

4.7.1 Avaliação da área do coletor e temperatura de armazenamento da água quente

Na avaliação da influência da área coletora e da temperatura da água, Pereira et al. (2003a) constatou que, para uma mesma configuração de um sistema termossolar, quanto menor for a temperatura desejada, maior será a fração solar e, assim, menor será o custo operacional. O aumento da relação entre o que o sistema termossolar fornece de energia e o que é necessário para o conforto faz com que a temperatura requerida seja uma variável a influenciar o tipo de equipamento a ser escolhido, seu preço, e conseqüentemente seu prazo de retorno do investimento.

A simulação realizada tomou como parâmetro um coletor de 32 m²; reservatório de 3.200 litros; produção média de energia P_{me} entre 71 e 77 kWh/mês.m² (classificação PBE-INMETRO = B). A variável adotada foi a temperatura da água.

Simulação 1: Temperatura adotada: 40 °C

Fração solar: 63%

Resultado 1.a: prazo de retorno do investimento: 8 meses

Rentabilidade do sistema: 13,7%.

Temperatura adotada: 50 °C

Fração solar: 48%

Resultado 1 b: prazo de retorno do investimento: 22 meses

Rentabilidade do sistema: 6,35%

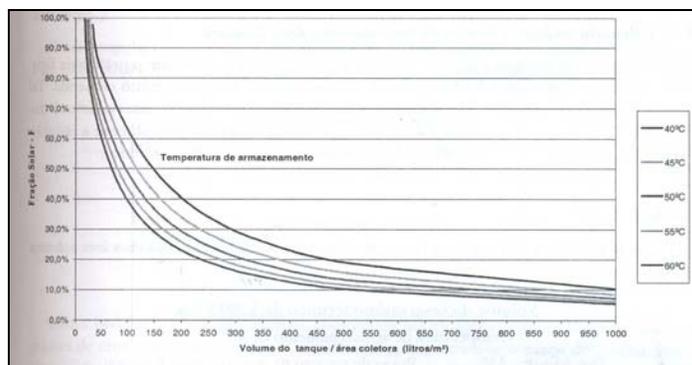


Figura 4.38 Influência da temperatura de armazenagem na fração solar. Quanto menor for a razão *volume do reservatório/área coletora* maior será a temperatura de armazenagem requerida.

Fonte: Pereira et al., 2003a.

4.7.2 Avaliação da área do coletor e volume do reservatório térmico

Como visto anteriormente, o percentual do custo do reservatório térmico produzido no Brasil em relação ao conjunto do sistema termossolar é de aproximadamente 62%. Como a simulação anterior mostrou que quanto menor for a razão *volume do tanque/área coletora*, maior será a temperatura de água requerida, Pereira et al. (2003a) constataram que para reduzir o custo inicial do investimento no sistema termossolar, mantida a mesma demanda de energia, deveria reduzir o tamanho do reservatório. Obteve, assim, uma melhor Taxa Interna de Retorno, compensando a pequena redução na fração solar.

Nessa simulação, para a mesma condição típica anterior de um coletor de 32 m²; produção média de energia (P_{me}) entre 71 e 77 kWh/mês.m² (classificação PBE-INMETRO = B); as variáveis adotadas foram o volume do reservatório e a temperatura da água.

Simulação 2: Temperatura adotada: 40 °C

Fração solar: 63%

*Volume reservatório: 3.200 litros

Resultado 2.a: prazo de retorno do investimento: 8 meses

Rentabilidade do sistema: 13,7%.

Temperatura adotada: 50 °C

Fração solar: 60,6%

*Volume reservatório: 2.200 litros

Resultado 2.b: prazo de retorno do investimento: 4 meses

Rentabilidade do sistema: 27,1%

4.7.3 Avaliação da área do coletor e eficiência térmica do coletor

Pereira et al. (2003a) constatou que quanto maior a eficiência térmica de um coletor menor será o prazo de retorno do investimento e maior será a Taxa Interna de Retorno, conforme esperado.

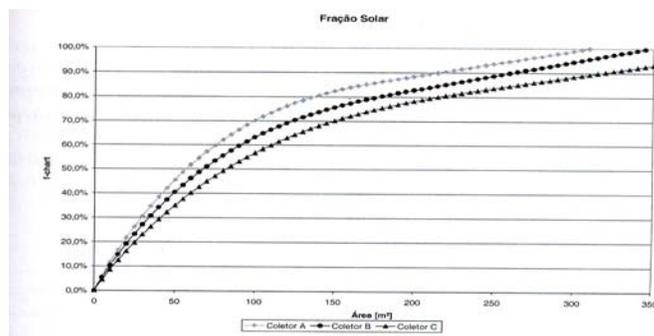


Figura 4.39 Influência da eficiência térmica do coletor na fração solar. Fonte:Pereira et al., 2003

Nessa simulação, a variável que muda é a eficiência térmica dos coletores. Foram considerados um com classificação A (P_{me} maior que 77 kWh/mês.m^2) e outro com classificação C ($P_{me} = 61$ a 71 kWh/mês.m^2).

Simulação 3: Temperatura adotada: 40 °C

Fração solar: 70%

*Volume reservatório: 3.200 litros

Resultado 3.a: prazo de retorno do investimento: 3 meses

rentabilidade do sistema: 36%.

Temperatura adotada: 40 °C

Fração solar: 57%

*Volume reservatório: 3.200 litros

Resultado 3.b: prazo de retorno do investimento: 6 meses

rentabilidade do sistema: 201%

Com esta metodologia, Pereira et al.(2003a) estudaram a viabilidade econômico-financeira da implantação de instalações solares em residências unifamiliares de interesse social, considerando os programas de crédito oferecidos para financiamento, em 2001, pela Caixa Econômica Federal – CEF (Tabela 4.18). Na época, haviam sido liberados recursos da ordem de R\$ 100 milhões para a compra de sistemas termossolares, em três linhas de financiamento, constantes no Programa Carta de Crédito - FGTS.

Considerando o preço de um aquecedor solar de pequeno custo, em 2001 foram estudados os acréscimos que representaria a sua inclusão nas prestações mensais de cada programa de financiamento. Foram consideradas as principais variáveis (já referidas) que influenciam o preço final, desde a escolha do tipo de tecnologia até sua instalação e manutenção. Para um aquecedor solar de R\$ 660,00 (US\$ 240,87), a sua inclusão na prestação de uma casa financiada pela CEF traria os acréscimos vistos na Tabela 4.19.

Tabela 4.19 Valor da prestação do sistema termossolar nas linhas de financiamento da CEF-2001

condições	Programa Carta de Crédito FGTS individual		
	Programa “Carta de crédito individual”	Programa “Material de Construção”	Programa “Construcard”
	Instalação na construção	Instalação na moradia existente	Instalação na moradia existente
Renda familiar pessoa física	Inferior a R\$ 1.812,00	Inferior a R\$ 1.812,00	- *
Renda familiar associativo	Inferior a R\$ 3.020,00	-	-
Taxa de juros	6% ao ano	6% ao ano	1,9% ao mês
Prazo do financiamento	240 meses (20 anos)	96 meses (8 anos)	18 meses (1,5 anos)
Preço da prestação do coletor	R\$ 6,76 (US\$ 2,45)	R\$ 21,84 (US\$ 7,97)	R\$ 86,12 (US\$ 31,43)

Fonte: Caixa Econômica Federal, 2001. Pereira et al., 2003 apud Pereira et al., 2003a.

Tabela montada pela autora. * valor mínimo de financiamento = R\$ 1.000,00. Dólar em outubro de 2001= R\$ 2,74. Fonte:

<http://www.receita.fazenda.gov.br/Legislacao/AtosExecutivos/2001/COSIT/ADCosit046.htm>

Na linha de financiamento *Carta de Crédito Individual* haveria um acréscimo de R\$ 6,76 (US\$ 2,45) no prazo de financiamento de 20 anos; no de *Material de Construção*, de R\$ 21,84 (US\$ 7,97), em 8 anos; e no *Construcard*, de R\$ 86,12 (US\$ 31,43); em 18 meses.

4.7.4 A viabilidade econômica frente ao preço da energia

Para a viabilidade econômica frente ao preço da energia elétrica, usada pelas classes populares para o aquecimento da água do banho (chuveiro elétrico), Pereira et al. (2003a) elaboraram para o programa uma tabela cruzada com prazo de financiamento, custo de financiamento e preço da energia elétrica. Para as taxas de juros simulou 3 situações: 0,5% ao mês, 1,2% ao mês e 1,9% ao mês. Para o custo da eletricidade simulou variações entre -30% e +30%, para um preço referencial da época da simulação (2003) de R\$ 0,29/kWh. Os prazos de financiamento foram divididos em 5 períodos: de 12 meses a 60 meses.

As tabelas a seguir mostram o comportamento dos preços do sistema termossolar se fossem financiados pelo poder público, através da Caixa Econômica Federal, em comparação com os diversos preços que a energia elétrica poderia assumir, para mais ou para menos. Os valores nulos mostram que a economia de energia é maior do que a prestação do financiamento. Na Tabela 4.20 observa-se que quanto mais diminui o preço da energia maior são os prazos de retorno do investimento. Se o preço da energia estabilizar-se nos valores iniciais da simulação, a partir do terceiro ano, a economia de energia elétrica passa a ser maior do que a prestação da tarifa.

Tabela 4.20 Preço do sistema termossolar X taxa de juro 0,5%/mês X retorno investimento-2001

Taxa de juros 0,5% ao mês	Prazo	Custo kWh						
		-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%
	12	52	45	39	35	31	28	26
	24	50	43	37	33	30	27	25
	36	48	41	30	0	0	0	0
	48	33	0	0	0	0	0	0
	60	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Pereira et al., 2003a

A Tabela 4.21 mostra que quanto maiores forem as taxas de juros, maior será o prazo de retorno do investimento. Nesta simulação, somente no quarto ano haveria o retorno do

investimento, se o preço da tarifa ficar inalterado. A autora explica que, como existe uma tendência de aumento do custo da energia elétrica acima da taxa anual de inflação, o tempo de retorno de investimento fica mais sensível à sua variação do que às taxas de juros que o agente público estabelecer.

Tabela 4.21 Preços do sistema termossolar X taxa de juro 1,2%/mês X retorno investimento 2001

Taxa de juros 1,2% ao mês	Prazo	Custo kWh						
		-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%
	12	55	47	41	36	32	29	27
	24	55	47	41	36	32	29	27
	36	55	47	41	36	32	29	27
	48	55	47	39	0	0	0	0
	60	32	0	0	0	0	0	0

Fonte: Pereira et al., 2003a.

Esses prazos de retorno do investimento, que variam com duas variáveis, preço de energia e valor da taxa de juro, permite ao poder público estabelecer a oportunidade de subsídios aos setores populares para a instalação de aquecedores solares (Pereira et al., 2003a). Permite também que políticas públicas sejam planejadas para que a moradia financiada já contemple uma solução, e que, num pequeno prazo de tempo, a economia de energia feita pela família venha a constituir um efetivo aumento de renda, como será visto no Capítulo 5. Ao deixar de consumir eletricidade no horário de ponta do sistema energético nacional, duas situações de imediata relevância se configuram: a mitigação da necessidade de novos empreendimentos para a geração de energia para o atendimento da demanda na ponta, e o aproveitamento dessa energia para outros fins, inclusive para o atendimento da demanda reprimida dos setores populares, ocasionada pelos baixos rendimentos.

4.8 Considerações finais do capítulo

Da década de 1970 até os dias atuais, a indústria de coletores no Brasil vem passando pelas barreiras naturais da adoção de uma tecnologia termossolar, que envolvem desde o desconhecimento dos fatores técnicos para sua construção até sua instalação. Como consequência da cópia dos coletores planos desenvolvidos na Austrália, Israel, Estados Unidos e Europa, nas décadas de 1950 a 1970 produziram-se aqui sistemas de sofrível nível tecnológico, com baixo desempenho energético e altos custos.

A falta de mecanismos de transferência dos resultados da pesquisa sobre essa tecnologia, desenvolvida nas universidades e centros de estudos brasileiros, para o empresariado nacional fez com que rapidamente o aquecimento da água com energia solar passasse por uma derrocada econômica, justificada pelo descrédito na qualidade dos sistemas e pela falta de capacitação dos empreendedores. Num prazo de dez anos, da primeira crise do petróleo (1973-1974) a meados da segunda (1979-1981), Ennes (1985) constatou uma taxa de mortalidade de 60% entre as empresas instaladas no estado de São de Paulo, principal pólo da produção de equipamentos solares.

A evolução da diminuição do custo dos coletores de baixa temperatura, de US\$ 500/m² em 1980 para aproximadamente US\$160/m² a US\$ 200/m² em 2005, ainda está distante dos custos estimados em 1979: de US\$ 50/m² para um coletor de 20 kg/m². Para a tecnologia de coletores planos, Lima (1981) previa que o desenvolvimento tecnológico atuaria em três variáveis: aumento da eficiência, redução de massa por metro quadrado do coletor e produção em escala. Produto e processo adequariam o equipamento às condições geográficas, sociais e econômicas, para que fosse atingida uma relação custo-benefício ótima.

A partir da década de 1990, a necessidade de aumentar o mercado levou os empreendedores a buscarem mecanismos de capacitação tecnológica, comercial e econômica. Inicia-se um processo de integração de esforços e objetivos comuns para a criação de um mercado competitivo frente aos demais energéticos que disputavam e ainda disputam o aquecimento de água para uso sanitário. O estímulo ao associativismo (DaSol-ABRAVA), ao treinamento profissional, ao desenvolvimento de projetos de normalização e padronização das instalações industriais, à avaliação de conformidade para sistemas e equipamentos de aquecimento solar de água (GREEN Solar-PROCEL-INMETRO), à isenção de alguns impostos (IPI e ICMS), e a possibilidade de financiamento junto ao setor creditício (instituições públicas e privadas) foram alguns dos fatores que contribuíram para impulsionar o setor. A curva de crescimento da área instalada de coletores, de 25 mil metros quadrados em 1985, acompanhou ao longo de duas décadas a curva de diminuição de custos: três milhões de metros quadrados, com 80% da produção concentrada no setor residencial e de alta renda. Somente no período de 2000 a 2004, mais de um milhão de coletores foram instalados no Brasil.

A criação de um laboratório de ensaios (o GREEN Solar em 1997) específico para coletores solares e reservatórios térmicos, e a sua implementação com equipamentos de última geração (em 2004), impulsionou a validação de normas de ensaio de produtos, com a determinação da eficiência térmica e produção mensal de energia dos equipamentos termosolares, proporcionando a busca por melhores resultados e implementação de sistemas mais compactos. A eficiência energética média dos coletores brasileiros para banho chega hoje a percentuais que variam de 40% a 59,9%.

A participação dos empreendedores no Programa Brasileiro de Etiquetagem-PBE, coordenado pelo Programa de Conservação de Energia Elétrica-PROCEL e Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO, órgãos fiscalizadores dos programas públicos de controle de eficiência e conservação de energia de equipamento é voluntária. A utilização da etiqueta PROCEL-INMETRO (criada em 1997) de controle da eficiência média dos equipamentos solares tem sido determinante para a opção final que o consumidor faz diante das tecnologias solares ofertadas.

A indústria tem acompanhado o desenvolvimento da tecnologia digital e tem inserido os mais diferentes controladores eletrônicos nos equipamentos solares, potencializando a sua eficiência energética. Diversos acessórios têm sido produzidos para facilitar a inserção e as vendas de coletores em moradias já construídas, como os registros misturadores de água solar, que facilitam a troca do chuveiro elétrico.

Embora esta pesquisa tenha levantado a existência de aproximadamente 50 indústrias, que estão estruturadas e integradas à comunicação digital da rede Internet, a entidade associativa ABRAVA estima que existam mais de 120 pequenas empresas espalhadas pelo país. A participação associativa e a integração aos programas governamentais de incentivo à eficiência energética ainda são pequenas. Oficialmente existem 27 indústrias participando da etiquetagem de equipamentos. Verificou-se, no entanto, que somente 21 têm sua produção voltada para o aquecimento da água para fins sanitários, sendo as demais produtoras de coletores abertos para uso em piscinas. O problema realmente grave é que 70% dos fabricantes brasileiros não participam do Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE. Seus equipamentos não passam pelos

procedimentos padronizados de testes e avaliações do desempenho, mas disputam, junto com as demais empresas etiquetadas, um mercado de 86 milhões de domicílios e 7,5 milhões de moradias em conjuntos residenciais (IBGE, 1999).

A crise de abastecimento de energia elétrica em três regiões brasileiras, em meados de 2001 e em 2002, obrigou à redução drástica de 20% do consumo por parte do setor residencial. O setor industrial termossolar teve aí um estímulo inédito, além do creditício (somente para equipamentos etiquetados pelo INMETRO): o da divulgação nacional na mídia, das vantagens da substituição do uso da eletricidade pela tecnologia solar para o aquecimento da água para o banho. Somente em 2001 foram instalados 480 mil metros quadrados de coletores, 48% a mais da produção de 2000. Passado o período de racionamento, as vendas de equipamentos caíram 30%.

As pesquisas realizadas em 2005 nos sites eletrônicos sobre a existência das indústrias mostraram a fragilidade e a efemeridade das pequenas empresas brasileiras: pelos menos 16% não puderam ser contatadas. Outras se transformaram em pontos de comercialização e revenda ou concentraram sua produção em coletores abertos para piscinas. A falta de acesso a informações sobre a infra-estrutura industrial existente - como tecnologia utilizada, produção, processos, número de empregos, capacitação de recursos humanos, formas de venda, atendimento de mercados internos ou externos, investimento em pesquisa, acesso a financiamentos e incentivos - impossibilita qualquer avaliação sobre os principais problemas enfrentados pelos empreendedores, que se mantêm isolados no momento de enfrentar as principais barreiras para a disseminação do uso de coletores.

Os que se concentram em torno da entidade associativa têm conseguido (33 indústrias) avançar no enfrentamento de dificuldades como a falta de capacitação profissional de toda a rede de agentes envolvidos com o setor termossolar, desde o conhecimento aprofundado sobre a tecnologia por parte de engenheiros, arquitetos e fabricantes, até a instalação e manutenção dos equipamentos, por parte de revendedores e instaladores. Têm sido previstas atividades para o ano de 2006 para que diversas entidades e instituições de ensino e treinamento de todo o país passem a capacitar recursos humanos especializados em energia solar, com cursos direcionados para categorias específicas de aprendizado.

Dado o baixo retorno da investigação (questionário) realizada entre os fabricantes que participam do PBE-PROCEL-INMETRO, o conhecimento sobre o estágio de desenvolvimento da tecnologia solar térmica brasileira deve ser obtido através de algumas outras variáveis: tipo de tecnologia empregada, preço de mercado, eficiência energética média dos coletores e avaliação do desempenho final dos sistemas, com a redução do consumo de energia para fins de banho, obtida com o monitoramento da sua inserção em moradias.

A produção de coletores planos compactos para o aquecimento de pequenas quantidades de água, com alta eficiência energética (em torno de 58,8%) com preços que possam ser absorvidos por setores de menores rendimentos e com possibilidade de ser competitiva com a energia elétrica e Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), tem sido um dos grandes investimentos dos empreendedores brasileiros que possuem uma estrutura empresarial mais dinâmica. As tecnologias desenvolvidas vão desde os coletores tradicionais (aletas de alumínio, tubos de cobre, cobertura de vidro e reservatório de inox), até os sistemas com estrutura em monoblocos de polietileno de alta densidade (PEAD), projetados para o atendimento da demanda de famílias que necessitam se adequarem às relações de capacidade de investimento e benefícios.

O estudo de *softwares* para o dimensionamento e cálculo do desempenho da tecnologia termossolar tem sido realizado pelos centros de estudo em energia das universidades brasileiras, acompanhando as pesquisas sobre a solarimetria brasileira e o seu potencial da radiação solar. A viabilidade econômica e financeira para o atendimento dos setores de pequena renda, garantida pelos resultados alcançados com o aumento da eficiência da tecnologia e dos custos das energias tradicionais, tem sido validada através de estudos e metodologias que analisam as complexas variáveis envolvidas na tecnologia termossolar, tais como fatores climatológicos, culturais, de dimensionamento e de operacionalidade, e os preços dos energéticos que lhe fazem competição, como a energia elétrica.

Um programa de normalização para o dimensionamento dos sistemas termossolares no território brasileiro, incluído dentro das normas da ABNT, está sendo elaborado, com o apoio do Centro Brasileiro de Desenvolvimento da Energia Solar Térmica – GREEN Solar, e Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT, com previsão para que no ano de 2006 comece a ser implantado e

incluído nos manuais de certificação da qualidade de fornecedores e instaladores de equipamentos termossolares brasileiros.

A redução de custos com a automação dos processos, o aumento da eficiência da conversão e a competitividade trazida pela avaliação voluntária de coletores e reservatórios térmicos, consolidados por normas brasileiras e internacionais, vem preparado o setor para a competição no mercado interno e externo. A participação de 27% dos fabricantes etiquetados nas principais feiras nacionais de abrangência internacional (ABRAVA, 2005d) mostra a acirrada competição entre as indústrias nacionais. Recentemente, estimuladas pelos programas de exportação da entidade associativa, algumas indústrias iniciaram a exportação para mercados conquistados na América Latina, União Européia e África.

No próximo capítulo serão apresentadas as experiências brasileiras que estão sendo realizadas para a inserção de coletores na moradia de baixa renda, das quais uma foi escolhida para o estudo de caso. Trata-se do primeiro projeto demonstrativo de tecnologia solar fomentada e financiada pelo poder público, para o segmento de interesse social no Brasil.

Capítulo 5

O aquecimento termossolar na habitação popular brasileira

O uso de aquecimento termossolar na habitação popular brasileira tem sido introduzido por ações que partem do poder público e iniciativa privada através de projetos de demonstração da tecnologia. Os programas experimentais realizados por fabricantes de coletores solares em parceria com concessionárias de energia elétrica, empresas públicas de habitação, prefeituras municipais e órgãos de fomento do governo federal são ainda pontuais, sem que façam parte de uma política energética nacional, planejada com objetivos específicos de disseminação do aquecimento solar para as populações de baixa renda. Neste capítulo serão expostas as experiências que se caracterizam e se articulam direta ou indiretamente no arcabouço de ações de eficiência energética por parte do poder público ou das concessionárias de energia e que, por força de legislação específica, precisam reverter 1% de sua receita anual em projetos de Eficiência Energética e Pesquisa e Desenvolvimento, nestes casos associados à conservação de energia.

Será detalhado com mais profundidade, como estudo de caso, o Projeto Sapucaias ou Projeto Eletrobrás Solar, desenvolvido na cidade de Contagem, no estado de Minas Gerais, por ação do setor público através da Eletrobrás, PROCEL, e da instituição privada de ensino e pesquisa, o GREEN Solar da PUC-MG. Trata-se da primeira experiência monitorada de inserção de sistemas solares para o aquecimento da água do banho em área urbana no Brasil destinada a segmentos de baixa renda. Neste projeto, a população envolvida construiu suas moradias por regime de mutirão e foi colaboradora na instalação dos equipamentos solares. O estudo do

comportamento das famílias de baixa renda frente à nova tecnologia termossolar ainda é inédito no país. Esta pesquisa investiga se houve mudanças de hábitos com o banho, se houve economia que se refletisse em ganho de qualidade de vida para as famílias e qual o seu nível de satisfação com o uso desta nova tecnologia. A investigação é conduzida para identificar também quais os benefícios da redução de consumo de energia elétrica com a substituição do chuveiro, e de que forma ela se reflete nos segmentos de pouca renda.

O diagrama a seguir mostra a metodologia adotada, a do estudo das interações entre as áreas da Tecnologia, da Indústria e do Usuário, analisado através de um Estudo de Caso realizado em comunidade de baixa renda, na qual foram instalados sistemas termossolares.

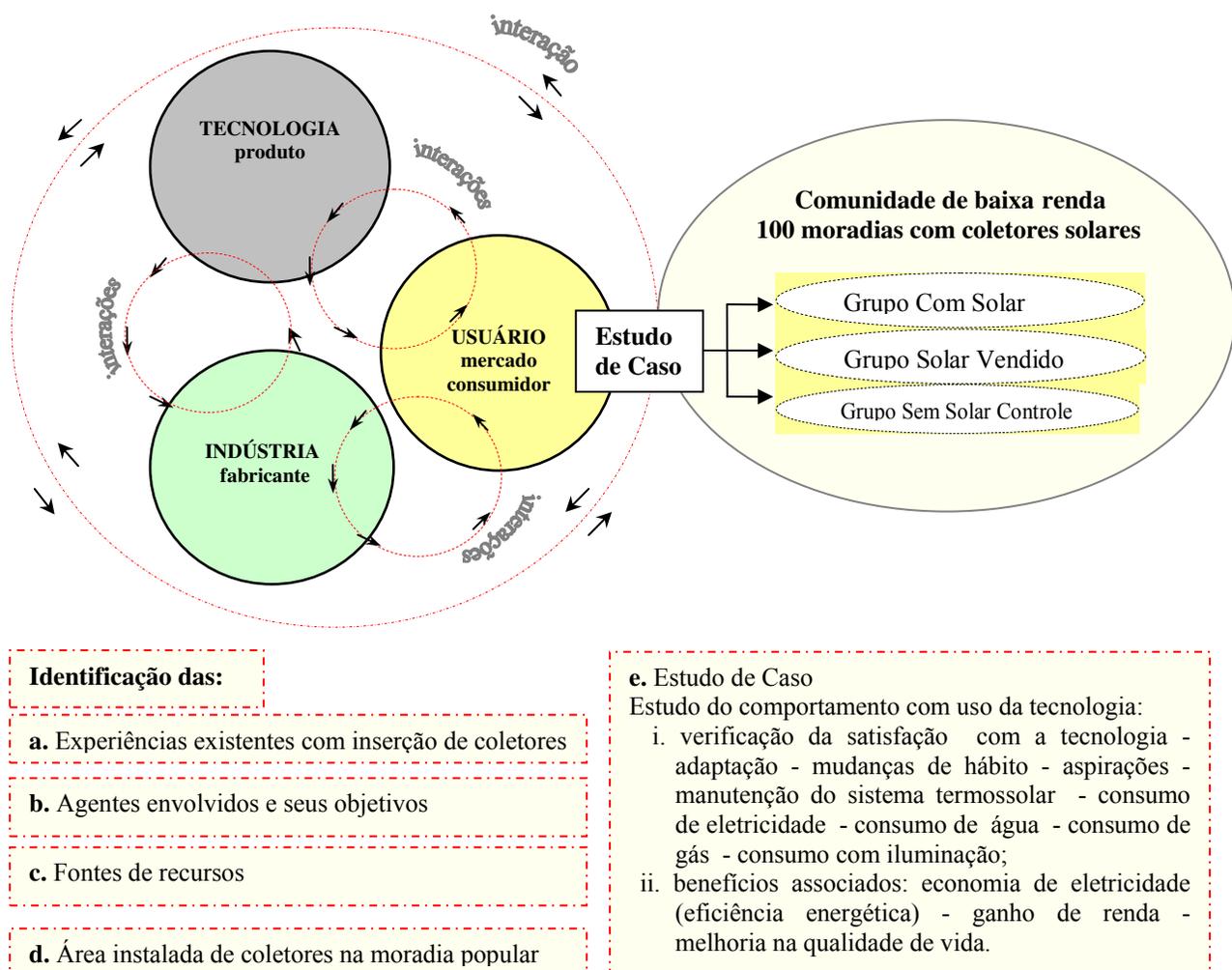


Figura 5.1 Diagrama da metodologia adotado no capítulo: análise das interações entre Tecnologia, Indústria e Usuário, através de um Estudo de Caso. Elaborado pela autora.

5.1 Os projetos experimentais com energia termossolar

Os projetos a seguir documentados fazem parte das primeiras manifestações de inserção de sistemas solares contemplando os segmentos mais pobres da população urbana brasileira. Iniciaram como forma de economia de energia elétrica em um núcleo urbano paulista, na cidade de Descalvado, em 1980. Dezesesseis anos depois, em 1996, outro projeto usou os sistemas termossolares como forma de substituição de energéticos onerosos e poluentes (diesel) na Ilha do Mel, realizado pela concessionária de energia do estado do Paraná. Recentemente os sistemas termossolares foram incorporados como estratégias de eficiência energética por parte das concessionárias de energia elétrica que necessitam aplicar recursos em ações de conservação de energia. Os projetos são realizados em parceria com os setores técnicos ligados às companhias públicas de habitação – COHABs, SEHABs e CDHUs, constituindo-se no maior número de experiências realizadas.

Os interesses, no entanto, têm sido os mais diversos, conforme os agentes envolvidos. Algumas instituições de pesquisa e ensino têm monitorado a instalação de coletores solares em habitações populares para quantificar a redução de investimento para o sistema elétrico. Para algumas concessionárias, a inserção de coletores estimula a regularização dos usuários de energia elétrica, aumentando a capacidade de pagamento de contas e reduzindo a inadimplência do setor. Para outras, permite o deslocamento da demanda na ponta, assegurada em alguns projetos pela restrição de consumo para uma carga acima de determinada potência. Para os que trabalham com as questões da exclusão social dos setores populares, a inserção de equipamentos termossolares na moradia popular tem sido estudada como forma de incremento de renda no orçamento familiar dos usuários, pela economia de energia elétrica obtida.

Os recursos públicos para os setores populares têm sido aplicados em projetos-demonstrativos, para a avaliação e monitoramento da inserção da tecnologia termossolar, os quais têm sido estimulado pela Eletrobrás, através dos programas de racionalização do uso da eletricidade (PROCEL), por instituições de financiamento da habitação – como a Caixa Econômica Federal – CEF, através de dotação orçamentária específica, e também por meio da Lei Federal nº. 9.991, de 24 de julho de 2000, que dispõe sobre a reversão de ações em eficiência

energética das concessionárias de energia. Os recursos aplicados pelas concessionárias têm se constituído na principal fonte de subsídio dos equipamentos termossolares aos usuários da baixa renda.

As experiências mais significativas, em termos de quantidade de equipamentos instalados em moradias populares, estão sendo realizadas por duas concessionárias de energia, uma no estado de Minas Gerais (436 unidades já instaladas; 502 já em processo de licitação em 2006, e 895 ainda a serem definidos para 10 municípios na região de Betim, de um total previsto de 2900) e outra no estado do Rio de Janeiro (665 unidades já instalados, de um total previsto de 2570 unidades).

Com exceção do Projeto CPFL-Unicamp (1996), do Projeto Eletrobrás-PROCEL/GREEN Solar-MG (2000) e do Projeto Samuel-LabSolar-CEF (2004), os demais não possuem dados disponíveis sobre os ganhos de eficiência energética alcançados com as experiências realizadas. Nos órgãos públicos (ANEEL) que controlam a aplicação dos recursos da Lei Federal nº. 9.991, até agosto de 2005 não haviam relatórios disponíveis (de forma pública) que especificassem a forma de monitoramento e controle das metas propostas pelos projetos de eficiência energética.

Tabela 5.1 reúne os projetos realizados, desde 1980 até 2005, de inserção de coletores solares por agentes públicos e privados, direcionados aos segmentos brasileiros de baixa renda. A inserção em habitações de classe média e alta, instituições beneficentes, hotéis, comércio e serviços não estão incluídos por não fazerem parte do escopo desse trabalho.



Foto: A autora, maio 2004.



Fonte: Soletrol, 2001



Fonte: Soletrol, 2001

Figura 5.2 Os primeiros coletores instalados na Ilha do Mel, no Paraná, em 1996.

Tabela 5.1 Projetos de implantação de equipamentos termossolares em moradias de interesse social no Brasil no período entre 1980 e 2005.

Projetos/experiências	Data	Local	Nº moradias	Parcerias
1. Projeto Mineração Jundu	1980	Descalvado - SP	60	Indústria Jundu - SP
Tecnologia: coletor plano com materiais alternativos; aço galvanizado, tubulações de água quente em mangueira flexível de polietileno tipo cristal. Fonte: CPFL, 1989; Oliva et al, 1989.				
2. Proj. Sistema simplificado	1993	Área rural Minas Gerais	11	CEMIG-MG
Tecnologia: cilindro de ferro galvanizado para armazenagem da água quente; caixa isolante de alvenaria com cobertura de vidro. A concessionária possui manual para construção e montagem do sistema denominado de Energia Solar para Aquecimento de Água-Sistema Simplificado de Fácil Execução. Fonte: CEMIG, 1993.				
3. Projeto CPFL-UNICAMP	1995	Campinas - SP	7	Unicamp/CPFL
Tecnologia: coletor plano, aletas de cobre. Projeto “Pré-aquecedor solar de água para chuveiros de potência reduzida”. Fonte: CPFL/Unicamp, 1994; Oliva, 1999.				
4. Projeto Ilha do Mel	1996	Ilha do Mel - PR	203	COPEL/Eletróbrás/PROCEL
Tecnologia: coletor plano, aletas de cobre, reservatório (200 litros) acoplado em estrutura de sustentação com flexibilidade de posicionamento.				
5. Projeto Cingapura	1996	São Paulo - SP	20	SEHAB-SP/Eletropaulo/ABRAVA
Tecnologia: 4 baterias de coletores planos e 4 reservatórios de 1000 litros. Implantação em prédio popular de 5 pavimentos, com 20 apartamentos. Fonte: Projeto Design, 1998. Agência Energia 2002.				
6. Projeto Sapucaias ou Projeto Eletrobrás Solar	2000	Contagem - MG	100	GREEN Solar/Eletróbrás/PROCEL/CEMIG
Tecnologia: sistemas A: coletor plano, aletas de cobre, reservatório (200 litros) em cobre e alumínio acoplado em estrutura portante; sistema B: coletor plano, aletas de cobre, reservatório de 200 litros em cobre e alumínio colocado sob o telhado. Fonte: Pereira et al. 2003a.				
7. Projeto Divinópolis	2004	Divinópolis - MG	168	CEMIG/COHAB- MG
Tecnologia: coletor plano; reservatório de 200 litros colocado sob o telhado. Instalação em conjunto habitacional de baixa renda na cidade de Divinópolis - MG. Fonte: COHAB-MG, 2004.				
8. Projeto Vargem das Flores	2005	Betim - MG	180	CEMIG/COHAB- MG
Tecnologia: coletor plano, reservatório de 200 litros. Implantação em comunidade de reassentamento; acompanhamento da área social da prefeitura local; dificuldades iniciais de uso dos equipamentos solares e venda dos mesmos. Fonte: COHAB-MG, set 2004				
9. Projeto Baixada Fluminense	2004	Rio de Janeiro - RJ	665	LIGHT-RJ/ANEEL
Tecnologia: coletor plano com eficiência energética de 58,4%; reservatório de 200 litros colocado sob o telhado. Implantação em comunidade de baixa renda, inserido nas ações de eficiência energética (Lei federal 9.991); das 15.909 famílias entrevistadas 2.776 foram cadastradas (41% das habitações não possuíam condições técnicas); até julho de 2004 haviam sido instalados 665 coletores solares; custo do sistema em julho de 2004 US\$ 483. Fonte: LIGHT, 2005.				
10. Projeto UFSC/CELESC*	2004	Florianópolis - SC	60	CELESC/UFSC/PMFL/CEF
Tecnologia: coletor plano com reservatório de 200 litros colocado sob o telhado; implantação em 60 unidades multifamiliares de condomínio vertical, de dois e três pavimentos. *Classe social: média renda. Fonte: CELESC, 2005.				
11. Projeto Candeias	2005	Candeias-MG	88	CEMIG/COHAB-MG/CEF
Tecnologia: coletor plano; chuveiros de baixa potência funcionando fora do horário de ponta. Doação da concessionária. Fonte: CEMIG, 2005.				
12. Projeto Cafelândia	2005	Cafelândia - SP	50	CDHU-SP/Fabricante
Tecnologia: coletor plano com reservatório de 200 litros colocado sob o telhado; implantação em 50 unidades unifamiliares; chuveiro elétrico auxiliar; casas térreas; coletores doados pelo fabricante; monitoramento IPT-USP em 5 moradias. Fonte: CDHU, dez 2005.				
13. Projeto Atibaia	2005	Atibaia	140	CDHU-SP
Tecnologia: coletor plano com reservatório de 200 litros colocado sob o telhado (US\$ 581 = R\$ 1.400,00); implantação em 140 unidades unifamiliares; casas térreas e sobrados; coletores licitados; financiamento 25 anos; em construção; término 2006. Fonte: CDHU, dez 2005.				
TOTAL de equipamentos solares implantados em moradias populares			1698*	
Dólar junho de 2005: R\$ 2,41. Dólar nov 2005: R\$ 2,21. * exceto projeto UFSC/CELESC. Tabela elaborado pela autora				



Foto: A autora, julho 2005.



Fonte: LIGHT, 2005.



Fonte: ABRAVA, 2006.

Figura 5.3 Coletor no Bairro Sapucaias, em Contagem, MG, instalado em 2000. No centro: coletores instalados em Paracambi, na Baixada Fluminense, RJ, em 2004. À direita: coletores na comunidade Vargem das Flores, em Betim, MG, em 2005.

O convênio firmado em 1989 entre a Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP e a Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL¹- teve como objetivo o desenvolvimento de um sistema em que o coletor solar fornecesse água pré-aquecida para a utilização de chuveiros de potência reduzida (coletor solar do tipo plano, acoplado a chuveiro de baixa potência - 2000 W)(Oliva e Borges, 1996). Os resultados da análise econômica de um sistemas termossolar convencional e o pré-aquecedor mostrou que o Custo de Conservar Energia – CCE², apresentou grande competitividade para o setor elétrico, observado na Tabela 5.2. Quanto à aceitação da tecnologia, os resultados mostraram elevada satisfação dos usuários, redução de consumo de energia e da demanda de ponta, embora tenha sido constatado uma maior vazão de água quente e o aumento do número e duração do tempo de banho (Oliva, 1999). Com a conclusão do convênio e a privatização da concessionária, não foram encontrados mais dados e referências sobre a experiência.

Tabela 5.2 A análise econômica: sistema termossolar convencional e pré-aquecedor

Sistema	Preço (US\$)	CCE (US\$/kWh)	Payback (anos)
Solar	532	0,07	3,2
Pré-aquecedor	446	0,11	2,4

Fonte: Jannuzzi et al., 1995. US\$ em jan 1995= R\$ 0,845.

¹ Em 1964 o governo brasileiro comprou as concessionárias do grupo AMFORFT, a qual pertencia a CPFL. Em novembro de 1997 o consórcio VBC - Votorantim, Bradesco e Camargo Corrêa - juntamente com a 521 Participações S/A e a Bonaire (empresa formada por fundos de pensão) adquiriu o controle acionário da CPFL, passando a denominar-se CPFL Energia. Fonte: CPFL, 2005.

² CCE: custo despendido na conservação de uma unidade de energia – US\$/kWh - a diferença entre CCE e o custo marginal representa o ganho ou a economia unitária para o setor elétrico.Fonte: Jannuzzi et al., 1995.

5.2 Estudo de Caso: o Projeto Sapucaias (Projeto Eletrobrás Solar)

O objetivo do estudo de caso foi identificar o comportamento e a satisfação da população frente à introdução de equipamentos termossolares de água para fins sanitários, bem como os novos hábitos de consumo de eletricidade e gás na moradia, diante da substituição do uso do chuveiro elétrico. A avaliação foi efetuada por levantamento realizado no núcleo habitacional onde já havia a experiência consolidada de inserção de coletores solares. O método usado foi o de entrevistas com os usuários das habitações, conforme a metodologia da Avaliação Pós-Ocupação do Ambiente Construído - APO, estudada por Ornstein (1992) e Pedro (2000).

A população alvo escolhida foi a do Projeto Sapucaias, núcleo habitacional localizado na região metropolitana de Belo Horizonte, em Minas Gerais, na cidade de Contagem, cerca de 35 km do centro da capital mineira. O conjunto habitacional de interesse social, com 578 moradias, foi implementado em 1999 pela prefeitura municipal de Contagem, e construído em regime de autoconstrução por mutirão, com a participação da construtora Andrade Gutierrez, a Confederação de Mulheres Brasileiras (CMB) e Federação das Mulheres de Minas Gerais (FMM).

Em 2000, um projeto pioneiro no Brasil (Projeto Eletrobrás Solar) foi desenvolvido pela Grupo de Estudo em Energia GREEN Solar da PUC-MG de Belo Horizonte e MME-Eletrobrás-PROCEL para a implantação de 100 unidades de coletores termossolares no núcleo habitacional Sapucaias. O Projeto constituiu-se na primeira experiência desenvolvida em área urbana e destinada a segmentos de baixa renda, na qual a população envolvida autogeriu suas moradias por regime de mutirão e foi partícipe na instalação dos coletores solares. Foi o programa que contemplou o maior número de famílias reunidas em um único sítio e fomentado pelo poder público em área urbana. O objetivo foi o de avaliar os resultados econômicos relativos ao consumo de energia elétrica evitada e o ganho econômico para as famílias.

A maioria das casas já estava concluída, o que exigiu da equipe técnica do GREEN Solar um estudo de adaptação para a implantação dos equipamentos, com modificações no projeto original da moradia. A chamada para participação voluntária ao Projeto foi realizada pela

associação de moradores que liderava o movimento de autoconstrução das moradias. Um total de 150 famílias se inscreveram e foram selecionadas 100 por ordem de registro, pelos pré-requisitos técnicos de um número máximo de 6 habitantes e condições de moradias que tivessem a orientação do telhado para o Norte, com desvio máximo de 20° do norte verdadeiro (Pereira, 2002a).

Em julho de 2000 um sistema termossolar foi instalado no Centro Comunitário do núcleo para o conhecimento da tecnologia por parte dos moradores e para validar o estudo desenvolvido na Fase 1 do programa. Palestras foram realizadas para mostrar os benefícios econômicos na redução do consumo de eletricidade com o uso do sistema, e para esclarecer dúvidas quanto ao fato da crença entre a comunidade de que a água aquecida pelo sol provocaria câncer. Entre outubro e novembro de 2000 todos os sistemas estavam instalados, com a participação ativa de cada família selecionada (Pereira, 2002a).

A unidade habitacional foi projetada (Figura 5.4) e construída para uma média de 6 ocupantes, com projeto padrão de 49 m² de área, possível de sofrer alterações para acomodar as novas necessidades da família. Nas alvenarias de fechamento (paredes) foram usados tijolos de barro pré-moldados com tecnologia chamada de TIJOLITO®, desenvolvida na PUC-MG (Pereira et. al., 2003b). As paredes foram pintadas com tinta vinílica, na cor rosa escuro. No piso foi previsto apenas cimento alisado; no banheiro e cozinha não foi previsto o uso de revestimento cerâmico; as janelas em ferro e portas em madeira; na cobertura em duas águas foram usadas telhas cerâmicas, ficando internamente a estrutura de madeira à vista e sem forro.



Figura 5.4 O projeto padrão e as moradias construídas no Bairro Sapucaias em Contagem (MG) em 1999. Fonte: Pereira et al., 2003b. Foto à direita, o núcleo em 2003. Foto: A autora, nov 2003.

Os estudos realizados para o dimensionamento do equipamento termossolar para o atendimento de uma demanda de 6 pessoas levaram à definição de uma placa coletora de área de 2 m² e um reservatório de 200 litros, com funcionamento em termosifão. Dois sistemas foram implantados: um em que a placa solar foi inserida na cobertura da edificação e o reservatório de água quente colocado no átrio interno da cobertura, bem acima do sanitário, considerada a *alternativa 1*, visto na Figura 5.5.



Figura 5.5 O sistema termossolar convencional, com o coletor apoiado no telhado e o reservatório no interior da moradia, em 2000, no Projeto Sapucaias. Fonte: Pereira et al., 2003b.

O segundo sistema (*alternativa 2*) foi apresentado pelos próprios fabricantes na licitação. Foi escolhido o que dispunha de todos os componentes, placa coletora e reservatório, integrados e fixos em uma única estrutura portante, com flexibilidade para ser direcionado para a posição geográfica mais favorável à eficiência do sistema (Pereira et.al., 2003b) (Figura 5.6). Este sistema já havia sido usado na experiência da COPEL na Ilha do Mel no Paraná, em 1996.



Foto: Pereira et al., 2003b.

Foto: A autora, nov 2003.

Foto: Soletrol, 2003

Figura 5.6 O sistema termossolar Popsol, com estrutura portante abrigando o coletor e o reservatório.

Como o equipamento *alternativa 2* viabilizava a sua instalação em qualquer lote foram usados 70 destes sistemas, chamados pelo fabricante de Popsol. Os demais trinta sistemas se constituíram nos modelos convencionais fixados no telhado da moradia.

A pedido dos próprios moradores, os sistemas foram instalados com duas formas alternativas de aquecimento elétrico auxiliar: com resistência dentro do reservatório ou com chuveiro elétrico. Em 58 sistemas Popsol e 21 sistemas convencionais foram usadas resistências elétricas de 1500 W nos reservatórios, com possibilidade de serem acionadas manualmente no momento oportuno. Em 12 sistemas Popsol e 9 sistemas convencionais foram instalados chuveiros ligados na eletricidade. O custo unitário do sistema, incluindo todas as ligações e infraestrutura de canalizações de água quente, ficou em aproximadamente R\$ 900,00 (US\$ 410)³(Pereira et al., 2003b).



Figura 5.7 Vista do Bairro Sapucaias. Registro fotográfico realizado em julho de 2005.

Fotos: A autora, julho 2005.



Figura 5.8 Vista dos dois tipos sistemas solares instalados no Bairro Sapucaias. Registro fotográfico realizado em julho de 2005. Fotos: A autora, julho 2005.

³ Dólar em setembro de 2000: R\$ 2,20; em março de 2004: R\$ 2,90; em julho de 2005: R\$ 2,4; em janeiro 2006: R\$ 2,30

No início de 2001 as 100 habitações já possuíam todos os equipamentos instalados e passaram a ser monitorados e avaliados pela equipe do GREEN Solar. As entrevistas e a coleta de informações para o presente trabalho, de avaliação do comportamento dos habitantes do Sapucaias frente à nova tecnologia de aquecimento da água para o banho, foram realizadas cinco anos depois, entre 01 e 10 de julho de 2005 no Bairro Sapucaias, em Contagem, por esta autora e pesquisadores do Grupo de Estudo de Energia GREEN Solar da PUC-MG de Belo Horizonte.

5.2.1 A Metodologia APO

Foi adotada a investigação conforme a Metodologia Avaliação Pós-ocupação – APO. Esta metodologia, a partir da avaliação de fatores técnicos, funcionais, econômicos, estéticos e comportamentais e com o parecer de técnicos e usuários, diagnostica aspectos positivos e negativos do ambiente em uso, definindo recomendações para intervenções que sejam necessárias (Ornstein, 1992). A coleta, análise e interpretação sistematizada das informações de intervenções humanas para aperfeiçoar condições sociais e comunitárias pode avaliar as expectativas psico-comportamentais dos usuários, através da coleta de suas opiniões.

Caracterizar quantitativamente o comportamento de um produto em uso, avaliando a interação, adaptação e satisfação com o usuário visa verificar se as necessidades do usuário foram alcançadas, dentro de seu contexto social, econômico, cultural e físico-climático. Ao transformar as necessidades dos usuários em grandezas mensuráveis, é possível se adotar valores mínimos aceitáveis que passam a ser definidos como critérios de desempenho. A análise do uso, operação, manutenção e comportamento do usuário frente à determinada tecnologia permite uma visão sistêmica das variáveis positivas e os pontos falhos que intervêm na obtenção da eficiência máxima do equipamento ou sistema.

A Avaliação Pós-ocupação (APO) investiga as relações ambiente-comportamento, com múltiplas análises que medem os níveis de satisfação dos indivíduos envolvidos. A sistematização dos dados levantados sobre o comportamento dos usuários da habitação permite avaliar e formular ações de melhorias para a adaptação da tecnologia no contexto social de sua inserção. No caso específico dessa pesquisa levantaram-se os dados dos eventos cotidianos da

vida dos moradores que passaram a usar a água para o banho aquecida por coletores solares, em substituição ao aquecimento instantâneo dos chuveiros elétricos. Foram utilizados os recursos de entrevistas e questionários aplicados aos moradores, e registros fotográficos das unidades residenciais. Desta forma, foram priorizados e avaliados os seguintes aspectos:

- I. sócio-econômicos;
- II. consumo de eletricidade, GLP e água;
- III. posse de eletrodomésticos e potencial de demanda de eletricidade;
- IV. comportamento em relação ao banho e à nova tecnologia com avaliação da satisfação do morador com o uso do sistema termossolar.

As atividades desenvolvidas são visualizadas no fluxograma apresentado na Figura 5.9.

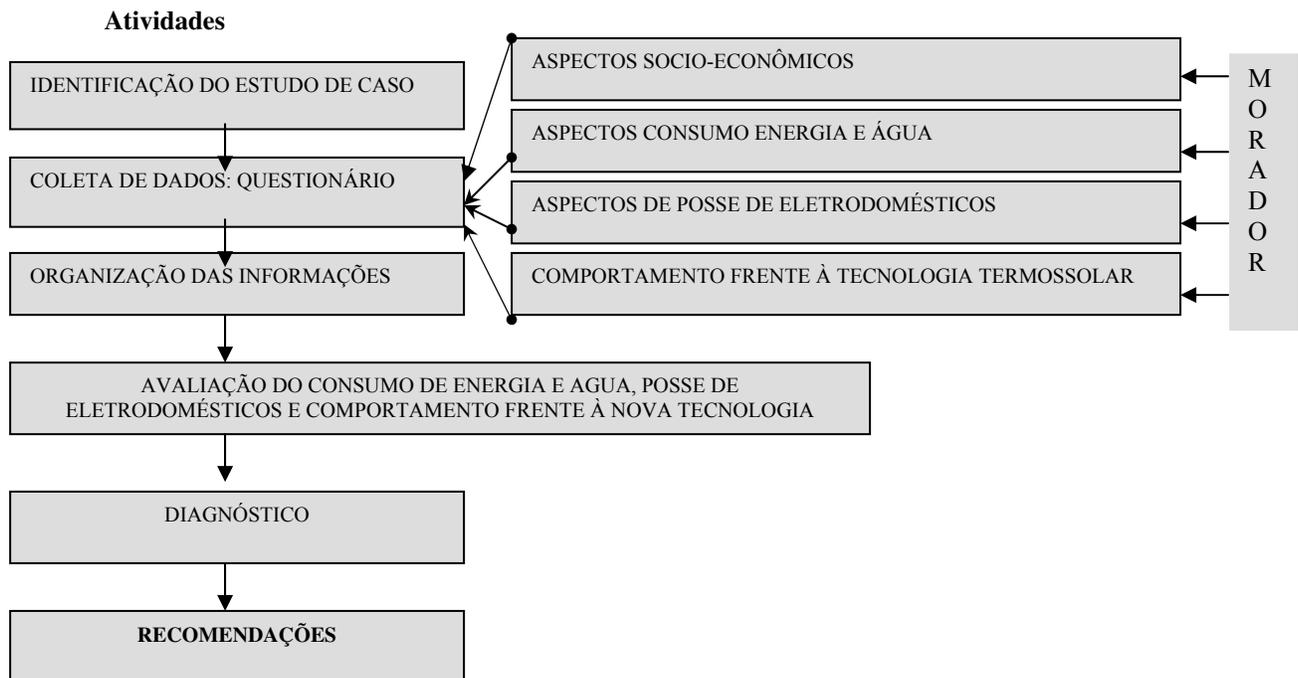


Figura 5.9 Fluxograma das atividades desenvolvidas para a Avaliação Pós-ocupação da inserção de sistemas termossolares no Projeto Sapucaias, em Contagem – MG

5.2.1 Coleta de dados

Foram coletados os seguintes dados, sob forma de questionário:

5.2.1.1 Dados preliminares

1. Localização e identificação da unidade habitacional

2. Data da entrevista
3. Identificação do entrevistador e do entrevistado
4. Tipologia da moradia e área do lote

5.2.1.2 Aspectos sócio-econômicos do entrevistado

1. Posição familiar do entrevistado
2. Naturalidade
3. Tamanho da família
4. Faixa etária
5. Grau de instrução
6. Ocupação do chefe da família
7. Rendimento familiar mensal
8. Tempo de moradia
9. Condições de ocupação da moradia
10. Formas de comunicação da família
11. Forma de locomoção da família

5.2.1.3 Avaliação da habitação

1. Área construída
2. Número de cômodos
3. Forma de cobertura

5.2.1.4 Avaliação Energética

1. Consumo mensal de eletricidade
2. Número de lâmpadas existentes
3. Verificação do conhecimento sobre potência de eletrodomésticos
4. Hábitos⁴ para economia do consumo de eletricidade
5. Consumo de gás
6. Consumo de água
7. Aquecimento de água com gás e lenha
8. Verificação da existência da caixa d'água
9. Hábitos de lavagem de calçadas, gramados e carro.

⁴ Hábito: ação ou uso repetido que leva a um conhecimento ou prática, disposição adquirida pela repetição freqüente de um ato, uso ou costume. Comportamento: reação de um indivíduo, de um grupo ou de uma espécie ao complexo de fatores que compõem o seu meio ambiente, procedimento, conduta. Fonte: Dicionário Eletrônico Houaiss, 2001; Dicionário Aurélio, 2001.

5.2.1.5 Avaliação da posse de eletrodoméstico e potencial de demanda

1. Eletrodomésticos existentes
2. Anseio de compra de eletrodoméstico
3. Verificação de complementação de renda na moradia

5.2.1.6 Avaliação do comportamento quanto ao banho

1. Uso de banho quente no verão e inverno
2. Tempo de banho
3. Horário de banho
4. Mudança de hábito com o coletor

5.2.1.7 Avaliação do comportamento quanto à nova tecnologia

1. Verificação de falhas com o sistema termossolar
2. Hábito de manutenção
3. Resolução dos problemas

5.2.1.8 Avaliação da satisfação do usuário

1. Satisfação com o coletor
2. Satisfação com o volume de água do reservatório.
3. Uso da água aquecida para outros fins
4. Controle do aquecimento do reservatório quente.

5.2.2 Questionário

O questionário foi construído a partir de bibliografias constante em Ornstein (1988, 1996, 1998), Ornstein e Roméro (1992), Zeizel (1995), Ornstein e Borelli (1997), Cruz (1998), Fantinelli e Gabriel (2003b), Fantinelli (2004c) que reportam experiências de APO em populações com práticas de autoconstrução. Para um melhor entendimento do morador sobre as questões formuladas, preferiu-se agrupar as perguntas por assuntos afins, possibilitando uma seqüência exploratória lógica, mas não induzida. Uma parte foi estruturada através de resposta simples – sim ou não – ou de perguntas em que já se previa uma gama de respostas e outra em múltipla escolha, a partir de uma escala de valores previamente definida.

A fim de garantir a confiabilidade dos resultados foi aplicado inicialmente um questionário piloto em 11% (11 amostras) da população amostral e, posteriormente, aplicou-se o questionário definitivo. Foram aplicados pela autora, pesquisadores e alunos bolsistas do Grupo de Estudo de Energia GREEN Solar da PUC-MG de Belo Horizonte, com uma média de tempo de duração em torno de 45 minutos cada um. Foram alterados alguns termos utilizados no questionário piloto por aqueles em uso na comunidade: coletores solares para *teto solar*; boiler para *tanque de água quente*.

No questionário definitivo, conforme Apêndice III, foram retiradas questões que se mostraram *não pertinentes* no questionário piloto e acrescentadas as que permitiam uma rápida caracterização da realidade constatada, distribuídas em três folhas tamanho A4. Apesar do número extenso de perguntas, um total de 70, a comunidade foi receptiva, possibilitando aos pesquisadores vislumbrar uma série de recomendações e esclarecimentos quanto ao consumo de energia na residência e os cuidados com a limpeza das placas solares.

5.2.3 Mecanismo de controle da APO

Para a validação da APO foram adotados os seguintes mecanismos de controle: tamanho da amostra, intervalo de confiança e margem de erro. A população amostral entrevistada foi calculada em função do critério da estatística inferencial, conforme Apêndice IV, com nível de confiança de 95,5% e margem de erro de 11,4%. A amostra representativa foi de 77 unidades, calculada partindo do universo de 100 unidades habitacionais.

Cidade/Estado	Universo amostral	Amostra	Data
	Moradias com inserção de coletores	Moradias pesquisadas	Julho 2005
Contagem- MG	100 unidades	77 unidades	

5.2.3.1 Escala de valores

Para Ornstein (1992), a APO surge como um mecanismo para auxiliar e permitir a avaliação das sucessivas etapas de exigência das sociedades. Assim, um nível intermediário que permite a passagem do *precário* para *razoável* ou *bom*, e para *ótimo*, evidencia as exigências que

poderão ser colocadas para a avaliação dos entrevistados. Foram evitadas respostas moderadas como *razoável* ou *regular* a fim de fazer com que o entrevistado se posicionasse sobre o evento questionado. Para aferir o comportamento dos moradores das habitações, em relação ao comportamento frente ao uso do sistema termossolar, foram adotadas as escala de valores de 5 pontos:

1 = péssimo	2 = ruim	3 = bom	4 = ótimo	0 = outro
-------------	----------	---------	-----------	-----------

5.2.3.2 Matriz de tabulação de dados

Foi adotada a seguinte matriz para a tabulação dos dados, conforme estudo de caso EPUSP-Civil, realizado por Roméro, em 1990 (Ornstein,1992) e Fantinelli e Gabriel (2003).

Tabela 5.3 Matriz geral de tabulação de dados adotada para o Projeto Sapucaias

MATRIZ GERAL DE TABULAÇÃO DE DADOS – Ex: Avaliação Ambiental -Vila Nova Progresso – Santo André – SP - 2003															
	FREQÜÊNCIAS ABSOLUTAS ni						CÁLCULOS ESTATÍST			FREQÜÊNCIAS RELATIVAS fi %					
Moradores	Muito Bom	Bom	Ruim	Péssimo	Outro	Total	X	MO	DP	O	B	R	P	Ou	T
CASA 1															
CASA 66															
M. A.															

P=péssimo R= ruim Re= regular B=bom MB=muito bom X=média aritmética MO=moda DP=devio padrão M.A.=média aritmética
T = total de cada grupo. Fonte: Fantinelli e Gabriel, 2003.

5.2.3.3 Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto é usado na APO para diagnosticar qual a parcela de problemas e falhas é mais significativo, e qual a parcela com resultados mais positivos. Assim, os principais problemas foram dispostos na parte de cima do eixo y, em ordem ascendente de importância, de acordo com as médias das notas atribuídas a cada item do questionário, hierarquizado graficamente, pelos níveis de satisfação dos moradores (Ornstein, 1992). Para o estudo em questão, a escala de valores de 5 pontos foi arrolada no eixo X, ficando a média mínima aceitável com valor de 2,0.

5.3 Diagnóstico da pesquisa de campo

No Projeto Sapucaias foram instalados sistemas termossolares em 100 moradias. Em vista da constatação da venda dos sistemas termossolares por um grande número de moradores, cerca de 33% do total de 100 equipamentos instalados, os dados foram reunidos em dois grupos distintos, a fim de que pudessem ser estabelecidas relações de possíveis benefícios auferidos por um em relação ao outro. Assim, foram reunidos em um grupo os moradores que ainda possuíam o sistema, chamado de *Grupo Com solar*, constituindo-se em uma amostra de 61 moradias, e em outro, os que venderam, chamado *Grupo Solar vendido*, constituindo-se em uma amostra de 16 moradias. Um terceiro grupo foi pesquisado, os que nunca possuíram sistemas termossolares, por já estarem sendo monitorados, desde 2002, quanto ao consumo de energia pelo Grupo de Estudo de Energia Solar – GREEN Solar da PUC-MG. Este grupo foi chamado de *Grupo Sem Solar Controle*, composto de uma amostra de 6 moradias, cujos resultados foram discriminados durante o estudo e considerados como um caso extra. Reunido aos demais, no entanto, se constituiu em mais um conjunto de dados possíveis de serem comparados.

Cidade/Estado	Universo amostral	Amostra = 77 unidades	
	Moradias do Projeto Sapucaias	Moradias pesquisadas	
Contagem - MG	100 unidades *	61 com coletores	16 com coletores vendidos

* 100 sistemas termossolares instalados, dos quais 33 foram vendidos pelos moradores.

Os dados coletados no questionário aplicado nas 77 moradias da amostra (Projeto Sapucaias - Contagem-MG) serão a seguir analisados.

5.3.1. Levantamento sócio-econômico

Para a análise sócio-econômica reuniram-se os dois grupos *Com Solar* e *Solar Vendido* (77 moradias), pois o motivo da venda da tecnologia, que será adiante analisada, apenas se constituiu em uma forma de solução para prover renda momentânea ao exíguo orçamento familiar. O cruzamento de dados dos dois grupos, quanto à renda, tempo de moradia, idade, grau de instrução e número de moradores não se caracterizaram distintos entre si.

As respostas ao questionário formulado foram dadas principalmente pelas esposas num percentual de 57%, ficando 28% para o chefe da família, 11% respondidas pelos filhos e 3% por algum parente presente no momento da pesquisa.

Os dados sócio-econômicos levantados mostraram que das famílias que participaram do mutirão de autoconstrução de suas moradias 74,6% ainda moram no local. Das demais 24,4%: 12,7% venderam, 11,3% responderam que estão num imóvel cedido e apenas 1,4% alugado. Pelo menos 46% moram no local há mais de 6 anos; 52 % entre 2 e 5 anos e 3% são moradores recentes, com menos de 1 ano (Tabela 5.4). A investigação quanto à procedência das famílias mostrou que 53% vieram de cidades do interior de Minas Gerais (Itaipé, Manuque, São José do Boiaba, Abre Campo, Caputira, Lafaiete, Governador Valadares, Conselheiro Pena, Dolores de Indaiá, etc) e as demais 47% são naturais da região metropolitana de Belo Horizonte.

Tabela 5.4 Levantamento da condição da habitação no Projeto Sapucaias – julho 2005

	comprou	alugada	cedida	autoconstrução	TOTAL
GRUPO COM solar	7	0	8	41	56
GRUPO solar VENDIDO	2	1	0	12	15
Total moradias	9	1	8	53	71
%	12,7%	1,4%	11,3%	74,6%	100%
Grupo SEM solar Controle	0	1	1	5	7

Tabela elaborado pela autora

5.3.1.1 Número de habitantes e idade dos moradores

Nas 77 casas dos dois grupos (*Com solar e Solar vendido*) foi contabilizada a presença de 313 pessoas. Os dados revelam a diminuição do número de habitantes por moradia (habitante/domicílio) quando da formação do núcleo em 2000. Na ocasião, a seleção para a participação ao programa de implantação dos coletores exigia o número máximo de 5 pessoas, o que retirou a possibilidade de inscrição de uma grande parcela de famílias do projeto (Pereira, 2005a). Registros dos monitoramentos efetuados pelo GREEN Solar entre fevereiro de 2001 e janeiro de 2004 (Pereira et al., 2004f) mostram o decréscimo da taxa de habitantes por moradia para 4,97. Em 2005 o percentual baixou para 4,1 habitantes (Tabela 5.5 e 5.6).

Tabela 5.5 Número de moradores por moradia no Projeto Sapucaias – julho 2005

	1 hab	2 hab	3 hab	4 hab	5 hab	6 hab	7 hab	10 hab	TOTAL
GRUPO COM solar	1	1	5	13	21	15	5	1	61
GRUPO solar VENDIDO	0	4	1	3	6	0	2	0	16
Total moradias	1	5	6	16	27	15	7	1	77
%	1%	6%	8%	21%	35%	19%	9%	1%	100%
Grupo SEM solar controle	0	0	0	2	3	1	0	1	7

Tabela elaborada pela autora

Grupo Com solar	Grupo solar Vendido	Grupo SEM solar controle
4,0 hab/domicílio	4,2 hab/domicílio	5,4 hab/domicílio

Tabela 5.6 Número de habitantes no Projeto Sapucaias - 2005

	1 hab	2 hab	3 hab	4 hab	5 hab	6 hab	7 hab	10 hab	TOTAL	Média
Grupo COM solar	1	10	39	84	75	30	7	0	246	4,0
Grupo solar VENDIDO	0	2	3	8	30	0	14	0	67	4,2
Total	1	10	39	92	90	30	21	0	283	4,1
%	0,3%	5,8%	13,4%	30,7%	33,5%	9,6%	6,7%	0,0%	100,0%	
Grupo SEM solar controle	0	0	1	1	3	1	0	1	38	5,4

Tabela elaborada pela autora

Desagregado pelos grupos de estudo percebe-se a mobilidade dos setores populares. No *Grupo Com solar* a taxa é de 4,0 hab por moradia, no *Grupo solar vendido* é de 4,2 hab e no *Grupo Sem solar controle* de 5,4 hab. Os maiores percentuais de habitantes por moradia ainda hoje se concentram entre 4 e 5 pessoas. A investigação dos percentuais de habitantes entre os grupos *Com solar* e *Solar vendido* mostra que o primeiro possui um maior percentual para 4 membros, e o segundo, para 5 membros. Igualmente o *Grupo Sem solar controle* também possui um maior percentual com 5 habitantes por domicílio (Figura 5.10).

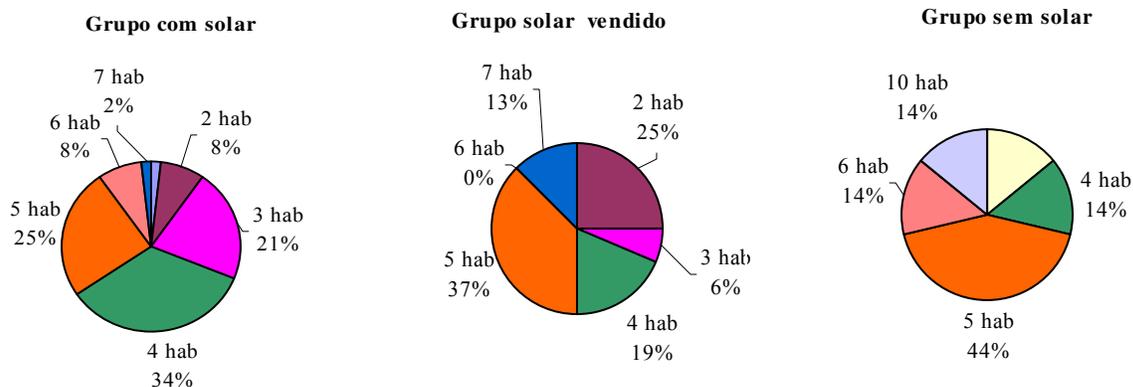


Figura 5.10 Percentuais de habitantes por domicílio no Projeto Sapucaias- 2005

Quando se analisa a idade dos moradores, constata-se que a comunidade do Projeto Sapucaias é formada na sua maioria por jovens entre 10 e 20 anos - 32% - e adultos entre 20 e 50 anos -49%. Crianças menores de 10 anos são em torno de 16%. Existem poucas pessoas idosas, apenas 3% possuem mais do que 50 anos. A maioria das pessoas mais idosas geralmente não possui os filhos morando na habitação. Assim a amostra registra a presença de um número muito pequeno de avós na comunidade (Figura 5.11).

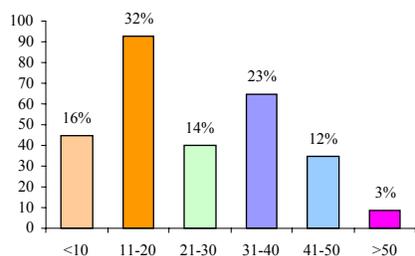


Figura 5.11 Moradores por idade no Projeto Sapucaias – julho 2005. Elaborado pela autora

5.3.1.2 Renda, grau de escolaridade e inclusão digital dos moradores

A pesquisa sobre a renda familiar mostrou que a grande maioria - 66% - possui um ganho entre 1 e 2 salários mínimos. Apenas 14% possuem entre 2 e 3 salários mínimos e 14% maior do que 3 salários mínimos. Quatro famílias participam de programas governamentais de subsídios como Bolsa Escola e Auxílio-gás, pois seus ganhos mensais são de meio salário mínimo⁵ (R\$ 150,00 = US\$ 62,24). Para apenas 4 famílias existe um ganho maior do que R\$ 1500,00 (US\$ 622,4) (Figura 5.12).

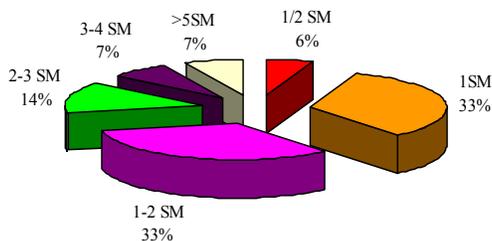


Figura 5.12 Renda familiar dos moradores do Projeto Sapucaias – julho 2005. Elaborado pela autora

⁵ 1 salário mínimo = R\$ 300,00 = US\$ 124,48. Dólar em julho 2005 = R\$ 2,41.

A atividade para complementação do orçamento familiar realizada na moradia é significativa: 29% fazem trabalhos como costura, venda de produtos, de embalagens, vendas de hortaliças da horta familiar, serviços de manicure e pequenos consertos. Dois bares e três mercadinhos foram construídos na parte frontal de suas respectivas moradias. Os demais 71% não possuem nenhum tipo de atividade na habitação que possam alterar a renda.

Os ganhos da população provem principalmente do trabalho dos cônjuges distribuídos nos setores de comércio, indústria e serviços, como o trabalho de jardineiro, segurança (vigia), garçom, motorista, carregador, serralheiro, pedreiro, diarista (Figura 5.13). Existe um percentual grande de moradores cuja renda vem de aposentadoria de um dos cônjuges – 21%, embora a comunidade possua apenas 3% de indivíduos com mais de 50 anos. Mesmo que o questionário não indagasse sobre o desemprego, ele foi registrado em pelo menos 4% da amostra.

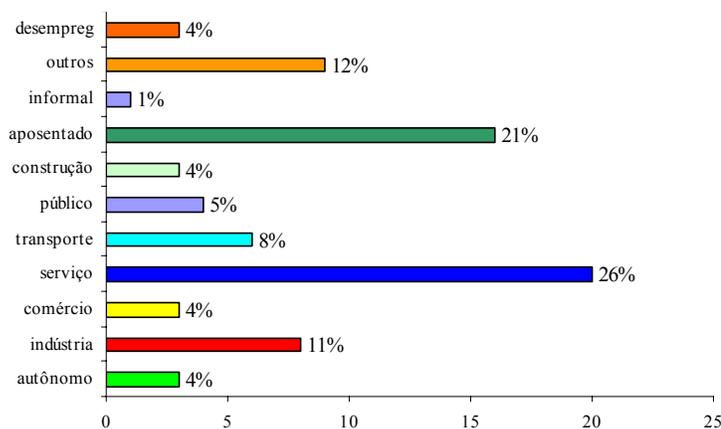


Figura 5.13 Distribuição do trabalho do chefe da família no Projeto Sapucaias – julho 2005.

Elaborado pela autora

A escolaridade dos respondentes mostra que 6% são analfabetos e 26% sabem ler e escrever; 53% estudaram alguns anos do fundamental, geralmente até a 5ª série; 14% cursam o segundo grau. Apenas um entrevistado possui o ensino superior. Todas as crianças, no entanto, frequentam a escola (Figura 5.14).

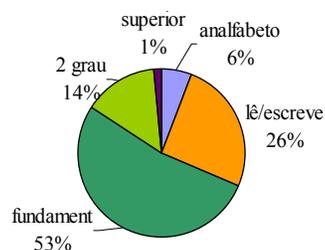


Figura 5.14 Escolaridade do entrevistado no Projeto Sapucaias - julho 2005. Elaborado pela autora

A pesquisa também investigou em que nível de inclusão digital estaria a comunidade do Sapucaias. A inclusão digital significa o acesso às tecnologias de informação eletrônica. Ela pode efetivar-se no trabalho, na escola, em centros comunitários, em cursos e treinamentos e através do uso efetivo dos equipamentos que promovem a comunicação em rede global. As entrevistas mostraram que embora a comunidade seja muito pobre, a família possibilitou que alguns filhos fizessem cursos de informática. Isto se verificou em 29% da amostra (Tabela 5.7).

Tabela 5.7 Filhos com algum conhecimento de informática e internet no Proj. Sapucaias - 2005

	Posse de computador			Conhecimento de informática				
	sim	não	TOTAL	sim	não	escola	trabalho	cursinhos
GRUPO COM solar	3	59	62	17	44	4	2	11
GRUPO solar VENDIDO	0	16	12	6	10	1	5	0
Total	3	65	74	22	54	5	7	11
%	4%	96%	100%	29%	71%			
Grupo Sem solar controle	1	6	7	1	6			

Tabela elaborada pela autora

Quando analisada a inclusão do núcleo quanto ao acesso à telefonia, 54% das famílias possuem telefones fixos em suas residências e 65% possuem celulares. A pesquisa apurou que muitos possuem os dois, no entanto 7 famílias não possuem nenhum deles, representando um percentual de 10%.

Quanto à forma de locomoção, ela é feita principalmente por ônibus, pois 85% não possuem carro. Apenas 10 famílias (15%) possuem carro; 2 famílias têm caminhão e 4 possuem motocicletas. Bicicletas existem em 24% da comunidade pesquisada.

5.3.2 A venda dos equipamentos termossolares

O desconhecimento das vantagens econômicas com a redução do consumo de eletricidade com a substituição do chuveiro elétrico pelo aquecimento da água com coletores solares tem provocado a sua comercialização por parte das populações de baixa renda. Relatos desta ordem já haviam sido feitos por companhias públicas de habitação, em 2004, no *Workshop Estratégias para a Energia Termossolar no Brasil*⁶. A constatação era de que os equipamentos doados estavam sendo vendidos pelos moradores.

Nas entrevistas realizadas com as famílias que venderam seus coletores solares no Projeto Sapucaias quatro tipos de esclarecimentos foram dados:

- a- *O teto solar era bom mas nós precisamos vender porque todos estavam desempregados;*
- b- *O teto solar era bom mas nós precisávamos aumentar a casa;*
- c- *O teto solar era bom mas nós precisávamos bater laje⁷ na casa;*
- d- *O teto solar estava dando problemas.*

Através de entrevistas mais demoradas com este grupo contatou-se que uma grande parcela vendeu logo após a sua instalação, coincidindo com a situação de racionamento de energia elétrica vivida pelo país no final do primeiro semestre de 2001. Como a comunidade não tinha conhecimento sobre o preço do equipamento eles foram vendidos desde R\$ 200,00 até R\$ 800,00, numa média de R\$ 500,00. Todos foram para outros bairros da cidade, embora os que faziam a transação eram da comunidade e recebiam uma comissão pela venda.

O total de equipamentos vendidos foi de 33 unidades, num percentual de 33% sobre o total instalado (Tabela 5.8). O sistema mais vendido foi o que possuía todos os seus componentes em uma única estrutura portante, o Popsol. Dos setenta equipamentos Popsol instalados 30 foram vendidos, representando 43% em relação ao convencional, cuja venda alcançou o percentual de 10%. Dos trinta sistemas solares convencionais, somente 3 foram vendidos.

⁶ O *Workshop Estratégias para a Energia Termo-solar no Brasil* aconteceu dia 20 de setembro de 2004 em São Paulo. Reuniu alguns setores governamentais, privados e de ensino.

⁷ *Bater laje* é o termo usado pela população do Sapucaias para a construção do forro da moradia com laje de concreto armado, feita com elementos pré-moldados de concreto.

Tabela 5.8 Tipos de sistemas solares implantados e vendidos no Sapucaias – julho 2005

	Popsol c/resistência elét.	Popsol c/chuveiro	total	Conv c/resistência elét.	Conv c/chuveiro	total
instalados	58	12	70	21	9	30
%	83%	17%	100%	70%	30%	100%
vendidos	26	4	30	1	2	3
%	87%	13%	100	33%	67%	100%

Tabela elaborada pela autora

O sistema termossolar Popsol, responsável por 70% de toda a instalação, tecnicamente foi o mais apropriado para estas populações, por ser o projeto das casas padronizado, a posição e inclinação dos telhados geralmente não é a mais favorável para a melhor eficiência do sistema. A flexibilização do equipamento, que permitia a melhor posição, orientação e deslocamento no lote, no caso de acréscimos de área construída, se constituiu na principal variável para a facilidade de sua comercialização. Sua retirada não envolvia mudanças e alterações internas, como era o caso do outro modelo convencional, cuja placa solar necessitava ser fixada na cobertura da moradia e o reservatório era instalado no interior da habitação.

Quando se investigam as alterações realizadas na moradia em relação à área construída nos *Grupo Com solar* e *Grupo Solar vendido*, mostrados na Tabela 5.9, verifica-se que este último tem um percentual bem maior, o que confirma que muitos equipamentos foram vendidos para reformas na casa.

Tabela 5.9 Alterações na área construída em relação ao proj. original no Proj. Sapucaias - 2005

	sim	não	sem resp	total
GRUPO COM Solar	26	22	8	56
	46%	39%	14%	100%
GRUPO solar VENDIDO	8	2	2	12
	67%	17%	17%	100%
Grupo Sem solar controle	5	2	0	7

Tabela elaborada pela autora

Alguns entrevistados relataram que fizeram trocas: o vizinho construía e *batia laje* na parte da frente da casa até o muro frontal, e recebia o *teto solar* como pagamento. Para outros foi usado para fazer acréscimos na lateral da casa, junto à cozinha, transformando-se em uma área de serviço coberta, para guarda de materiais, estendedor de roupas e local de uma cozinha auxiliar onde também foi feita a construção de um fogão de alvenaria à lenha (fogão mineiro). Em

diversas situações percebeu-se que a venda foi feita para garantir a subsistência familiar, visto que na moradia não se constataram melhorias construtivas e as condições internas eram de muita pobreza e também de descuido com a limpeza geral da residência e do seu pátio.

Quase todos os que venderam manifestaram o interesse de ter novamente o sistema termossolar, embora não se tenha constatado de que ele não seria novamente utilizado como uma espécie de moeda forte, capaz de rapidamente ser descartado e transformado em dinheiro imediato.

5.3.3 A posse de eletrodomésticos e as condutas para economia de energia elétrica

A utilização das fontes de energia e os usos finais na moradia estão associados às necessidades básicas de energia da família, mas condicionada fundamentalmente aos preços dos energéticos e níveis de renda dos usuários. Nos setores populares brasileiros, os padrões sócio-culturais e a diversidade climática condicionam o uso de alguns eletrodomésticos, ou mesmo o uso da água quente tanto para o banho como para o uso sanitário na cozinha. Também é fundamental o conhecimento do tamanho da família, dos hábitos de consumo e as características de suas habitações para as avaliações das suas demandas energéticas (Fantinelli, 2002).

A avaliação da posse e uso de eletrodomésticos de uma determinada comunidade caracteriza o que a renda da população lhes permite usufruir com a parte do orçamento destinado ao pagamento de eletricidade. No questionário foram introduzidos dois blocos de investigação: quais os equipamentos que realmente a família conseguia usar e quais os seus anseios em relação às novas demandas. Duas perguntas foram realizadas com este objetivo:

17. Quais equipamentos elétricos você tem e usa (quantidades)

geladeira freezer ferro chuveiro batedeira microondas forno elétrico microondas
liquidificador radio TV maq costura tanquinho maq.lavar secador ventilador
som videocassete ventilador computador outro

18. Você gostaria de comprar mais equipamentos eletrônicos?

sim não Quais?

Como 83% das respostas foram dadas pela esposa ou esposo, os resultados representam a aspiração da família. A Tabela 5.10 mostra em ordem decrescente a quantidade de equipamentos

que o *Grupo Com solar* possui e usa, comparados com os dois grupos que não possuem os equipamentos termossolares. Na análise comparativa entre o que cada grupo tem e consegue usar notou-se que o *Grupo Com solar* usa muito mais equipamentos que os demais, com destaque para os que consomem muita energia, como ferro elétrico – 1000 W (70% em relação à 44% do *Grupo solar Vendido*), máquina de lavar roupas- 1500 W, forno elétrico – 1000 W, secador de cabelo – 1000 W, batedeira – 100-400 W.

O chuveiro elétrico aparece no primeiro grupo como um equipamento pouco usado, apenas por 39% das famílias, visto que o sistema termossolar é quem tem a principal função de aquecer a água para o banho. Nos demais ele aparece com um percentual de uso de 88%.

Tabela 5.10 Posse e uso de equipamentos eletrodomésticos no Projeto Sapucaias - 2005

	Equipamentos	Projeto Sapucaias Com solar amostra = 61		Projeto Sapucaias Solar vendido amostra = 16		Sem solar Controle amostra 7
		quantidades	%	quantidades	%	quantidades
a	Refrigerador	59	97%	14	88%	7
c	Televisor	48	79%	15	94%	1
d	Ferro	43	70%	7	44%	4
b	Tanquinho	41	67%	10	63%	1
e	Aparelho de som	40	66%	8	50%	4
f	Radio	39	64%	6	38%	6
g	Liquidificador	36	59%	10	63%	3
h	Chuveiro	24	39%	14	88%	7
j	Ventilador	18	30%	5	31%	1
m	Secador	9	15%	2	13%	0
l	Video-cassete	8	13%	2	13%	0
n	Batedeira	8	13%	1	6%	0
n	Dvd	6	10%	0	0%	1
o	Forno elétrico	4	7%	0	0%	0
p	Máq lavar-roupa	4	7%	0	0%	1
q	Freezer	4	7%	0	0%	0
r	Microcomputador	3	5%	1	6%	1
s	Fogão automático	2	3%	0	0%	0
t	Máquina costura	0	0%	1	6%	1
u	Forno micro-ondas	0	0%	1	6%	0

Tabela elaborada pela autora

Quanto ao televisor, ele está presente em praticamente 75% das moradias dos grupos pesquisados e representa o lazer da maioria das classes populares que não possuem centros comunitários equipados para este fim. Na maioria das entrevistas, que ocorreram entre a manhã e a tarde, os televisores estavam ligados. A pesquisa, realizada em julho, coincidiu com as férias escolares, o que também contribuiu para o comportamento constatado.

A Tabela 5.11 fornece a potência dos equipamentos mais utilizados pela comunidade de Sapucaias. Os refrigeradores antigos são grandes consumidores de energia. Em algumas moradias foi observada a presença de refrigeradores de duas portas (freezer superior), comprados por preços baixos e responsáveis pelo elevado consumo na conta de energia. Em algumas moradias foram vistos refrigeradores novos e eficientes, com selo PROCEL-INMETRO classificação A.

Tabela 5.11 Potência de eletrodomésticos

Chuveiro	3500-4500 W	Ventilador pequeno	100-500 W
Forno Micro Ondas	1200 W	Refrigerador eficiente 1porta	23-30 W
Secador de Cabelo	1000 W	Televisor 20"	100 W
Ferro Elétrico	1000 W	Radio	50-100 W
Lava-Roupas	800 W	Liquidificador	0
Freezer	350 W	Batedeira	100-400 W
Tanquinho	300 W	Som baixa potência	200 W
Refrigerador 2 portas	300 W	Som alta potência	1000 W
Refrigerador	200 W	Microcomputador simples	130 W

Tabela organizada pela autora. Fonte: MME, 2005.

As perguntas a seguir foram introduzidas no questionário para verificar se haveria conhecimento ou percepção do consumo de energia de cada eletrodoméstico, e controle nos seus usos; 44% dos entrevistados responderam que não sabiam e 33% que sabiam.

21. Alguém da família sabe o que é e qual a potência dos aparelhos eletrodomésticos?

sim não alguns

22. O que a família costuma fazer para economizar energia elétrica? citar:.....

Embora 33% tenham dado uma resposta afirmativa, os respondentes não conseguiram exemplificar com clareza. Geralmente apontavam para comportamentos adotados, o que já respondia à pergunta seguinte. Sabiam que o chuveiro era um grande consumidor de energia e

que o abrir e fechar do refrigerador também fazia aumentar o consumo de eletricidade e por este motivo muitos procuravam reduzir este hábito.

O *Grupo Com solar* costuma reduzir o uso ou deixa de usar alguns eletrodomésticos (batedeira e ventilador) mostrados na Tabela 5.12. O ferro elétrico não é utilizado em 13% da amostra. Para 15% ele é usado uma vez por semana ou a cada quinze dias, com a família adotando a prática de vestir roupas com fios sintéticos, que são maleáveis e não necessitam serem passados a ferro. O uso do tanquinho e dos banhos também é diminuído, passando a *dona da casa* a lavar a roupa *na mão*. O chuveiro não é usado por pelo menos 41% das famílias, que costumam não ligar a resistência elétrica para o aquecimento do reservatório de água do sistema termossolar. Pelo menos duas famílias desligam o refrigerador e o freezer à noite. A iluminação em 20% dos entrevistados também é reduzida, fato que será adiante analisado.

Tabela 5.12 Condutas adotadas para economizar eletricidade pelo *Grupo Com solar*

redução de uso						não usa				desliga à noite		total
iluminação	banho	ferro	tanquinho	TV	não abre gelad	ferro	chuveiro	batedeira	ventil	freezer	refrigerador	
17	4	5	4	2	2	10	31	2	1	1	1	76
50%	12%	15%	12%	6%	6%	13%	41%	3%	1%	1%	1%	100%

Tabela elaborada pela autora

Os grupos que não possuem sistema termossolar reduzem o uso da iluminação na moradia, do ferro de passar roupa e do lavar a roupa com o tanquinho (Tabela 5.13). O banho com chuveiro elétrico é reduzido sendo utilizado o fogão à lenha para o aquecimento da água. Uma família pelo menos respondeu que comprou um refrigerador novo, demonstrando o conhecimento sobre o equipamento que estaria onerando o orçamento mensal com eletricidade.

Tabela 5.13 Condutas adotadas para economizar eletricidade: *Grupos Solar vendido e Sem solar*

redução de uso						não usa				desliga à noite		total
iluminação	banho	ferro	tanquinho	TV	não abre gelad	ferro	chuveiro	batedeira	ventil	freezer	refrigerador	
5	3	0	1	0	1	4	0	0	0	0	1	15
33%	20%		6%		6%	27%					6%	100%

Tabela elaborada pela autora

5.3.4 O consumo de gás, lenha e o aquecimento da água para banho

As perguntas nº 23 e nº 24 foram feitas com o objetivo de saber se as famílias estariam reduzindo os gastos com eletricidade, utilizando outras fontes de energia como o gás e a lenha.

23. Qual o consumo mensal de gás (em botijões de gás)

½ 1 1 ½ 2 2 ½ 3

24. A família costuma aquecer água no fogão à gás?

sim não a gás a lenha Em que situações?

O consumo mensal de GLP analisado em relação ao número de habitantes por moradia vistos nas Tabelas 5.14 e Figuras 5.15 e 5.16 mostram que os dois grupos *Com solar* e *Solar Vendido*, incluindo o *Sem Solar*, possuem consumos diferenciados.

Tabela 5.14 Consumo de GLP por moradia X número de habitantes por moradia no P.Sapucaias

nº de hab por moradia	GRUPO COM solar						nº de hab por moradia	GRUPO solar VENDIDO e SEM solar controle					
	Consumo de GLP mensal (botijão 13 kg)							Consumo de GLP mensal (botijão 13 kg)					
	1/2	1	1 1/2	2	usa só lenha	TOTAL	1/2	1	1 1/2	2	usa só lenha	TOTAL	
2	2	1				3	2	1				2	
3	5	10		1		16	3	1				1	
4	4	13	2	2	1	22	4	4				4	
5	2	9	1			12	5	7	1			8	
6		5				5	6			1		1	
7		1				1	7	2				2	
10						0	10			1		1	
Total	13	39	3	3	1	59	Total	1	15	1	2	19	
	22%	66%	5%	5%	2%	100%		5%	79%	5%	11%	0%	100%

Tabela elaborada pela autora

No *Grupo Com solar* a maior frequência de consumo é para 1 botijão/mês (13 kg), com um percentual de 66% da amostra. No entanto, moradias com 4 habitantes, além de possuírem a maior frequência de consumo de 1 botijão, também consomem mais gás do que as que possuem maior número de membros. Já nas moradias que não possuem o termosolar, a maior frequência é também para o consumo de 1 botijão – 79%, mas aumenta proporcionalmente com o aumento do número de membros na família. Assim, o consumo de gás é maior quanto maior é o número de

membros na família. No Grupo Com solar existe uma frequência alta – 13% - para consumo de ½ botijão/mês, independente do número de moradores.

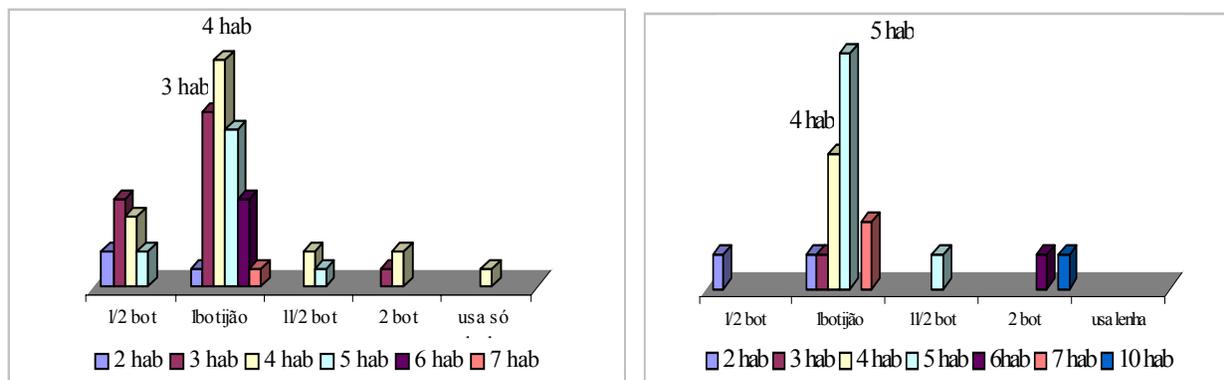


Fig 5.15 Consumo de GLP/ n° hab por moradia: *Grupo Com solar*.

Fig 5.16 Consumo de GLP/ gás no *Grupos solar vendido e Grupo Sem solar controle controle*.

Elaborada pela autora

Existe um consumo maior de gás, se comparados aos demais da amostra, as famílias do *Grupo Com solar* que possuem 3 membros. Também se constitui uma exceção neste grupo a troca do uso do gás por lenha, para a cocção, por uma família que possui o chefe da família desempregado há quatro anos. A lenha é coletada na cidade, para que o Auxílio-Gás⁸ seja usado para o pagamento da tarifa de energia elétrica. Cruzando dados de consumo de gás com hábitos de aquecer a água para o banho, o percentual constatado é de 24% para o *Grupo Com solar*, e 22% para os que não possuem coletores.

5.3.5 As aspirações por novos produtos

A avaliação da posse de eletrodomésticos e o desejo de compra são dados fundamentais para detectar o consumo de energia e as demandas reprimidas pelo poder aquisitivo da família. Os levantamentos comparativos realizados entre os três grupos de análise sobre o desejo de compras de eletrodomésticos mostraram que 67% manifestaram a pretensão ou o desejo de comprar novos equipamentos, e 33% não. A tabulação de dados mostra que o *Grupo Com solar*

⁸Programa de transferência de renda do governo federal às populações que ganham menos do que meio salário mínimo *per capita*.

tem aspirações diferentes dos demais, pois em 21% da amostra o microcomputador passa a ser o equipamento mais desejado pela família, seguido do aparelho de som (equipamento que reúne diversas funções, rádio, cd, fita cassete e caixas de acústicas), DVD, forno elétrico, tanquinho, freezer e máquina de lavar roupa. As necessidades deste grupo passam a ser as ligadas a um lazer mais sofisticado, que é o uso da internet, a audição e a visualização refinada dos equipamentos mais modernos e que a mídia constantemente evoca e divulga (Tabela 5.15).

Quanto aos outros dois grupos, o televisor constitui-se no equipamento preferido. A seguir a máquina de lavar roupa, tanquinho, um refrigerador novo, secador de cabelos, computador e forno de micro-ondas. As respostas negativas de compra se encontram em duas categorias: ou a moradia já está suprida com as necessidades familiares ou a situação de ganhos é o da subsistência, então existe um conformismo com a situação e o entrevistado prefere responder que não existe desejo de compra.

Tabela 5.15 Equipamentos eletroeletrônicos desejados no Projeto Sapucaias - 2005

Grupo Com solar		Grupos solar vendido e sem solar	
Microcomputador	21%	Televisor	16%
Equipamento de som	16%	Máquina lavar	11%
Televisor DVD	11%	Tanquinho	5%
Forno elétrico	5%	Refrigerador novo	5%
Tanquinho	4%	Secador	5%
Freezer	4%	Microcomputador	5%
Máquina de lavar roupa	4%	Forno micro	5%

Tabela elaborada pela autora

5.3.6 O consumo de energia e a economia com a iluminação da moradia

O consumo de energia elétrica das populações deve ser investigado com análise cuidadosa sobre as variáveis que interferem nos resultados apresentados. O levantamento de dados num período específico, como o ocorrido com a aplicação dos questionários em julho de 2005, permite analisar a energia demandada pela família naquelas condições sócio-econômicas. As condições climatológicas também se apresentam como uma variável importante a definir usos, comportamentos e consumos.

Os dados tabulados para os três grupos de controle, retirados da conta de energia elétrica fornecida pelos entrevistados em junho de 2005, mostra consumos diferenciados. O *Grupo Com solar* no mês de junho consumiu entre 50 kWh e 100 kWh, num percentual de 59%, seguido de um consumo entre 101 kWh e 150 kWh, de 12% (Tabela 5.16).

Tabela 5.16 Consumo de energia elétrica no mês junho de 2005, no Projeto Sapucaias.

	até 50 kWh	51-100 kWh	101-150 kWh	150-200 kWh	201-250 kWh	desl	sem resp	TOTAL
GRUPO COM SOLAR	4	34	7	0	1	6	7	58
%	7%	58%	12%	0%	2%	11%	13%	100%
GRUPO solar VENDIDO	2	5	2	0	1	0	5	12
%	17%	33%	13%	0%	7%	0%	33%	100%
Grupo Sem solar controle	0	1	1	3	0	0	3	8

Tabela elaborada pela autora

Quando é analisado o consumo anual deste grupo, entre janeiro a junho de 2005, observa-se que 75% das famílias possuem um consumo médio mensal de 81 kWh; 15% consomem 121 kWh/mês, e 8%, 29 kWh/mês. Apenas uma família teve um consumo mensal médio de 223 kWh.

O *Grupo Solar vendido* possui um percentual mais concentrado entre 51 kWh e 100 kWh no mês de junho, de 33%. Na média anual de 2005, 19% das famílias consumiram 33 kWh/mês; 57% consumiram 76 kWh/mês; 24% consumiram em torno de 116 kWh/mês. Apenas uma família consumiu uma média de 184 kWh/mês. O *Grupo Sem solar controle* possui um grande consumo na média anual de 2005; 75% consumiram em torno de 144 kWh/mês. Um morador possui um consumo médio anual de 256 kWh/mês.

Analisando o uso de iluminação, cabe ressaltar que o projeto arquitetônico original do Sapucaias possui 5 cômodos, como visto anteriormente, com instalações elétricas internas para 6 pontos (um junto ao lavabo na pia) e 2 externos. A investigação feita aponta para alterações realizadas em 46% das moradias do *Grupo Com solar*, 67% do *Grupo solar vendido* e 71% no *Grupo Sem solar controle*. Muitas delas ficaram com alguns cômodos das habitações bastantes escuros. Em alguns casos é necessária a permanência da iluminação artificial durante o dia, o que é percebido pelos usuários em relação ao aumento de consumo de energia elétrica. A habitação cujo projeto arquitetônico não foi alterado possui uma iluminação natural boa. As entrevistas,

quando realizadas dentro de casa, não necessitaram do uso de iluminação artificial, o que significa que somente à noite é necessário o consumo de eletricidade para tal fim.

A potência total das luminárias utilizada está mostrada na Tabela 5.17. O *Grupo Com solar* (onde foram contatadas as menores alterações na planta da moradia original) possui a menor potência total média instalada com iluminação – 340W. O uso de lâmpadas econômicas é menor que nos demais grupos, apenas 25%. As lâmpadas incandescentes de 60 W são as mais usadas (67%), seguidas das de 40 W (11%) e das fluorescentes de 40W (9%). As lâmpadas fluorescentes possuem um percentual de 79% em relação às compactas.

Tabela 5.17 Quantidades e tipos de lâmpadas utilizadas no Projeto Sapucaias – julho 2005

	incand 40W	incand 60W	incand 100 W	incand 150 W	fluoresc 40 W	fluoresc 12 W	compacta 7 W	compacta 12W	TOTAL	W médio
COM SOLAR	36	221	27	2	28	1	0	13	W	
potência	1.440 W	13.260 W	2.700 W	300 W	1.120 W	12 W	0	156 W	18.988 W	340 W
%	11%	67%	8%	1%	9%	0,3%	0	4%	100%	
Solar VENDIDO	12	50	8	0	9	0	5	0		
potência	560	3.000	800	0	360	0	0	0	4.720	393 W
%	16%	58%	9%	0%	10%	0%	6%	0%	100%	
SEM SOLAR	7	8	10	0	6	0	0	0		
potência	280	480	1000	0	240	0	0	0	2.000	400 W

Tabela elaborada pela autora

O *Grupo Solar vendido* utiliza as lâmpadas econômicas em maior quantidade que o *Grupo Com solar*, pelo menos em 42% das moradias são usadas fluorescentes e compactas, para 25% dos que possuem ainda o sistema termossolar (Tabela 5.18). Uma hipótese para esta diferença é de que existe uma tentativa de compensar, dessa forma, os aumentos da conta de luz com a volta do uso do chuveiro elétrico.

Tabela 5.18 Moradias com lâmpadas econômicas no Projeto Sapucaias – julho 2005

	sim	não	fluorescente	compacta
GRUPO COM SOLAR	14	41	11	3
%	25%	75%	79%	21%
GRUPO solar VENDIDO	5	7	2	3
%	42%	58%	40%	60%
Grupo Sem solar controle	1	6	1	0

Tabela elaborada pela autora

A potência média (watt) nas moradias, pelo serviço de iluminação, concentra-se entre 240W (25%) e 300 W (21%). Geralmente existe uma distribuição na casa entre potências de 40W e 60W, ficando a sala e a cozinha com iluminação de potência mais elevada. Quando a renda familiar é muito baixa, toda a moradia possui apenas lâmpadas de 40 W. As baixas potências totais, mostradas na primeira coluna da Tabela 5.19, devem-se ao uso de lâmpadas econômicas. Existe uma residência no *Grupo Solar vendido* em que foram usadas, em toda a moradia, lâmpadas compactas de 11W (7 unidades).

Tabela 5.19 Potência média com iluminação nas moradias do Projeto Sapucaias -julho 2005

	77-162 W	200-220 W	240 W	280-300 W	360-400 W	420-480 W	540-580 W	960-1320 W	sem resp	TOTAL
COM SOLAR	2	4	14	12	8	9	6	1		56
	4%	7%	25%	21%	14%	16%	11%	2%		100%
Solar VENDIDO	2	1	4	1	1	1	1	1		12
	17%	8%	33%	8%	8%	8%	8%	8%		100%
Sem solar			3		1			1	2	7

Tabela elaborada pela autora

Os moradores quando questionados sobre o comportamento da família para a redução do consumo de energia elétrica foram unânimes em responder que restringem o uso da iluminação: 20% do *Grupo Com solar* e 26% dos *Grupos Solar vendido e Sem solar*. Aqui novamente percebe-se que o primeiro grupo fica com uma vantagem para consumir mais energia (Tabela 5.20 e 5.21).

Tabela 5.20 Comportamento do *Grupo Com solar* para redução de consumo de eletricidade- 2005

redução de uso						não usa				desliga à noite		total
iluminação	banho	ferro	tanquinho	TV	eletrodom.	ferro	chuveiro	batedeira	ventil	frezzer	refrigerador	
15	4	4	4	2	1	10	31	2	1	1	1	76
20%	5%	5%	5%	3%	1%	13%	41%	3%	1%	1%	1%	100%

Tabela elaborada pela autora

Tabela 5.21 Comportamento do *Grupo Solar vendido e Sem solar* para redução de cons.eletricid

redução de uso				aquece água	comprou novo	sem resp	total
iluminação	banho	ferro	tanquinho	fogão lenha	refrigerador		
5	2	4	1	2	1	4	19
26%	11%	21%	5%	11%	5%	21%	100%

Tabela elaborada pela autora

Para se ter um referencial da iluminação existente nas moradias do Sapucaias foram realizados dois estudos, mostrados na Tabela 5.22. Em um estudo foram mostradas as lâmpadas existentes, suas potências e lumens obtidos, e que usualmente são usadas pela maioria das famílias do Projeto Sapucaias. No segundo é proposto uma alternativa com o uso de lâmpadas eficientes.

Tabela 5.22 Iluminação usada no *Grupo Com solar* e proposta com lâmpadas eficientes

Cômodos	Iluminação EXISTENTE					Iluminação PROPOSTA					
	Incand 40 W	Incand 60 W	lumens	TOTAL lumens	TOTAL watt	Fluor 40W	Comp 7W	Comp 12W	lumens	TOTAL lumens	TOTAL watts
Cozinha	1		40 x 10	400	40	1			40 x 67	2.680	40
Sala		1	60 x 10	600	60	1			40 x 67	2.680	40
Banheiro	1		40 x 10	400	40		1		7 x 57	399	7
Lavabo	Não tem						1		7x 57	399	7
Dormitório a	1		40 x 10	400	40			1	12x 65	780	12
Dormitório b	1		40 x 10	400	40			1	12x 65	780	12
Externas 1	Não tem						1		7 x 57	399	7
Externas 2	1		40 x 10	400	40		1		7 x 57	399	7
Total				2.600	260 W					8.516	132 W

Tabela organizada pela autora

No primeiro estudo *Iluminação Existente*, duas lâmpadas não foram utilizadas para se chegar à potência média utilizada por 46 % da comunidade do *Grupo Com solar*, que se situa entre 240 e 300 W. O total de lumens obtido foi de 2.600 lux, para uma potência total de 260 W. No segundo caso obteve-se um total de 8.516 lumens para uma potência de 132 W, o equivalente à metade da anterior e três vezes maior em intensidade luminosa.

A utilização de lâmpadas econômicas, que produzem maior iluminação com maior eficiência energética, está condicionada ao preço. O custo total com lâmpadas incandescentes para a situação existente é de R\$ 5,9 (US\$ 2,46)¹, para R\$ 68,00 (US\$ 28,38), com lâmpadas eficientes. Uma proporção de aproximadamente 12 vezes mais. Trata-se de um investimento que a família deveria fazer, mas nos seus *desejos de compra*, a pesquisa constatou que nenhuma tem a

¹ Dólar em maio de 2005 R\$ 2,41. Para o uso de lâmpadas comuns: 6 x US\$ 0,41 = US\$ 2,46 = R\$ 5,9. Para o uso de lâmpadas eficientes: [2 x US\$ 1,86] + [4 x US\$ 4,11] + [2 x US\$ 4,11] = US\$ 28,38 = R\$ 68,00.

intenção de comprar. Conclui-se que a tentativa de economia com iluminação que os moradores do Projeto Sapucaia fazem é o de não usá-la ou com o hábito de desligá-la, após ser utilizada. Em muitas unidades percebeu-se que em alguns cômodos não existem lâmpadas. Os relatos dados mostram que quando é usado o televisor são desligadas as demais lâmpadas da casa.

5.3.7 O comportamento quanto ao banho

Neste bloco procurou-se avaliar o comportamento da comunidade quanto a seus hábitos com o banho, verificando se haveriam condutas diferentes entre os que possuem termosolar e os que não o possuem. Cinco perguntas foram feitas:

- 31 No verão a família toma banho quente?**
sim quase sempre às vezes nunca toma banho morno banho frio frio
- 32 No inverno a família toma banho quente?**
sempre quase sempre às vezes nunca nc
- 33 Quanto tempo a família fica no banho?**
pai mãe filho filha avô avô primos/tios
(a) <5min (b) 5-10 min (c) 10-15 min (d) >15min
- 34 Mudaram os hábitos de horário de banho na família com o coletor?**
sim não outro
- 35 Em que horário a família toma banho agora?**
pai mãe filho filha avô avô tia (prima) tio (primo) outro
(a) +6:00 (b) +- 12:00 (c) +-18:00 (d) +- 22:00

Quanto ao hábito do banho quente, no verão são significativas as diferenças entre os dois grupos. O *Grupo Com solar* responde num percentual de 10% que *quase sempre* (Figura 5.17) enquanto o *Grupo Solar vendido* em 0 % (Figura 5.18). O *banho morno* para este grupo passa a ser o habitual – 92%, enquanto para os que dispõem da água aquecida pelo sol, somente 47% prefere uma água morna e 23% *às vezes*, mas responde num percentual de 7% que *nunca* toma banho quente.

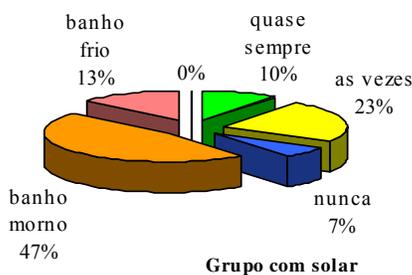


Figura 5.17 Hábito de banho quente no verão

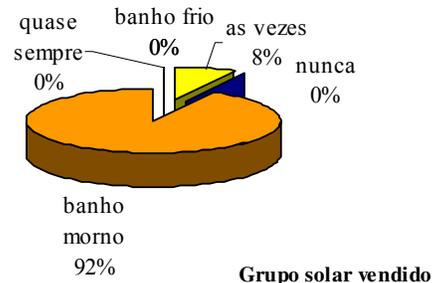


Figura 5.18 Hábito de banho quente no verão

Deve ser lembrado que as respostas foram dadas por 57% de mulheres e 27% de homens, para o *Grupo Com solar*, e igualmente num percentual próximo para o *Grupo solar vendido*: 58% de mulheres e 25% de homens. A presença da esposa ou da mãe mostra o comportamento da família, pois é ela quem faz o controle de tempo de banho, como será visto a seguir.

O comportamento dos dois grupos quanto ao hábito de banho quente no inverno é bastante próximo. O *Grupo Com solar* possui o percentual de *quase sempre* de 11 %, que acrescido ao *sempre* de 84 % alcança o valor de 95 %. O *Grupo Solar vendido* responde em 95% que toma banho *sempre* quente. (Figuras 5.19 e 5.20).

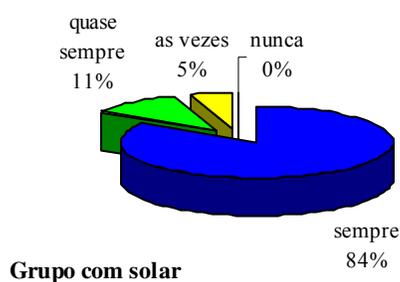


Figura 5.19 Hábito de banho quente no inverno Figura 5.20 Hábito de banho quente no inverno

O uso da água quente em abundância sem haver o gasto com eletricidade repercute no comportamento das classes populares. O tempo de banho dos dois grupos são totalmente distintos como mostra a Figura 5.21.

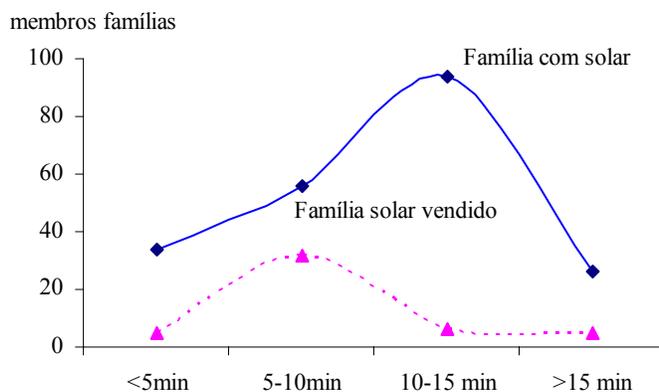


Figura 5.21 Tempos de banho das famílias *Com solar* e *Solar Vendido* no Projeto Sapucaias-2005

Para o *Grupo Com solar* o tempo de banho entre 10 e 15 minutos é realizado por 45% da família. Pelo menos 12% num tempo maior do que 15 minutos. Diferente das famílias que venderam seus sistemas que num percentual de 67% passaram a tomar banho num intervalo menor, entre 5 e 10 minutos. Para os que nunca tiveram coletores solares pelo menos 67% da famílias tomam banho num tempo muito menor, abaixo de 5 minutos.

No *Grupo Com solar* existe um comportamento distinto e próximo para o “pai e filhas”, e outro para “mãe e filhos” como mostra a Figura 5.22. Para o primeiro a frequência é maior entre 5 e 10 min de banho, em torno de 51% e 29%. Já “mãe e filhos” possuem sua maior frequência com o tempo de banho entre 10 e 15 min, 71% e 63% (Tabela 5.23).

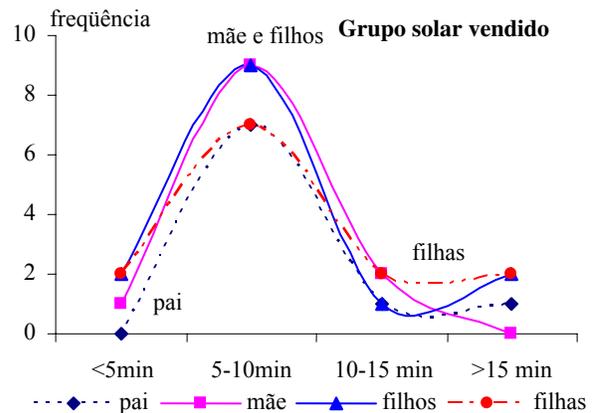
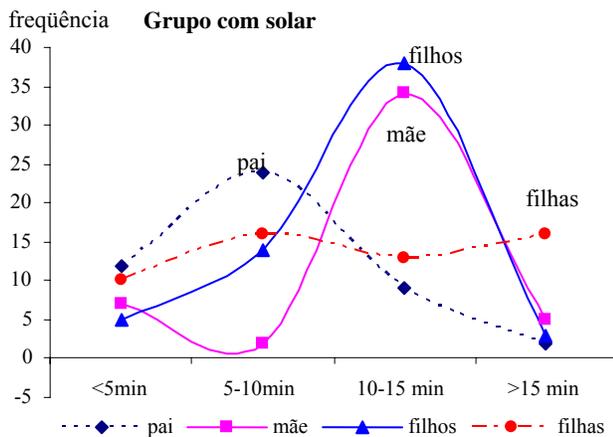


Figura 5.22 Tempos de banho *Gr. Com solar*

Figura 5.23 Tempos de banho *Gr.Solar vendido*

Tabela 5.23 Tempos de banho do *Grupo Com solar* no Projeto Sapucaias – julho 2005

	<5min	5-10min	10-15 min	>15 min	TOTAL
pai	12	24	9	2	48
	26%	51%	19%	4%	100%
mãe	7	2	34	5	48
	15%	4%	71%	10%	100%
filhos	5	14	38	3	60
	8%	23%	63%	5%	100%
filhas	10	16	13	16	45
	18%	29%	24%	29%	100%

Tabela organizada pela autora.

No *Grupo solar vendido* a maior parte da família toma banho num intervalo entre 5 e 10 minutos, com um percentual médio de 67%. Neste grupo são “mãe e filhas”, que num percentual de 20 % tomam um banho entre 10 e 15 minutos. Aqui são os filhos homens que tomam banhos menores do que 5 minutos. Isto se dá em função de elevado número de filhos (homens) em uma família com 10 membros, e que se constitui em uma exceção na amostra, visto o tamanho médio ser 4,5 pessoas por domicílios (Tabela 5.24 e Figura 5.23).

Tabela 5.24 Tempos de banho do *Grupo Solar vendido* do Projeto Sapucaias – julho 2005

	<5min	5-10min	10-15 min	>15 min	TOTAL
pai	0	7	1	1	9
	0%	78%	11%	11%	100%
mãe	0	9	2	0	10
	0%	82%	18%	0%	100%
filhos	2	9	1	1	12
	15%	69%	8%	8%	100%
filhas	2	7	2	0	10
	18%	64%	18%	0%	100%

Tabela organizada pela autora

Para saber se a família do *Grupo Com solar* tinha mudado seus hábitos após a instalação do sistema termossolar foram realizadas as seguintes perguntas:

34 Mudaram os hábitos de horário de banho na família com o coletor?

sim não outro

35 Em que horário a família toma banho agora?

pai mãe filho filha avó avô tia (prima) tio (primo) outro
 (a) +-6:00 (b) +- 12:00 (c) +-18:00 (d) +- 22:00

As respostas afirmativas vieram de 33% dos entrevistados, e dos que não mudaram seus hábitos, de 65%. Quanto aos horários de banho, devido ao fato do núcleo ser formado por famílias jovens, existe uma parcela de 16 % de crianças com menos de 10 anos e 32% com jovens entre 10 e 20 anos, portanto os que trabalham tomam banho às 6 horas da manhã, os que estudam à tarde, ao meio dia, e os que estudam à noite, às 18 horas. A grande concentração continua sendo o de tomar banho no pico de demanda, que é o final do dia, para os dois grupos (Figuras 5.24 e 5.25).

A diferença percebida com o *Grupo Solar vendido* é que houve uma migração do banho para o final da noite, às 22 horas, conduta adotada principalmente pelos pais. Neste horário, enquanto no *Grupo Com solar* a frequência é de 8 %, no *Solar vendido* é de 18% (Tabela 5.25). Como não há diferença de tarifação residencial horária, credita-se o comportamento do segundo grupo ao fato do chuveiro elétrico permitir o seu uso no momento oportuno. No primeiro grupo existe o aproveitamento da água aquecida, durante o dia, pelo coletor solar.

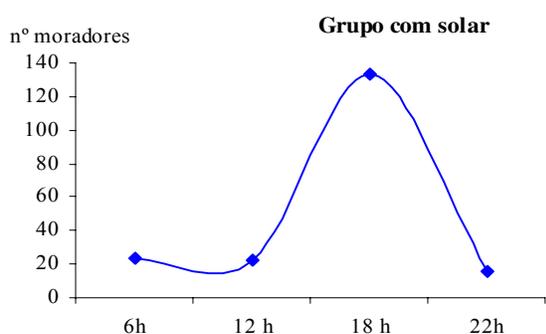


Figura 5.24 Horário de banho *Com solar*

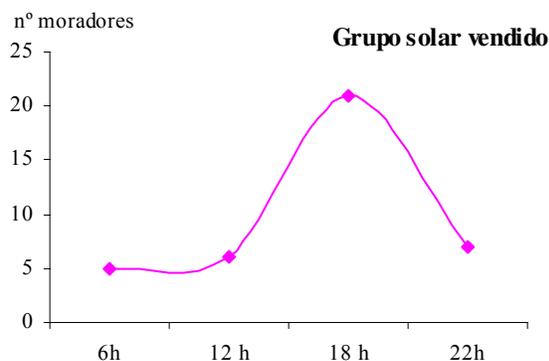


Figura 5.25 Horário de banho *Solar vendido*

Tabela 5.25 Horário de banho no Projeto Sapucaias – julho 2005

	6h	12 h	18 h	22h	TOTAL
GRUPO COM SOLAR	24	22	133	16	195
	13%	12%	68%	8%	100%
GRUPO solar VENDIDO	5	6	21	7	41
	12%	15%	54%	18%	100%
Grupo Sem solar controle	0	12	16	0	28

Tabela organizada pela autora

A análise do *Grupo Sem solar controle* demonstra que o hábito de banho da família é de apenas 5 minutos (67 %), com concentração às 12 horas (43 %) e 18 horas (57 %). Nas amostras pesquisadas ninguém declarou tomar banho pela manhã ou à noite. O relato é de que geralmente o pai (chefe da família) toma banho no trabalho. A frequência de banho maior do que 15 minutos é creditada aos meninos e meninas adolescentes (Figura 5.26).

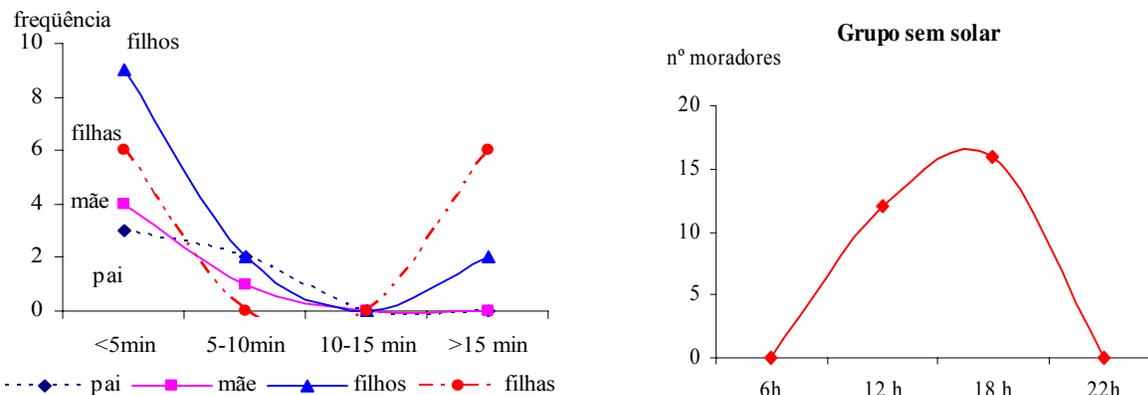


Figura 5.26 Tempos e horário de banho do *Grupo Sem solar controle* no Sapucaias – 2005

5.3.8 O comportamento quanto à manutenção da nova tecnologia

O uso de uma nova tecnologia requer adaptação e responsabilidade por parte dos usuários para que ela se consubstancie qualitativamente, dela sendo providas as potencialidades da eficiência energética do equipamento. Para a avaliação da adaptabilidade foram feitas perguntas com a finalidade de conhecer o envolvimento da família com o zelo do equipamento (perguntas nº 37 a nº 44), desde a manutenção de possíveis vazamentos em tubos e conexões, quebra e limpeza da cobertura de vidro, queima da resistência elétrica do reservatório de água quente e cuidados para que não se projetem sombras sobre a placa coletora .

37 O sistema (coletor + tanque de água quente) apresenta algum problema?

não sim vazamento oxidação não aquece outro

38. A família faz manutenção no teto solar? (limpeza dos vidros do coletor)

sim não outro

39. Quem faz a manutenção do teto solar? (limpeza dos vidros do coletor)

pai mãe filho filha avós tios/primos contrata serviços

40.Quando existe problema e a família não sabe resolver quem ela chama?

o vizinho um técnico liga para o fabricante outro

41.Quando o teto solar é limpo? (periodicidade da limpeza)

semana mês 1 vez ao ano 2 vezes ao ano nunca outro

42.A família cuida para não haja sombra no teto solar?

sim não outro

43.Quando a família faz reforma na casa ela muda a posição do teto solar?

sim não outro

44.Que atitude a família assume quando o vizinho constrói e faz sombra no teto solar?

nenhuma muda o coletor outro

Os sistemas solares implantados no Sapucaias apresentam alguns pequenos problemas no modelo Popsol, como o enrijecimento e vazamento da mangueira usada como tubulação de passagem da água quente da placa solar para o reservatório de água quente. Por estarem ao ar livre, sofrem a ação da radiação solar e da passagem da água super-aquecida pela placa. Muitas foram trocadas. O vazamento também ocorre em um dispositivo que faz a conexão da água quente na base da estrutura do equipamento e que não existe disponível no mercado para a sua troca.

Quanto à limpeza dos vidros, dependendo da localização da moradia, a poeira e poluição ambiental exigem que semanalmente seja efetuada a sua lavagem (com vassoura de cerdas macias e detergente). A circulação de carros é pequena no bairro e a poeira existente é vinda por ventos de outras micro-regiões. Foram constatados muitos coletores bastante sujos.

Para 56 % dos entrevistados não existem problemas com os coletores e quando existiram foram resolvidos. Para 44% o sistema apresenta problemas e ainda não foram solucionados, como vazamentos – 61%, e problemas na mangueira de ligação – 33%. A oxidação foi relatada por um entrevistado.



Figura 5.27 Oxidação na estrutura da caixa da placa coletora, falta de limpeza nos vidros da placa e reservatório danificado por pedras.

A manutenção é feita por 60% das famílias, cuja periodicidade de limpeza varia bastante, conforme visto na Tabela 5.26. Somente 19% fazem uma manutenção semanal. O percentual de 42% que limpam esparsamente durante o ano, somado aos que nunca limpam, de 40%, mostram que o sistema termossolar não está sendo usado com o aproveitamento de sua máxima eficiência

energética. Esta falta de cuidado com os condicionantes que influenciam o desempenho do sistema faz com que, pelo menos, 39% (a ser visto adiante, no item 3.3.9, na Tabela 5.26) manifestem o desejo de aumentar a capacidade do reservatório de água quente.

Tabela 5.26 Manutenção e periodicidade de limpeza do sistema termossolar

Manutenção do sistema			Periodicidade de limpeza						
sim	não	TOTAL	nunca	sempre	semana	mês	1 x ano	2 x ano	3xano
33	22	55	22	33	6	12	5	4	5
60%	40%	100%	40%	60%	19%	38%	13%	13%	16%

Tabela organizada pela autora

Praticamente toda a família se envolve na manutenção, mas é o chefe da família, o pai, quem, em 55% das vezes, resolve os problemas. Quando a família não consegue solucionar os danos técnicos é chamado o vizinho (67%) e depois um técnico (11%).

Quanto ao sombreamento na placa coletora, 61% responderam que não cuidam e 37% que sim; 10% disseram que já mudaram o coletor quando fizeram reformas na moradia. Quando questionados sobre a conduta da família sobre a obstrução do sol na placa coletora por parte de obras na moradia vizinha, 43% disseram que não tomam nenhuma providência, 5% mudam o coletor, 2% não aceitam. Em 50% dos casos não existe esta situação questionada (Tabela 5.27).

Tabela 5.27 Mudança da posição e cuidados com o sombreamento do termossolar

Mudança na posição do termossolar				Comportamento quanto ao sombreamento				
sim	não	outro	TOTAL	nenhuma	muda coletor	não aceita	outro	TOTAL
19	31	1	51	24	3	1	28	56
37%	61%	2%	100%	43%	5%	2%	50%	100%

Tabela organizada pela autora



Fotos: A autora, julho 2005.

Figura 5.28 Sombreamento na placa por muro lateral e estrutura de arame sobre a placa

Verificou-se que em algumas situações foram erguidos os muros laterais do vizinho causando sombreamento em determinado período do dia no coletor, o que ocorre somente na estação do inverno. Embora a tentativa de negociação para que o vizinho deixasse de erguer duas fiadas de tijolos no local, este não foi sensível ao apelo. Quanto ao sombreamento por árvores, são raros os casos, visto o bairro não possuir quase nenhuma vegetação de grande porte. As de pequeno porte dentro dos lotes geralmente são podadas pelos proprietários

5.3.9 O consumo de água e a nova tecnologia

Para investigar a possibilidade de um possível aumento de consumo de água com o banho quente sem que a família tenha o condicionante da conta de energia a incidir no orçamento final do mês, foi realizado um novo conjunto de perguntas. Foi pesquisado se a água poderia estar sendo consumida para lavagem de calçadas, carros, motos, bicicletas ou no jardim e hortas.

25. Qual o consumo médio mensal de água em m³ ?

0-10 10-12 12-20 20-30

26. Existe caixa d'água na moradia?

sim 250litros 500 litros 1000 litros não deseja colocar

27. A família costuma molhar o gramado e as folhagens?

sim não às vezes flores outro

28. A família costuma lavar as calçadas?

sim não às vezes

29. Quantas vezes são lavadas as calçadas?

não são lavadas uma vez p/semana 2 vezes semana 3 vezes semana todos os dias outro

30. Quantas vezes é lavado o carro?

1 vez p/semana a cada 15 dias não lava carro não tem carro outro

A investigação mostrou que toda a comunidade possui caixa d'água de 250 litros. Em 25% das moradias do *Grupo Com solar* foram colocados reservatórios com maior capacidade: em 18% de 500 litros, e em 7% com 1000 litros. No *Grupo solar vendido* foram em 16%: 8% com 500 litros e 8% com 1000 litros. Para os que nunca tiveram sistemas solares o acréscimo foi de 14% para reservatório de 500 litros.

O consumo médio mensal da comunidade é de 12 m³/mês. Existe um incentivo tarifário para consumos mensais inferiores a 10 m³ (US\$ 2,24), o que faz com que aproximadamente 31%

dos moradores do Sapucaias optem por um controle do uso da água. Para um consumo acima deste volume a conta praticamente dobra de valor.

Aqui, como no consumo de energia elétrica, também é mais confiável a verificação de uma série histórica de consumo de água relacionado com o número de membros da família. A análise comparativa da amostragem feita nos grupos de controle tomando como uma das variáveis o número de habitantes por moradia, permite constatar que o *Grupo Com solar* possui a maior frequência no critério de consumo entre 10 m³ e 12 m³ e está distribuída em toda a amostra. Mas é nas moradias com 4 habitantes que existe um grande consumo entre 12 m³ e 20 m³, evidenciando que o banho pode ser um dos responsáveis por estes índices (Figura 5.29). Já na amostra do *Grupo Solar vendido e Sem solar*, são nas moradias com maior número de membros, a partir de 5 habitantes, que são gastas as maiores quantidades de água (Figura 5.30).

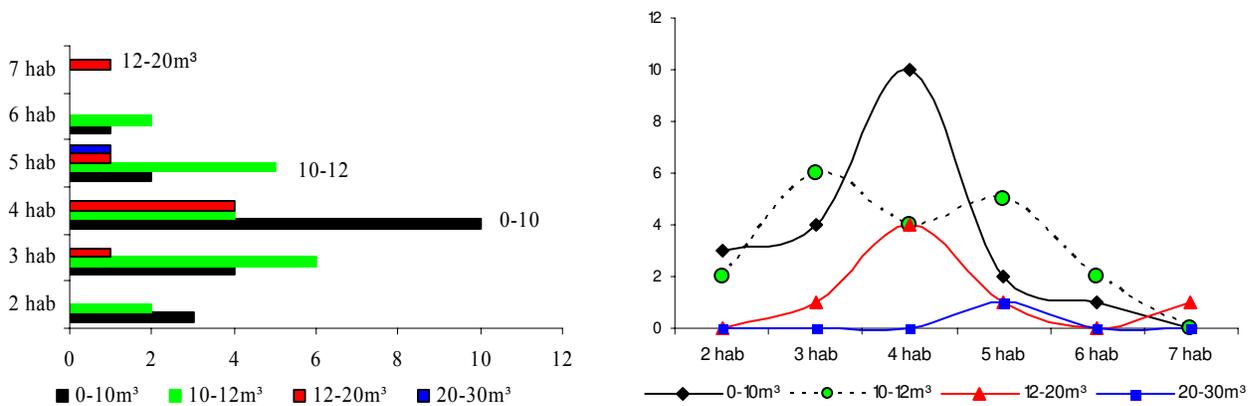


Figura 5.29 Consumo de água por número de membros da família no *Grupo Com solar*

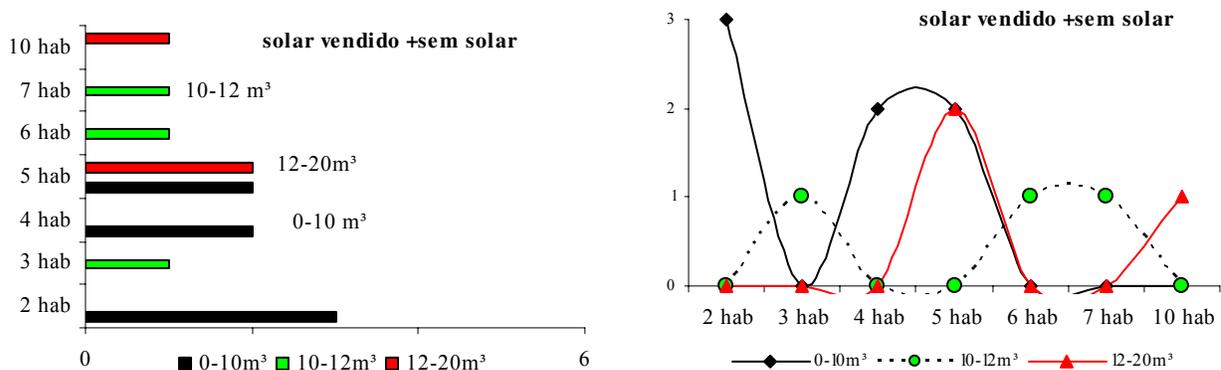


Figura 5.30 Consumo de água por número de membros da família nos *Grupos Sem solar*

Tabela 5.28 Consumo de água no Projeto Sapucaias em junho de 2005

m3	0-10	10-12	12-20	20-30	s/resp	TOTAL
Com solar	21	17	9	1	12	61
%	35%	28%	15%	2%	20%	100%
m3	0-10	10-12	12-20	20-30	s/resp	TOTAL
Solar vendido	5	3	2	0	6	12
%	31%	19%	13%	0%	38%	100%
m3	0-10	10-12	12-20	20-30	s/resp	TOTAL
Sem solar	2	1	1	0	3	7

Tabela organizada pela autora

O hábito de cultivar flores e ter hortas é pouco freqüente no núcleo, pois envolve o gasto com a água. Os que possuem os equipamentos termossolares o fazem num percentual de 31%, para 25% dos que não tem o solar. A lavagem das calçadas é feita também por menos de 40% da comunidade: *Grupo Com solar* (39%); *Sem solar*(25%) (Tabela 5.29). Os entrevistados relatam que utilizam a água que sobra da lavagem da roupa no tanque para a limpeza das calçadas. Os que possuem animais no lote se obrigam a um cuidado especial, bem como os que possuem crianças pequenas e precisam de áreas limpas para o lazer no quintal.

Figura 5.29 Hábito de molhar flores e lavagem das calçadas no Projeto Sapucaias - 2005

GRUPOS	Hábito de molhar flores/horta					Hábito e freqüência de lavagem das calçadas							
	sim	não	as vezes	outro	TOTAL	sim	não	TOTAL	1 x sem	2 x sem	15 x15dias	1x mês	as vezes
Com solar	17	26	11	1	55	22	34	56	9	3	3	1	6
%	31%	47%	20%	2%	100%	39%	61%	100%	41%	14%	14%	5%	27%
por família	3	7	2	0	12	3	9	12	1	0	1	1	0
%	25%	58%	17%	0%	100%	25%	75%	100%	5%	0%	5%	5%	0%
Sem solar	0	6	0	0	6	0	6	6	0	0	0	0	0

Tabela organizada pela autora



Figura 5.31 Poucas famílias possuem hortas no quintal como estas moradias. Fotos: A autora, julho 2005.

A investigação sobre os que possuem carro visou verificar se haveria um gasto específico de água com a sua lavagem. Os percentuais estão mostrados na Tabela 5.30. No *Grupo Com solar* dos 12 carros existentes, 9 são lavados na moradia. Pelo menos 6 proprietários o fazem semanalmente. Este percentual é de 21% da amostra. Nos demais grupos existem somente dois carros, um lavado semanalmente e o outro não é lavado na moradia. O cruzamento de dados do consumo de água com número de habitantes por moradias e posse de carro mostra que existe uma freqüência de carros lavados nas moradias de 4 e 5 membros, mas sem existir uma correlação com um maior consumo de água, pois a lavagem se dá em todos os intervalos de critérios estabelecidos (Tabela 5.31).

Tabela 5.30 Moradias com carros e freqüência de sua lavagem no Projeto Sapucaias- julho 2005

	não tem carro	tem carro	1 x sem	c/15dias	não lava	TOTAL
Com solar	44	12	6	3	3	56
%	79%	21%				
Solar vendido	11	1	0	0	1	12
%	92%	8%				
Sem solar	5	1	1	0	0	6

Tabela organizada pela autora

Tabela 5.31 Consumo de água x número de hab/moradia x posse de carro no *Grupo Com solar*.

	0-10m ³	10-12m ³	12-20m ³	20-30m ³	s/res	TOTAL
2 hab	1				1	2
3 hab				1		1
4 hab	1	1	1		2	5
5 hab	1	1	1			3
6 hab		1				1
Total	3	3	2	1	3	12
	25%	25%	17%	8%	25%	100%

Tabela organizada pela autora

O relacionamento de todos os dados investigados ao longo das diversas perguntas formuladas aos entrevistados, tais como a lavagem dos coletores, das calçadas, dos carros e rega de flores e hortas tiveram como objetivo verificar a hipótese de aumento do consumo de água com o banho mais demorado que foi constatado na pesquisa pelo *Grupo Com solar*. Existe um aumento de consumo deste último quando comparado aos *Grupos Sem solar e Solar Vendido*. Infere-se que esteja relacionado ao banho e também às outras atividades que envolvem o uso da

água, o que demonstra que a economia de energia permite que possa haver uma transferência de gastos para outras necessidades do cotidiano familiar, aumentando o conforto e a qualidade de vida.

5.3.10 A avaliação da satisfação com a tecnologia

Para a avaliação do grau de satisfação da família com a nova tecnologia, um número significativo de perguntas (15) foram feitas aos entrevistados, semelhante ao da investigação para o conhecimento do perfil sócio-econômico. A pergunta nº. 45 feita exclusivamente sobre a satisfação ou não com a tecnologia de aquecimento de água poderia ser validada pelas questões de nº. 49 e 50, dando uma nova oportunidade para a exposição de um possível descontentamento. O questionamento sobre a quantidade de água quente (nº. 46 a nº. 48), além de levantar a satisfação dos usuários, foi realizada para investigar se o sistema estaria sendo utilizado com a sua máxima eficiência energética.

45 Qual o grau de satisfação da família quanto ao teto solar?

muito bom bom ruim péssimo outro

46. Como classifica a quantidade de água aquecida pelo teto solar?

muito bom bom ruim péssimo outro

47. A família gostaria de aumentar o volume do tanque de água quente?

não sim

48. Qual seria o volume ideal para o tanque de água quente?

duas vezes maior três vezes maior outro

49. Tem alguém insatisfeito? Quem?

não sim marido esposa filha filho outro

50. Porque não está satisfeito?

tempo de banho é pequeno (pouca água quente) água é morna água é fria gasta muita energia

51. Quem controla o tempo de banho da família?

mãe pai filhos cada um avó outro

52. Quando não tem mais água quente no coletor como a família toma o banho?

toma banho frio não toma banho liga o chuveiro elétrico aquece água no fogão outro

53. Quando não tem sol, como se controla a ligação do banho quente (resistência elétrica do reservatório)?

é ligado antes do banho pela manhã pela tarde á noite outro

54. A família lava a louça com água quente?

sim não às vezes ns

55. A água usada para lavar louça é aquecida de que forma?

fogão à gás coletor solar fogão à lenha outro

56. Você gostaria de lavar a louça com água quente?

sim não às vezes outro

57. Notou alguma redução na conta de energia?

sim não

58 É difícil lidar com o sistema de aquecimento solar?

sim não

59. Indicaria o sistema de aquecimento solar para outra pessoa?

As perguntas nº. 51 a nº. 53 verificam se existe uma consciência solidária por parte dos membros da família em relação ao tempo médio de banho, a fim de que o volume de 200 litros de água quente pudesse contemplar todos seus integrantes. As perguntas de nº. 54 a nº. 56 referem-se à forma como é lavada a louça na cozinha e visa levantar se a água quente disponível ao meio dia é aproveitada também para este fim (embora não exista tubulação para o uso de água quente na pia da cozinha), podendo ser a responsável pela insuficiência do volume de água quente. As demais, de nº. 57 a nº. 59, visaram levantar se a família tinha percepção sobre o retorno financeiro, sobre o fácil manuseio da tecnologia e sobre a sua satisfação ao ponto de fazê-la uma referência positiva.

Os resultados da investigação através da construção da curva das médias aritméticas da frequência de valores 1= péssimo; 2 = ruim; 3 = bom; e 4= muito bom, mostrados na Figura 5.32, demonstram que os aspectos positivos obtidos pelas respostas superam os negativos. Têm-se valores positivos na ordem de 51, para negativos na ordem de 4, evidenciando que a satisfação com o sistema termossolar é manifestada pela maioria das famílias do Sapucaias, com uma parcela muito pequena de insatisfeitos.

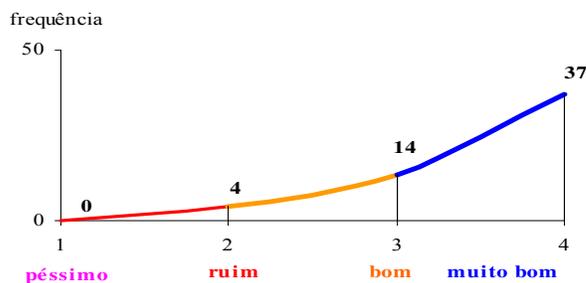


Figura 5.32 Satisfação dos moradores do Projeto Sapucaias com a tecnologia

Na Tabela 5.32 e Figura 5.33 pode ser visualizado o quanto a comunidade se manifesta positivamente em relação à tecnologia e, também, quanto ao volume de água quente existente.

Tabela 5.32 Avaliação da satisfação com a tecnologia e com quantidade de água quente - 2005

	muito bom	bom	ruim	péssimo	nc	total	X=Média	Moda	Desvio padrão
Satisfação com a tecnologia	45	7	3	0	0	55	3,76	MB	0,46
Satisfação com volume d'água	29	20	4	1	1	55	3,36	MB	0,38
Média aritmética	37	14	4	1	1	110			

nc= não corresponde às demais respostas. Tabela organizada pela autora.

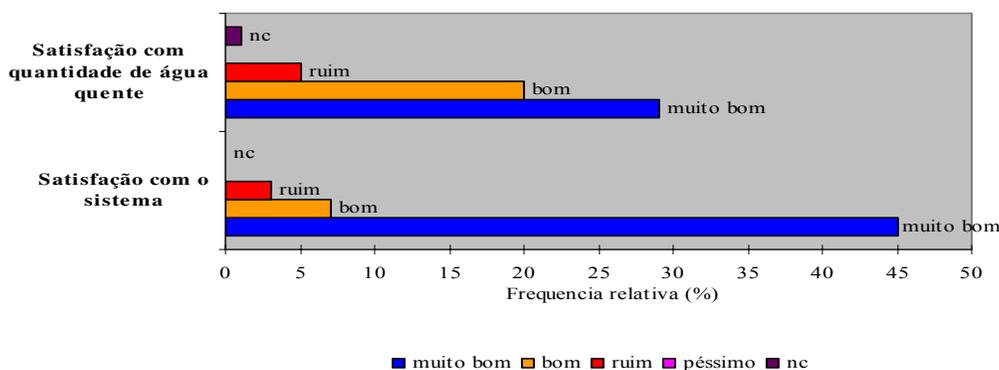


Figura 5.33 Avaliação da satisfação da tecnologia pelos moradores do Projeto Sapucaias – 2005.

A insatisfação à tecnologia solar é manifestada por apenas 13% da amostra, que alega que a *quantidade de água quente é pouca*, que a *conta de eletricidade é muito alta* e que existem *vazamentos* no sistema. Investigadas as famílias que manifestadamente desaprovam a quantidade de água quente (200 litros) e o aumento de consumo de energia elétrica, verificou-se que na periodicidade de limpeza dos sistemas a resposta é de que nunca foram limpos, e em apenas um caso a família afirma limpar 3 vezes por ano. Quanto ao número de membros da família, varia entre 4 a 5 pessoas, com algumas famílias tendo filhos adolescentes. Em duas situações o modelo do sistema termossolar é o “convencional com chuveiro”, o que permite a opção do uso da eletricidade somente quando for acionada a resistência elétrica. Credita-se ao descaso com a manutenção a falta de eficiência destes sistemas (Tabela 5.33).

Tabela 5.33 Insatisfeitos e razões para a insatisfação com o termossolar no Projeto Sapucaias

Insatisfação com termossolar			Razões para a insatisfação					
filhos	família	TOTAL	pouca água quente	água morna	água fria	gasta energia	vazamento	TOTAL
0	6	6	4	0	0	0	2	6
		13%						13%

Tabela organizada pela autora

Quanto ao desejo de aumentar a capacidade de água aquecida, pelo menos 39% gostariam de fazê-lo, numa proporção de 17%, para 1,5 vezes maior, e 83%, para 2 vezes maior, embora pelo menos dois terços estejam satisfeitos com a tecnologia. Pelo menos 11% dos entrevistados gostariam de ter água quente na cozinha e na pia do banheiro (Tabela 5.34), mesmo não tendo o hábito de lavar louça com água quente, constatado em 96% da amostra. Mais da metade gostaria de utilizar a água quente para lavar a louça (Tabela 5.35).

Tabela 5.34 Desejo de aumentar a quantidade de água quente no Projeto Sapucaias - 2005

Desejo de aumentar a quantidade de água quente			Capacidade do reservatório desejada				
sim	não	TOTAL	pia cozinha	pia banheiro	1,5 x maior	2 x maior	TOTAL
18	28	46	3	2	3	15	18
39%	61%	100%			17%	83%	100%

Tabela organizada pela autora

Tabela 5.35 Famílias que lavam a louça com água quente ou desejam lavar no Proj. Sapucaias

Lavam a louça			Desejam de lavar		
sim	não	TOTAL	sim	não	TOTAL
2	45	47	24	18	42
4%	96%	100%	57%	43%	100%

Tabela organizada pela autora

O controle de tempo de banho é feito principalmente pelas mães em 52% da amostra, cabendo aos pais um controle menor, de 24%. Pelo menos para $\frac{1}{4}$ das famílias *cada um* controla o tempo que deverá usar a água aquecida, para que todos possam usufruí-la (Figura 5.34).

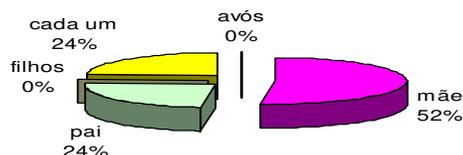


Figura 5.34 Quem controla o tempo de banho no Projeto Sapucaias

Quando, por um longo período, não se dispõe de níveis satisfatórios de radiação solar e está muito frio, 44% dos pesquisados ligam a resistência do termossolar, 34% usam o chuveiro elétrico e 14% aquecem a água no fogão à lenha ou no fogão à gás. Apenas uma pequena parcela (8%) responde que toma banho frio (Tabela 5.36).

Tabela 5.36 Comportamento quanto à falta de água quente do termossolar no P.Sapucaias -2005

Comportamento quanto à falta de água quente solar					Horário de ligação da resistência elétrica					
Toma banho frio	Liga chuv elétrico	Liga resistência solar	Aquece com lenha	Aquece com gás	TOTAL	Antes banho	Manhã 6 h	Tarde 18 h	Noite 22h	TOTAL
4	17	22	5	2	50	19	1	14	1	35
8%	34%	44%	10%	4%	100%	54%	3%	40%	3%	100%

Tabela organizada pela autora.

O comportamento das famílias quanto ao horário de acionamento da resistência elétrica (de um total de 79 e na amostra 35) dos reservatórios de água está mostrado na Tabela 5.37. O hábito para 54% da amostra é a de ligar antes do banho. Como já foi visto anteriormente no item 3.3.7 e Tabela 3.24, 13% dos membros das famílias tomam banho de manhã, às 6 horas, 12% ao meio dia, 8% à noite (a partir das 22 h) e 67% no final da tarde. Tem-se, no entanto, a resposta afirmativa de 40% da amostra de que é no final da tarde que é acionada a resistência elétrica, o que leva a concluir que ela é ligada antes de cada banho, ou conjunto de banhos, mas num horário mais concentrado que é o das 18 horas.

Tabela 5.37 Horário que a família liga a resistência auxiliar do termossolar

frequência	antes do banho	Manhã (6h)	tarde (18h)	Noite (22h)	TOTAL
família	19	1	14	1	35
%	54%	3%	40%	3%	100%

Tabela organizada pela autora

O aquecimento com a resistência auxiliar do termossolar, de todo o volume de água do reservatório para cada banho, não é econômico para os usuários. Para uma *família jovem*², em que os filhos ainda são pequenos e todos vão para a escola à tarde, ou para uma *família adulta*, em que todos possuem um mesmo horário de saídas ou chegadas, o uso do aquecimento auxiliar pode ser planejado em função do cotidiano de seus membros. A pesquisa mostra, no entanto, que é no horário de pico que as famílias que possuem os sistemas solares ligam o aquecimento auxiliar. Deve ser levado em consideração que para o aquecimento de 200 litros, com uma resistência de 1500 W e dependendo da temperatura inicial da água, a resistência elétrica terá que ser acionada de uma a duas horas de antecedência.

As três últimas perguntas feitas aos entrevistados mostram a plena aprovação da tecnologia. Para 98% o sistema é de fácil manuseio, para 96% das famílias o sistema promoveu economia de energia elétrica e 98 % indicariam a tecnologia para terceiros (Tabela 5.38) .

²O termo *família jovem* é aqui usado para caracterizar um casal com filhos pequenos ou adolescentes; a *família adulta*, quando o casal possui filhos adultos.

Tabela 5.38 Satisfação das famílias com a tecnologia termossolar no Projeto Sapucaias - 2005

Percepção de economia com o sistema			Dificuldade de manuseio			Indicação para terceiros		
sim	não	TOTAL	sim	não	TOTAL	sim	não	TOTAL
47	2	49	1	49	50	51	1	52
96%	4%	100%	2%	98%	100%	98%	2%	100%

Tabela organizada pela autora

No Diagrama de Pareto (Figura 5.35), onde é possível, também, o diagnóstico sobre a satisfação com a tecnologia nas duas variáveis questionadas, os entrevistados se manifestaram positivamente, através dos valores médios de 3,38, para a quantidade de água quente existente de 200 litros, e 3,76, para a satisfação com o coletor. A tecnologia solar se mostrou acima do mínimo aceitável, estipulado para o valor de 2,0. Não chegou ao ótimo ou muito bom, de valor 4, mas alcançou um percentual bastante favorável.

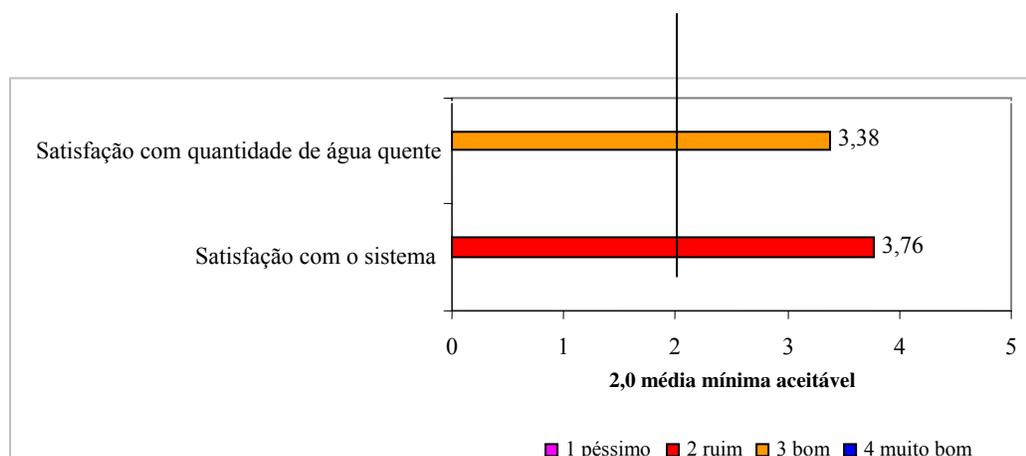


Figura 5.35 Diagrama de Pareto: satisfação com a tecnologia termossolar no Sapucaias -2005

5.3.11 O consumo de energia e a economia com o sistema termossolar

Os consumos de eletricidade tabulados a partir de série histórica é mais abrangente, pois refletem todas as variáveis que ao longo dos anos influenciaram o comportamento da família na utilização da energia elétrica. No caso do Sapucaias, a análise da variação do número de membros da família, o aumento do número de cômodos e da quantidade de eletrodomésticos são significativos para um diagnóstico dos reais benefícios do uso de sistemas termossolares para o aquecimento de água, como substituto ao chuveiro elétrico.

O consumo médio anual de energia elétrica a partir da instalação dos sistemas termossolares em novembro de 2000 sofreu uma redução significativa já nos primeiros dois meses. Da média mensal de referência, 140 kWh em setembro de 2000, passou para 106 kWh em dezembro de 2000 (Pereira et al., 2004f). Já no ano de 2001 o consumo médio anual foi 90kWh, com uma redução de 30,7%. A hipótese para este decréscimo deve ser creditada em parte ao racionamento, quando a população brasileira atingida pelo contingenciamento de energia elétrica teve que se submeter a uma redução obrigatória de 20% (de julho de 2001 a março de 2002).

Os dados colhidos pelo GREEN Solar revelaram que após a instalação dos coletores, nos primeiros 9 meses, a redução percentual foi de 25,6%. Entre setembro de 2000 (140 kWh) e março de 2002 (83 kWh) o percentual de redução alcançou o valor de 33,7% (Pereira et al., 2003g). As medições realizadas no ano seguinte, em 2003, em um estudo comparativo entre moradias *Com coletores* e moradias *Sem coletores* (43 habitações *Com coletores* possuíam o consumo mensal de 81 kWh; e 15 habitações *Sem coletores* têm seu consumo mensal de 145 kWh) mostraram uma diferença percentual de 44% de redução de energia entre os dois grupos (Pereira et al., 2004f).

O monitoramento mensal em 2003, casa a casa, no *Grupo com solar* mostrou que a redução de consumo de energia alcançou um percentual de 36,2% em relação a 2000. Em 2004 este percentual se manteve. O consumo voltou a crescer no ano de 2005, com medições realizadas até junho, com consumo médio mensal de 85 kWh (Tabelas 5.39)

A média anual dos consumos tabulados mensalmente a partir de 2000, pode ser vista na Figura 5.36. Foram tabulados os consumos efetivos, desprezando-se os dados que mostravam que o usuário não estava consumindo energia por ter sofrido o corte de fornecimento da concessionária. O percentual de economia de energia elétrica alcançado entre 2000 e 2005 ficou em 34,6%.

Tabela 5.39 Consumo de energia e número de habitantes entre 2000 e 2005 no Projeto Sapucaias

	2000	2001	2003	2004	2005
CONSUMO MÉDIO ANUAL DE ENERGIA	130 kWh	90 kWh	83 kWh	83 kWh	85 kWh
freqüência	48	60	54	58	53
HABITANTE POR MORADIA	-	4,4 hab	5,5 hab	-	4,1 hab

Fonte: GREEN Solar, 2005d. Tabela organizada pela autora.

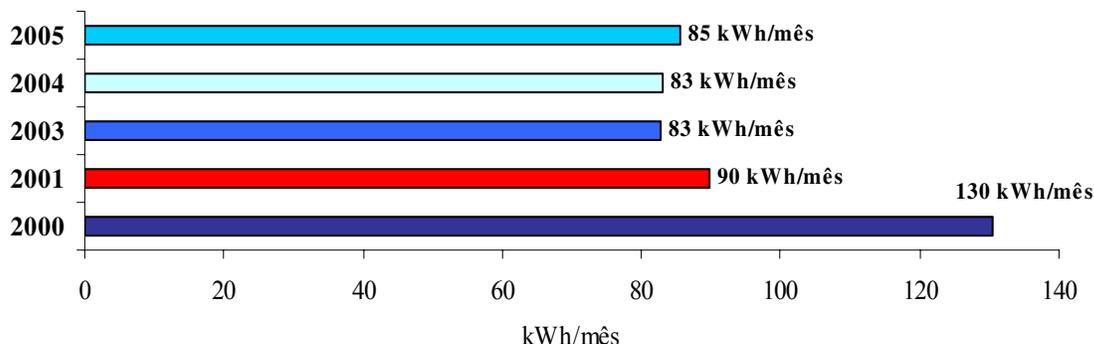


Figura 5.36 Consumo de energia elétrica do *Grupo Com solar*, no Projeto Sapucaias, antes e depois dos coletores solares, de outubro de 2000 a junho de 2005.

O monitoramento do consumo médio mensal de eletricidade, entre janeiro e julho de 2005, mostrou que 75% da comunidade do Projeto Sapucaias consumiu 81 kWh; 15% consumiram a média mensal de 115 kWh; e apenas 8%, até 70 kWh. Consumos mensais maiores do que 150 kWh representam apenas 2% da comunidade.

Tabela 5.40 Consumo médio mensal de eletricidade de janeiro a julho de 2005 no Proj Sapucaias

Até 70 kWh	81 kWh	118 kWh	> 150 kWh
8%	75%	15%	2%

Fonte: GREEN Solar, 2005d. Tabela organizada pela autora.

A Figura 5.37 mostra o consumo de energia entre 2000 e 2005 de dois moradores do Projeto Sapucaias, visualizando-se em 2000 o consumo antes da instalação do sistema termossolar, nos meses 7, 8 e 9.

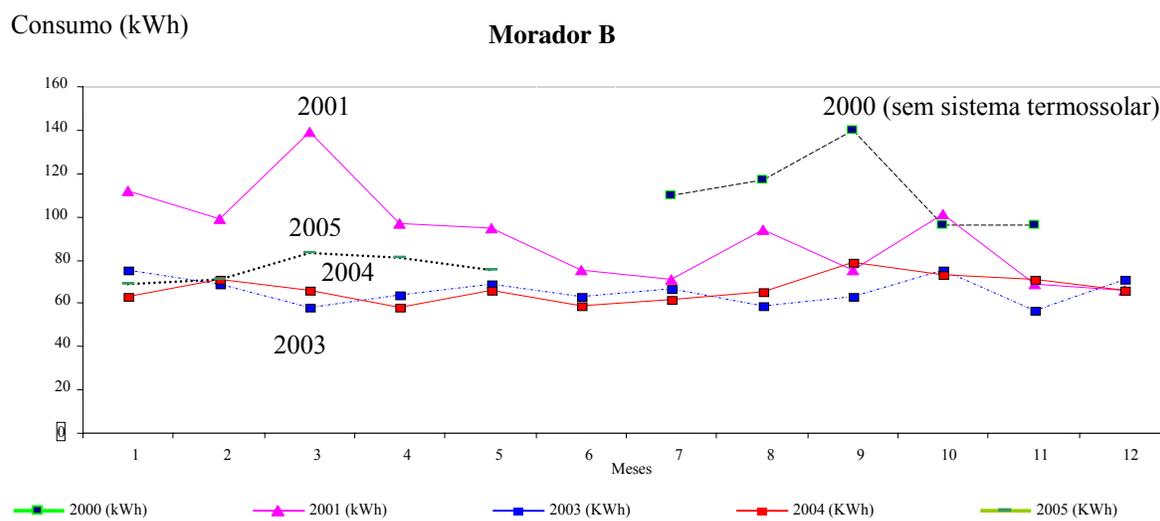
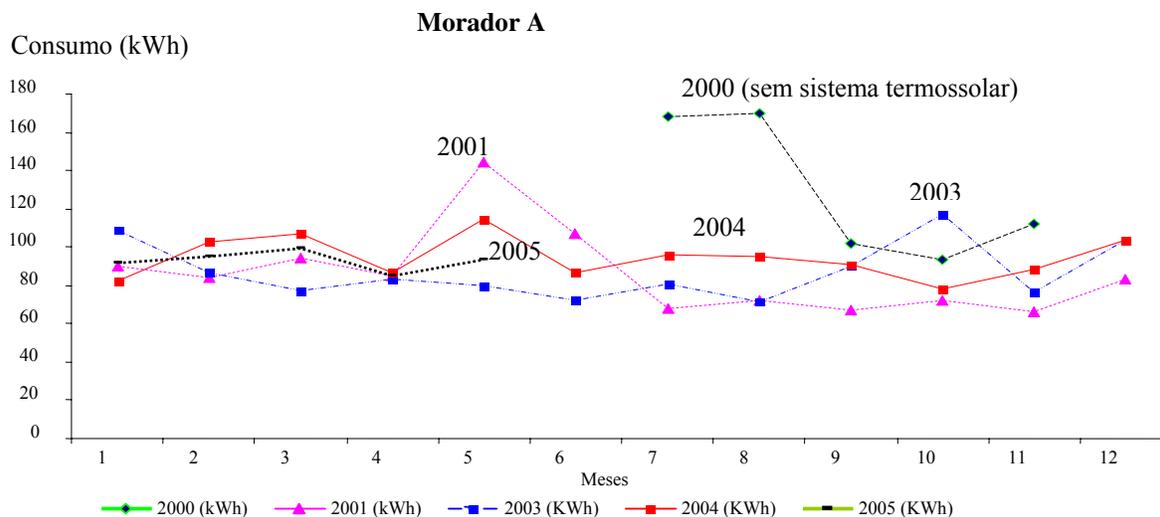


Figura 5.37 Evolução do consumo de energia elétrica de dois moradores do Projeto Sapucaias, entre julho de 2000 e maio de 2005. Fonte: GREEN Solar, 2005d.

A economia de energia no orçamento mensal familiar (conta de energia elétrica) fica evidenciada quando são considerados os subsídio tarifários criado pelo governo federal para beneficiar as famílias de baixa renda, com descontos escalonados por faixa de consumo de eletricidade. A Tabela 5.41 mostra o preço e os descontos (%) na tarifa que a população enquadrada como de Baixa Renda paga. As colunas a seguir mostram as tarifas da concessionária local (Cemig), com um desconto maior para a opção do Gerenciador de Corrente, incentivo estabelecido para que haja o deslocamento da demanda de pico.

Tabela 5.41 Preço e desconto na tarifa Baixa Renda – Lei nº. 10.438 26 abril 2002

Desconto Sub-classe residencial de Baixa Renda Lei 10.438		Tarifa B1 Residencial Baixa Renda comum sem e com ICMS R\$/kWh* (CEMIG)	Tarifa B1 - Residencial Baixa Renda c/Gerenciador de Corrente sem e com ICMS R\$/kWh** (CEMIG)
Faixa de Consumo	Desconto	Tarifa Residencial normal R\$ 0,598942/kWh***	
0 a 30 kWh	65,97%	0,106397(sem ICMS) - 0,349218 (ICMS 30%)	0,085122(sem ICMS) - 0,124671 (ICMS 30%)
31 a 100 kWh	41,97%	0,238437(sem ICMS) - 0,349218 (ICMS 30%)	0,190748(sem ICMS) – 0,279371 (ICMS 30%)
101 a 140 kWh	12,54%	0,5238347 (c/ICMS 30%)*	0,419049**
Acima de 140 kWh	2,99%	0,5238347 (c/ICMS 30%)*	0,464833
101 a 180 kWh (CEMIG)*		0,523804 (ICMS 30%)	0,419049**
Acima 180 kWh (CEMIG)*		0,582035 (ICMS 30%)	0,465634**

*Tarifa baixa renda na CEMIG, cfe. Resolução nº. 87, 06/04/2005. **Tarifa residencial c/gerenciador de demanda: R\$ 0,479160/kWh. *** Tarifa Residencial normal: R\$ 0,598942/kWh. Fonte: http://www.cemig.com.br/consumidores_residenciais/tarifas_energia *Isenção de ICMS Unidades consumidoras residenciais com consumo até 90 kWh/mês*
Tabela organizada pela autora.

Considerando o subsídio da Lei nº. 10.438 de 26/05/2002 do governo federal, tem maior benefício as famílias com aquecedor termossolar que se enquadram no consumo mensal abaixo de 100 kWh, pois obtém um desconto de 41,97% sobre o preço normal da tarifa. No caso da concessionária local, ainda existe a isenção de ICMS³ de 30% para as unidades consumidoras residenciais com consumo até 90 kWh/mês. Se a família optar pelo programa da concessionária de gerenciador de corrente (GC) para o horário de pico, ainda terá um desconto de 20% sobre a tarifa de baixa renda. A conta da energia elétrica da família com coletor, considerando um consumo de 85 kWh, e sem aquecedor termossolar, considerando um consumo de 130 kWh, fica conforme Tabela 5.42.

Tabela 5.42 Conta da energia elétrica de consumidores com e sem aquecedor termossolar - 2006

Descrição	Com coletor	C/coletor e c/GC	Sem coletor	Sem coletor e c/GC
Consumo de energia mensal	85 kWh	85kW	130 kWh	130 kWh
Tarifa energia ⁴ por kWh	R\$ 0,238437	0,190748	0,523804	0,419049
Total a pagar (parcial*)	R\$ 19,92	R\$ 16,21	R\$ 68,09	R\$ 54,47

Tabela organizada pela autora.

*Ainda são incluídos na conta: *Encargo capacidade emergencial* e *Contribuição custeio iluminação pública* (esta última taxa é estabelecida por cada município e varia de acordo com a localização da moradia na cidade).

A economia com o uso do sistema termossolar no orçamento mensal da família dá-se considerando 4 critérios: se ela está inserida no programa de transferência de renda do governo de

³ *Isenção de ICMS Unidades consumidoras residenciais com consumo até 90 kWh/mês*. Art. 49 do Decreto 43.080 de 13/12/2002. Disponível em: http://www.cemig.com.br/consumidores_residenciais/tarifas_energia/calculo.asp Acesso: 15/01/2006.

⁴ Tarifa é o valor a ser cobrado pela prestação de determinados serviços. O preço é a composição da tarifa com o ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços. O preço final é igual a tarifa mais o ICMS. Também são acrescidos o Encargo de capacidade emergencial - ECE e Contribuição custeio iluminação pública -CIP.

tarifa elétrica subsidiada (Cadastro Único) (Caso A); se ela ao mesmo tempo incorpora incentivos locais, como é o caso da concessionária de MG que possui isenção de ICMS em unidades consumidoras residenciais com consumo de até 90 kWh/mês (Caso B); se ela participa de programas de gerenciador de corrente, com descontos de 20% na tarifa (Caso C); se ela não está inserida nos programas de transferência de renda do governo (Caso D). No Caso E o morador não possui o sistema termossolar, possui um maior consumo e está enquadrado no programa de tarifa para baixa renda ou não paga a tarifa normal. A Tabela 5.43 mostra o valor da conta de energia para as diversas situações.

Tabela 5.43 Valor da conta de energia elétrica para consumos diferenciados e conforme os diferentes incentivos na tarifa dados às famílias de baixa renda

	Para consumo de	Valor na conta energia	Para consumo de	Valor na conta energia
Caso A	85 kWh	R\$ 29,68	118 kWh	R\$ 61,81
Caso B	85 kWh	R\$ 19,92	118 kWh	R\$ 61,81
Caso C	85 kWh	R\$ 16,21	118 kWh	R\$ 49,44
Caso D	85 kWh	R\$ 50,9	118 kWh	R\$ 70,67
Caso E	130 kWh	R\$ 68,09 (Tarifa baixa renda)	130 kWh	R\$ 77,86 (Tarifa normal)

Tabela organizada pela autora.

Para uma demanda antes do coletor de 130 kWh/mês, o valor a ser pago seria de R\$ 68,09. Com o coletor o consumo cairia para 85 kWh/mês e a conta teria uma redução de 71%, ficando em R\$ 19,92. Mesmo que o ICMS viesse a incidir em 30% sobre a tarifa, a conta teria o valor de R\$ 29,78, ainda 56% menor que o consumo sem o coletor.

Na análise do consumo e economia de energia deve ser analisado também o número de moradores por domicílio. No Projeto Sapucaias, observa-se pela Figura 5.38 que no período compreendido entre 2000 e 2003 houve um aumento do número de habitantes por moradia. De uma média inicial, em 2000, de 4,4 hab/moradia passou para 5,5 hab/moradia, em 2003. Apesar deste aumento, da taxa de moradores por domicílio, a hipótese de que os hábitos adquiridos para a economia de energia, aliados ao uso dos sistemas termossolares para o aquecimento da água do banho, possam ser creditados como os prováveis fatores que tenham impedido o aumento no consumo de energia.

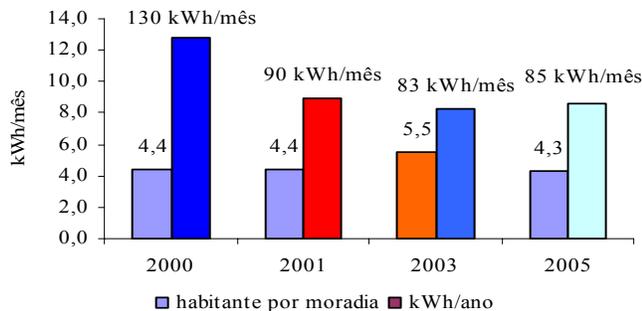


Figura 5.38 Consumo de energia elétrica e número médio de habitantes no *Grupo Com solar*. 2001-2005 no Projeto Sapucaias

O recenseamento feito em julho de 2005 (por esta pesquisa de campo) mostrou novamente uma redução na taxa de moradores por domicílio, passando para 4,3 hab/moradia. O consumo médio anual de energia, no entanto, aumentou de 83 kWh/ano em 2003 para 85 kWh/ano em 2005, num pequeno percentual de 2%. Deve ser considerado que o perfil da idade dos moradores também mudou, conforme estimativa apresentada na Figura 5.39. Em 2001 havia um número maior de crianças, estimado em 30%. Em 2005 ele foi reduzido para 14%. A correlação entre consumo médio anual de energia com a evolução do número de habitantes por moradia, ao longo do período compreendido entre 2000 e 2005, mostra que o uso do aquecimento de água com os coletores solares foi uma das variáveis a incidir para o equilíbrio no consumo de energia.

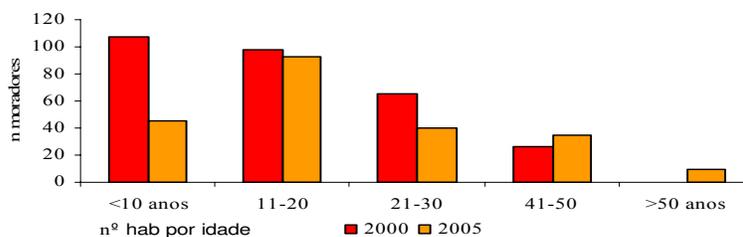


Figura 5.39 Faixa etária dos moradores em 2000 e 2005, no Projeto Sapucaias.

Quando se agrega à análise a quantidade de eletrodomésticos adquirida e em uso (Figuras 5.40 e 5.41) pelos moradores que possuem os coletores solares, em relação aos que venderam, percebe-se que a economia de energia representada pela substituição do chuveiro elétrico é bem maior que o percentual de 34,6%. A facilitação dos trabalhos domésticos, como o uso do

tanquinho, máquina de lavar roupa e de instrumentos de auxílio no preparo da alimentação significa o aumento da qualidade de vida para as famílias.

A possibilidade de usufruir dos equipamentos de lazer mostrados nas Figuras 5.40 e 5.41 contribui para a satisfação e o bem estar dos usuários. É no *Grupo Com solar* que existe a presença de microcomputadores e é nele que estão as aspirações de 21% da comunidade para a sua compra como a primeira opção de intenção. O desejo de compra de aparelhos eletroeletrônicos para o lazer, como equipamentos de som e DVD, remete para o desejo de equipamentos mais sofisticados.

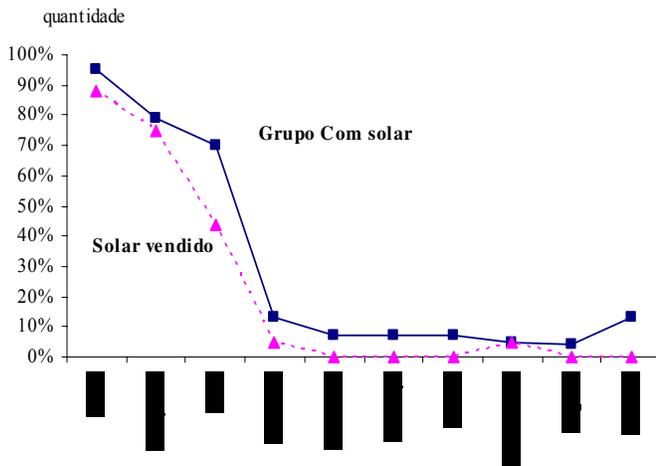


Figura 5.40 Posse de eletrodoméstico

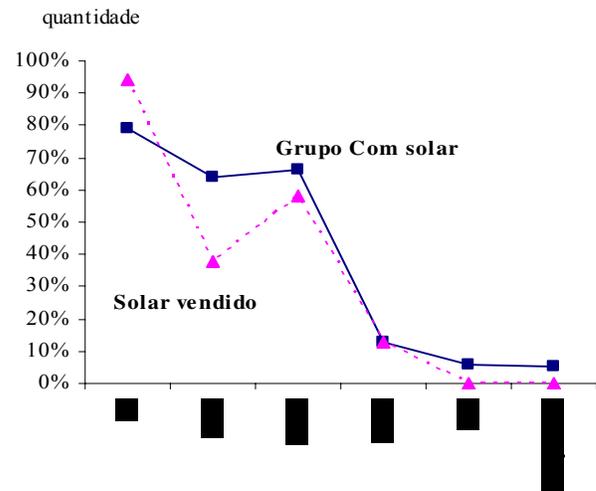


Figura 5.41 Posse de equipamentos para lazer

5.4 Considerações finais do capítulo

A inserção de coletores solares em núcleos habitacionais urbanos e de interesse social ainda se constitui em experiências recentes no Brasil. Os programas implantados com recursos públicos se enquadram dentro de projetos demonstrativos, nos quais a tecnologia é exposta para que o conjunto da sociedade possa verificar o seu funcionamento, viabilidade e eficiência, além de se constituir em um laboratório de ensaio para a verificação da sua adequação técnica e social.

A avaliação do comportamento quanto ao uso e manutenção da nova tecnologia é um dos itens importantes para a validação da inserção deste tipo de equipamento entre as famílias de baixo rendimento. A manutenção de todos os componentes do equipamento, a periodicidade de limpeza dos vidros que revestem as placas solares, o cuidado com o sombreamento nas mesmas, com o uso da quantidade de água quente distribuída pelo número de membros da família e o acionamento adequado da resistência elétrica para o aquecimento da água nos dias sem sol são algumas das variáveis importantes para que a melhor eficiência do sistema seja alcançada por parte dos usuários.

A pesquisa de campo realizada no núcleo de baixa renda (renda média de 1 a 2 salários mínimos – 65% da comunidade) na cidade de Contagem, em Minas Gerais, em julho de 2005 (Projeto Sapucaias – Eletrobrás/PROCEL/GREEN Solar PUC-MG), mostrou o comportamento adotado pelas 100 famílias diante da nova tecnologia termossolar para o aquecimento da água para o banho. A conscientização inicial realizada pela equipe técnica quando da implantação do projeto em 2000, sobre os benefícios econômicos do novo sistema, não impediu que 33% dos equipamentos fossem comercializados à revelia dos partícipes do programa. A doação realizada pelo poder público, a facilidade com que um dos sistemas termossolares poderia ser desmontado sem envolver alterações internas na moradia, a necessidade de acréscimos ao projeto padrão de 49 m² e a necessidade de complementação de renda momentânea para a subsistência familiar são os fatores constatados para o elevado índice de venda dos coletores solares, por valores insignificantes frente ao custo da tecnologia.

O comportamento verificado nos dois grupos que se constituiu, o das famílias que permaneceram com o coletor (67 unidades) e o das que venderam (33 unidades) após curto tempo de uso, permite realizar importante estudo sobre os hábitos e ações adotadas por cada um deles para compatibilizar o consumo de energia com sua renda familiar. Da pesquisa realizada na comunidade, em julho de 2005, foram verificadas as seguintes constatações:

1. O uso de coletores solares não desloca o hábito de banho no horário de ponta do sistema energético nacional. Os dois grupos o fazem com maior frequência em torno das 18 horas. Existe

uma pequena migração na conduta das famílias que venderam os coletores, para o horário da noite, a partir das 22 horas, creditada aos pais.

2. O tempo de banho é maior nas famílias com coletores: entre 10 e 15 minutos, com o tempo sendo controlado em 52% pela mãe. Naquelas que os venderam, o tempo de banho é menor, entre 5 e 10 minutos.

3. É significativa a diferença entre os grupos quanto ao hábito do banho quente no verão. Nas moradias que possuem o coletor é de 50%; nos que o venderam é de 17%. Quanto ao inverno, o comportamento de tomar banho quente *Sempre* e *Quase sempre* é de 95% para os que possuem coletores, e 92% para os que venderam. Devido à margem de erro da amostra, deve ser considerado que pelo menos 85% tomam banho quente.

4. As famílias que não tem coletores aquecem a água para o banho num percentual de 28% e dos que possuem em 22% da amostra. Os dois grupos utilizam GLP ou lenha.

5. O consumo de água é maior nas famílias com coletores, mas não significativo. Pelo menos 57% da comunidade consome entre 10 m³ e 17 m³, independente da variável *número de habitantes por domicílio*. O consumo médio de até 10 m³ é constatado em 42% das famílias, que se valem do incentivo tarifário para conter sua demanda. Acima deste volume a tarifa dobra de valor. Nas famílias sem coletores este percentual é de 50%, porém esta pequena diferença pode estar contida na margem de erro da amostra.

6. A pesquisa constatou que o consumo médio de água abaixo de 10 m³ para as famílias com maior número de membros provoca a restrição severa do seu uso, obrigando-as à medidas de racionalização quanto à lavagem da roupa, das calçadas e cultivo de plantas e hortas. Verificou-se que as famílias com os coletores dispõem do uso da água para os mais diversos fins, em maior frequência do que as que venderam seus sistemas termossolares. Infere-se que o retorno financeiro obtido com a economia de energia elétrica pode estar propiciando maiores gastos também com o consumo de água.

7. O consumo médio mensal de gás nas famílias com coletores é maior: 66% consomem 1 botijão de 13 kg, para 43% dentre as que venderam. O percentual dos que consomem ½ botijão por mês é maior nas que venderam: 43%, para 21% dos que possuem os sistemas termossolares;

8. A posse e uso de eletrodomésticos é maior nas famílias com coletores, em pelo menos 16 equipamentos selecionados. A racionalização do uso de equipamentos com maior consumo de energia, como o ferro elétrico e o tanquinho, é adotada nos dois grupos. O desligamento à noite de freezer e geladeira é adotados por apenas duas famílias. Os refrigeradores estão presentes em 97% das famílias com coletores e 88% das que não possuem. A maioria das geladeiras são modelos antigos, com baixa eficiência energética.

9. A posse e uso de equipamentos eletro-eletrônicos para o lazer dentro da moradia é maior nas famílias com coletores, com exceção do televisor, que está presente em 79% da amostra. Nas famílias que venderam os coletores a presença é de 100%.

10. As condutas para a economia de eletricidade se dão nos dois grupos com a diminuição do uso da iluminação na moradia. A potência média consumida é entre 240W e 300W: 46% para os que tem coletores e de 41% para os que não tem. As lâmpadas econômicas estão presentes em 42% da moradias que não possuem coletores (em maior número as lâmpadas compactas) e em 25% das que possuem (em maior número as lâmpadas fluorescentes);

11. As aspirações e desejo de compra de eletroeletrônicos é notoriamente diferenciada entre os dois grupos pesquisados. Os que possuem os coletores preferem, em primeira escolha, a compra de microcomputadores, seguido de um aparelho de som e DVD. Os que venderam preferem a compra de um televisor, seguido de uma máquina de lavar e do tanquinho;

12. O percentual de economia de energia alcançada pelas famílias com coletores, ao longo dos cinco anos de implantação da tecnologia, foi de 34,6% (2000 a 2005). O consumo médio anual em 2000 foi de 130 kWh/mês. Em 2005 (até julho) foi de 85 kWh/mês. A economia na conta de energia vai de 71% a 56%, conforme a incidência ou de ICMS, ou a participação da família nos programas de gerenciamento de corrente da concessionária local.

14. A avaliação do comportamento quanto à manutenção da nova tecnologia mostrou que 60% das famílias se envolvem nela, ficando em 55% das vezes ao encargo do pai. Quanto à periodicidade de limpeza nas placas solares, pelo menos 57% o fazem num período compreendido entre 7 e 30 dias, 40% responderam que não fazem manutenção e nunca limpam seus equipamentos, o que consubstancia que o sistema não está alcançando a sua máxima potencialidade quanto à eficiência energética. Uma maior conscientização sobre os benefícios de sua manutenção (comparados com as demais famílias) poderia ser feita para que este percentual fosse aumentado.

15. Não foram constatados problemas nos coletores e reservatórios térmicos. Os problemas técnicos constatados em 44% da amostra, constituem-se principalmente em pequenos vazamentos (gotejamentos) e ressecamento das mangueiras de conexão que ficam expostas ao sol. Para 56% das famílias, os problemas ocorridos já foram solucionados.

16. A avaliação do comportamento das famílias com o uso dos sistemas termossolares mostra a plena satisfação com a tecnologia, refletida por 93% dos entrevistados. Pelo menos 96% dos entrevistados tiveram a percepção de que houve economia de energia com a tecnologia. O índice de insatisfação de 7% está relacionado à pouca quantidade de água quente e aos problemas com o sistema termossolar. A pesquisa constatou que a falta de manutenção é o fator responsável pela perda de eficiência do equipamento. A insatisfação, no entanto, não leva os usuários à venda dos seus equipamentos.

Concluindo, é possível afirmar que renda auferida com a economia de energia alcançada pelas famílias que permaneceram com os coletores solares está demonstrada pelo maior uso de equipamentos eletrodomésticos e consumo de água verificados, e conseqüentemente refletido na melhoria da qualidade de vida, comparativamente aos que não possuem os sistemas termossolares. O monitoramento do Grupo de Estudos em Energia GREEN Solar mostrou uma economia de energia de 25,6% para os primeiros 9 meses antes do racionamento de energia, ocorrido entre julho de 2001 e março de 2002 (Pereira et al., 2003d). No entanto, ao longo dos últimos cinco anos (2000 a 2005) a incorporação dos hábitos da racionalização do uso da energia - desligamento da iluminação não necessária, a racionalização do abrir e fechar a geladeira, do

uso semanal do ferro e tanquinho, entre outros - somados à economia proporcionada pelo uso dos sistemas termossolares levaram a comunidade do Projeto Sapucaias a uma economia maior de eletricidade, de 34,6%, em relação ao ano base de 1999.

O ganho de renda é significativo, entre 56% e 71% sobre valor da conta mensal de eletricidade. Isto permite que a família passe a usufruir de maior consumo de energia, deslocando-a para a premência das suas necessidades psicológicas, quer seja pelo maior uso de equipamentos eletroeletrônicos ligados ao lazer, para os que facilitam o preparo e cocção dos alimentos ou a manutenção da higiene da moradia e da família.

O aumento de consumo de água se dá também em relação às outras atividades que envolvem o uso da água, o que demonstra que a economia de energia permite que possa haver uma transferência de gastos para outras necessidades do cotidiano familiar, aumentando o conforto e a qualidade de vida da população. Ao mesmo tempo, constata-se a eficiência térmica na solução tecnológica solar adotada, ou seja, o equipamento termossolar alcança ganhos reais de produção mensal de energia por área coletada, capaz de produzir (a competição com o sistema de energia elétrica de fonte hidráulica) ganhos econômicos com o uso adequado e equilibrado da relação de custo/benefício.

Capítulo 6

Considerações finais

O conhecimento aprofundado de como se processa a disseminação de uma tecnologia, quais os mecanismos usados para seu estímulo e fomento, quais os fatores a determinar as principais dificuldades e barreiras para sua difusão são importantes para determinar qual a estratégia mais adequada. Embora as diferenças significativas de condicionantes econômicos, culturais, sociais, climáticos e tecnológicos dos locais onde se desenvolvem e se implantam as tecnologias, os erros e acertos servem de parâmetros para a reflexão e análise quanto aos cuidados a serem adotados para a elaboração de diretrizes e políticas públicas, inseridas nas diversas realidades geográficas, sociais e políticas nacionais.

As análises realizadas neste estudo permitiram que se chegasse à algumas constatações, que as principais barreiras fossem visualizadas e que os principais fomentos relacionados com a disseminação da tecnologia termossolar na habitação de interesse social fossem apresentados. Os programas que vêm sendo feitos em diversos países para implementar tecnologias que promovam um desenvolvimento com menos emissões fósseis e menos danos ambientais têm encontrado barreiras que podem ser agrupadas como comuns a todos os países estudados. Os fomentos passam a ser o enfrentamento às dificuldades constatadas. Aos contextos adversos são elaboradas estratégias para que possam ser eliminados e alcançados resultados positivos. As barreiras e as estratégias comuns em boa parte dos países são sumariamente apresentadas a seguir, para um melhor entendimento da realidade brasileira, quanto às ações que vem sendo feita para o fomento ao uso de tecnologias solares nas moradias populares.

6.1 As barreiras comuns à disseminação da tecnologia termossolar

Quatro barreiras significativas se apresentam e condicionam as demais: os subsídios anuais mundiais oferecidos para as energias fósseis, de 88,2%, e de apenas 11,8% para as fontes alternativas (Johansson e Goldemberg, 2002); a ausência de visão de futuro da escassez prevista dos recursos energéticos tradicionais (carvão, petróleo, gás, entre outros); a baixa consciência ambiental sobre os benefícios da tecnologia; a ausência de determinação para a opção nos sistemas termossolares. Em função da falta de investimento e visão de futuro as conseqüências continuam se apresentando em série: menos recursos para pesquisa e desenvolvimento; mais vulnerabilidade das novas tecnologias que ainda necessitam alcançar um maior percentual de aprendizado e competitividade tecnológica e econômica; alto investimento inicial e longo tempo das taxas de retorno; altos custos com a instalação dos sistemas; altos custos para fazer campanhas de divulgação da tecnologia termossolar comparada com o aquecimento convencional; a falta de políticas que promovam incentivos fiscais e apoio para a capacitação e estruturação do setor produtivo; falta de investimento para projetos demonstrativos nos quais se testem as tecnologias e sua interação com as comunidades que vão usá-las; baixo desenvolvimento tecnológico; falta de confiança para a opção dos sistemas termossolares; fragilidade da indústria a falta de sustentabilidade dos mercados que não conseguem se consolidar.

6.2 As estratégias comuns mundiais

Os mecanismos utilizados na União Européia para vencer tais barreiras e promover a expansão dos sistemas termossolares se alicerçaram em duas diretrizes fundamentais: o desenvolvimento de um suporte público de financiamentos, regulações e campanhas, e o desenvolvimento da qualidade dos produtos e serviços oferecidos pela indústria. A capacitação e profissionalização dos agentes - indústria, projetistas, divulgadores e instaladores - têm promovido a confiança na tecnologia e o fomento aos mercados. A automação da indústria e a produção em escala têm sido incentivadas para a diminuição dos custos finais da tecnologia, principalmente nos países em que estrategicamente os sistemas de aquecimento de água por sistemas termossolares representam uma diminuição da dependência de combustíveis fósseis (Israel: 85% das moradias, 6,5 milhões de hab; Grécia: 25% das moradias, 11,1 milhões de hab) e nos que ainda estão estruturando seu desenvolvimento

sócio-econômico (China -51 milhões de m²; 1,3 bilhões de hab; Turquia - 8 milhões de m²; 71 milhões de hab). Os aportes de investimentos em pesquisa e desenvolvimento feitos pelo poder público e pelo setor privado têm alavancado a indústria e a rede de agentes.

6.3 O fomento para a capacitação tecnológica da indústria brasileira

A característica do mercado brasileiro é o da concentração nos segmentos residenciais de média e alta renda, com pelo menos 80% dos 3 milhões m² de sistemas termossolares instalados, desde 1982, em moradias e prédios residenciais. Existem 76% das indústrias (50 fabricantes possuem *site* eletrônico) concentradas em São Paulo e Minas Gerais, locais em que historicamente foram desenvolvidos os primeiros coletores e onde se concentram os centros de pesquisa e fortes pólos industriais e comerciais. Financiamentos para a aquisição das tecnologias solares promovem estes mercados, vindo de instituições financeiras públicas e privadas. Os incentivos públicos dados para o fomento à produção industrial são sob forma de isenção de tributos de ICMS e IPI. O Brasil, desse modo, segue adotando os mesmos mecanismos desenvolvidos na União Européia para o fomento ao setor termossolar: o estímulo ao desenvolvimento da qualidade do produto para fortalecer o mercado e a disponibilidade de recursos públicos e privados para financiamento dos equipamentos.

O controle de qualidade e de normalização dos produtos é controlado por programas públicos de eficiência e de desempenho energético, estimulando os fabricantes a buscar etiquetagem e selos de qualidade. Ao aderir aos programas de certificação as indústrias se credenciam a participar de licitações públicas e financiamentos, permitidos somente para as que possuem controle de qualidade de seus produtos. Tal mecanismo já fez com que 24 indústrias fossem etiquetadas. Os programas de capacitação de fabricantes e instaladores, com controle e fornecimento de credenciamento oficial dado pelo órgão regulador (INMETRO), iniciaram recentemente (2005) e tem como objetivo dar credibilidade à tecnologia e confiança ao mercado, garantindo assim ao consumidor que o sistema alcance a eficiência energética e que ele seja um replicador de vendas.

O desenvolvimento tecnológico dos coletores solares e reservatório térmico podem ser analisados pelas eficiências energéticas e desempenhos térmicos dos produtos. Eles são ensaiados em centro de pesquisa (GREEN Solar), criado especialmente para dar apoio ao

desenvolvimento das tecnologias termossolares brasileiras e equipado com tecnologias de última geração para atender à normas de ensaios nacionais e internacionais. Os fabricantes se capacitam, desse modo, a exportar com produtos que possuem certificação internacional.

O coletor típico produzido no Brasil para o aquecimento de água para o banho é do tipo placa plana, com superfície absorvedora em alumínio ou cobre, pintadas de tinta preta e cobertura de vidro. Existem pelo menos 36% dos coletores etiquetados com produção média mensal específica de energia - $P_{me} > 77$ kWh/mês.m² e eficiência energética máxima de até 60,9%. O preço do kWh por m² de coletor varia conforme a tecnologia e eficiência energética e fica entre US\$ 2,90 e US\$ 4,60. A instalação do sistema ainda é uma barreira a ser superada, pois onera em até 44% estes valores.

6.4 A adequação entre tecnologia e usuário de baixa renda

A adequação dos segmentos pobres a uma tecnologia inovadora é constatada com o estudo de caso realizado em Contagem (MG), no Projeto Sapucaias, onde foram instalados 100 coletores solares. Na investigação quanto ao comportamento com uso da nova tecnologia, após cinco anos de implantação (2000-2005), a comunidade respondeu com 93% de satisfação com o aquecimento solar de água, com adequação ao seu uso, embora a constatação da venda de 33% dos equipamentos solares instalados. As causas para o descarte apontaram para fatores que podem ser solucionados, como o desconhecimento da economia de energia a ser obtida com a nova tecnologia e a facilidade com que um dos sistemas termossolares poderia ser desmontado sem envolver alterações internas na moradia. Os demais, como a necessidade de acréscimos à moradia e a necessidade de complementação de renda momentânea para a subsistência familiar também podem ser resolvidos com projetos educativos e de conscientização sobre os ganhos efetivos, de renda e de qualidade de vida, com o uso da água aquecida pela energia solar.

O dimensionamento de placa coletora e reservatório térmico foi adequado para prover água quente de acordo com as exigências requeridas pelas famílias pesquisadas. A eficiência energética da tecnologia (placa plana de 2m²; tubos de cobre, aletas de alumínio e cobertura de vidro; reservatório térmico de inox de 200 litros) foi constatada pela produção mensal de energia do coletor e o desempenho do reservatório, que permitiu ganhos econômicos para as

famílias que interagiram com a tecnologia, zelando pela sua manutenção e usando-a de forma adequada. O comportamento das classes populares quanto ao tempo de banho de cada membro, diferentemente das classes de maior renda, permitiu dimensionar o sistema termossolar para pequenos volumes de água. O ajuste entre eficiência energética, custos da tecnologia e custos de instalação se inserem na maturidade do setor produtivo e da rede de agentes que atuam no setor solar. A melhor relação custo/benefício do sistema termossolar (custo do sistema e produção média mensal de energia) virá com a capacitação profissional, desenvolvimento tecnológico e produção em escala.

Os ganhos com a inserção da tecnologia na comunidade pesquisada são significativos. O percentual de economia no consumo de energia elétrica entre as famílias que permaneceram com os coletores, ao longo dos cinco anos de implantação da tecnologia, é de 34,6% (2000 a 2005). A economia na conta de energia elétrica vai de 56% a 71%. O ganho é maior quanto menor for o consumo de energia elétrica das famílias, o que as credencia a participar dos programas de transferência de renda do governo federal, recebendo descontos escalonados na tarifa de energia elétrica de 2,99% a 65,97%. Conforme as políticas de incentivo de baixo consumo realizado pelas concessionárias, de redução ou isenção de ICMS sobre a tarifa, ou da inserção das famílias nos seus programas de gerenciamento de corrente (descontos na tarifa para o uso de chuveiros de baixa potência fora do horário de ponta) os ganhos alcançam valores significativos no orçamento mensal familiar.

A renda auferida com a economia de energia alcançada pelas famílias que permaneceram com os sistemas termossolares está demonstrada pelo maior uso de equipamentos eletrodomésticos e consumo de água. O ganho real da comunidade é maior do que os 34,6% de economia constatada na conta de energia elétrica. A transferência de renda se dá de forma que permita que a família passe a usufruir um maior consumo de energia elétrica, deslocando-a para o uso de equipamentos eletroeletrônicos ligados ao lazer, ou para os que facilitam o preparo e cocção dos alimentos, manutenção da higiene da moradia, da família e uso de equipamentos educativos e de comunicação digital (computador).

6.5 As barreiras para a inserção da tecnologia nas classes populares

A barreira principal constatada para o fomento à inserção de sistemas termossolares para as classes populares brasileiras é a ausência de um planejamento energético destinado

exclusivamente a estes segmentos sociais. Os programas solares previstos na década de 1980 (*Pro-solar*) e detalhados com metas e diretrizes na década de 1990 (*Declaração de Belo Horizonte e Declaração de Brasília*) não foram incorporados no planejamento energético estratégico das fontes alternativas de energia (renováveis), cuja lei (Proinfa) foi recentemente implementada (2004). Nessa lei foi prevista a participação de 10% de energia de fontes alternativas na matriz energética nacional para os próximos vinte anos. Apesar do envolvimento ativo dos diversos agentes do setor solar os sistemas termossolares não foram considerados como equipamentos geradores de energia elétrica, mas como equipamentos que promovem eficiência energética. As diretrizes e programas traçados para o fomento ao uso de coletores solares, em grande escala nos segmentos de baixa renda, ao longo das duas últimas décadas (1987-2006) têm sofrido solução de continuidade. Ao não participarem de soluções de maior abrangência política, constantes em planos de longo prazo e integradas ao planejamento estratégico energético do país ficam sujeitas ao contexto transitório dos sucessivos governos.

Os sistemas termossolares, no entanto, desde 2001 estão incorporados nas políticas públicas de eficiência energética. Embora haja linha de crédito no sistema financeiro público e privado para a aquisição de coletores solares como estímulo à conservação de energia, existe pouca promoção e divulgação por parte dos diversos agentes envolvidos. Os setores populares, com renda familiar de até 2 salários mínimos, têm outras prioridades para investimentos, como melhorias construtivas na habitação. Alia-se a isto o desconhecimento, por parte dos usuários e da sociedade em geral, sobre os ganhos reais de renda que representa a substituição da eletricidade pelos coletores solares para o aquecimento da água.

As ações de inserção de coletores nas moradias populares são pontuais e se referem à projetos pilotos que vêm sendo realizados pelas concessionárias de energia elétrica, fabricantes, companhias de habitação e governo federal. A doação dos sistemas para famílias de baixa renda está incluída nas obrigações de destinação de recursos para ações em eficiência energética. O novo critério instituído recentemente pelo órgão regulador (ANEEL em 15 de dezembro de 2005) para a aplicação de 50% desses recursos nas comunidades de baixa renda vislumbra a possibilidade de que uma parcela seja usada com coletores solares, embora isso não esteja explicitado na Lei, e não faça parte de uma política pública inserida num contexto de maior abrangência dos demais ministérios brasileiros.

As tecnologias eficientes estão disponíveis e devem ser usadas para que se alcance o máximo de ganhos econômicos. Os custos e preços finais podem ser ainda diminuídos com a produção em escala ou automação industrial, como tem acontecido em países onde existe uma determinação e planos estratégicos de mudar a matriz energética, substituindo o uso da eletricidade para aquecimento da água para fontes solares ou eólicas. O planejamento energético para os setores populares deve envolver os diversos agentes estatais que atuam nas áreas sociais (Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome), da habitação (Ministério das Cidades, Caixa Econômica Federal, entre outros), da educação (Ministério da Educação), meio ambiente (Ministério do Meio Ambiente), do desenvolvimento tecnológico e pesquisa (Ministério de Ciência e Tecnologia), da energia (Ministério de Minas e Energia) com os demais, como o setor produtivo.

Os programas de inserção de coletores solares na habitação popular deve estar em consonância com todos os agentes que promovem a construção habitacional (Ministérios das Cidades, Ministério de Ciência e Tecnologia, Caixa Econômica Federal –CEF, entre outros) para que os condicionantes técnicos relativos à tecnologia, como o posicionamento do equipamento em relação à incidência solar, participem do planejamento urbano e arquitetônico, inserindo-se aos demais aspectos e soluções da arquitetura bioclimática.

As políticas públicas precisam considerar que existem 27,6% da população brasileira ganhando até 2 salários mínimos e que os programas necessitam ser elaborados numa perspectiva de longo prazo para que todas as estruturas se capacitem, ajustando a oferta e a demanda de modo a abranger o maior número de famílias. O fomento a uma tecnologia supõe que o setor industrial esteja em consonância com o planejamento proposto, para suportar o atendimento à demanda e se estruturar conjuntamente com os demais agentes econômicos.

O planejamento energético alicerçado em estudos técnicos, com metodologias que utilizam a combinação de possíveis e prováveis variáveis a interferir na trajetória das diversas estruturas sociais, econômicas, financeiras, ambientais e energéticas, entre outras, permite que possa ser definida a melhor intervenção, com menor custo, menor dano ambiental, melhor estratégia energética e maiores benefícios sociais. Estes instrumentos auxiliam as decisões políticas para a definição de modelos de desenvolvimento que a sociedade sinaliza, e que são implementadas pelos governantes escolhidos.

Com a recente criação de órgão de estudos e projetos (Empresa de Pesquisas Energéticas-EPE) para subsidiar a formulação, o planejamento e a implementação de ações do Ministério de Minas e Energia – MME - a conservação de energia e eficiência energética estarão sendo integradas no conjunto de planos e metas elaborados para todos os suprimentos energéticos que compõem a atual matriz energética brasileira. O setor produtivo também está contemplado nas atribuições do novo órgão, para que se implementem ações para a modernização e capacitação da indústria nacional. As políticas públicas para a inserção de coletores solares para os setores pobres brasileiros devem ser formuladas e estruturadas em consonância com a política energética nacional, na qual os planos e metas para a implementação dos suprimentos energéticos abrangem uma visão sistêmica da cadeia de fontes de energias e da sua interdependência econômica.

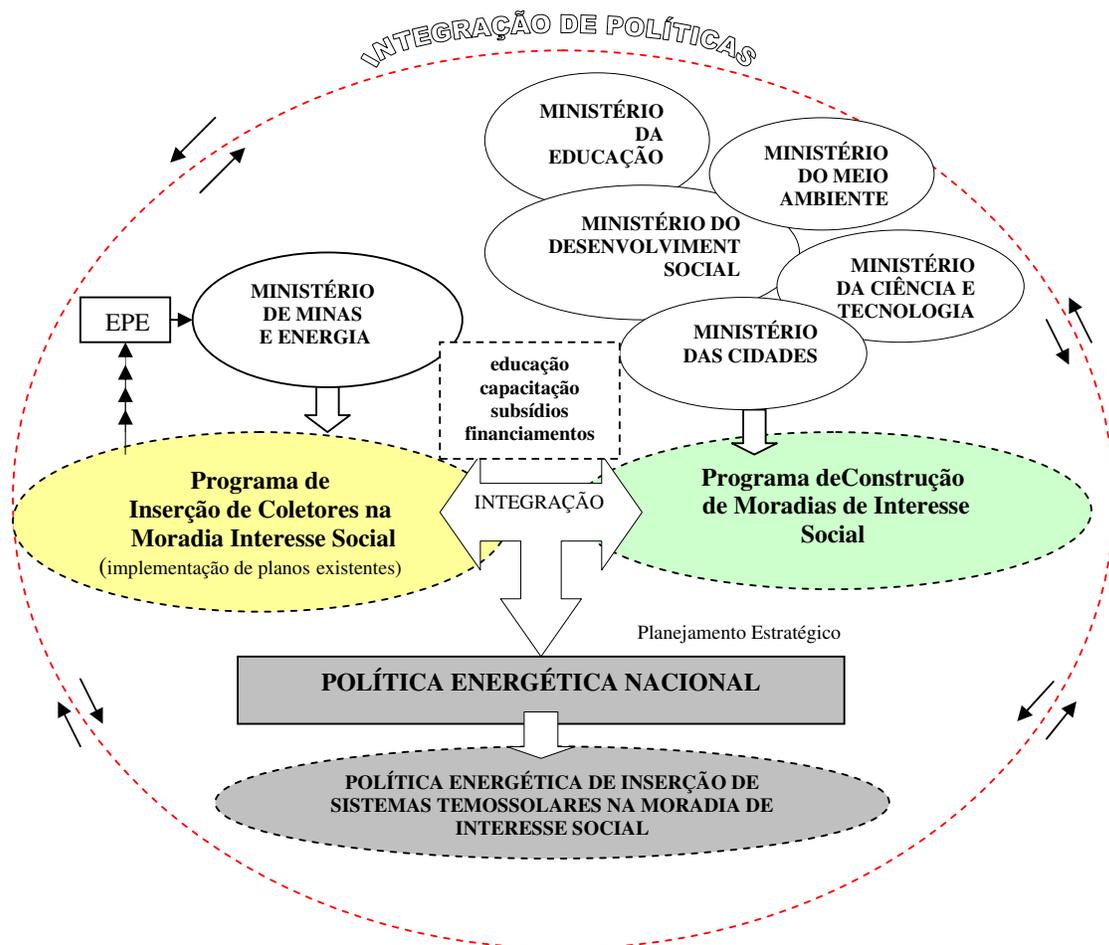


Figura 6.1 Diagrama dos agentes para o estabelecimento de política energética e difusão do aquecimento solar de água na habitação popular brasileira. Elaborado pela Autora.

6.6 Ações de fomento a serem estimuladas

Programas de transferência ou aumento de renda podem ser estudados para que a economia em energia elétrica com o uso de sistemas termossolares possam se constituir em um investimento que o usuário faz, mas com vantagens de juros mais adequados à sua renda mensal. A relação de custo e benefício estudada por Pereira et al. (2005) para que os sistemas termossolares de moradias unifamiliares - dimensionados adequadamente para famílias de baixa renda - pudessem ser incorporados nos financiamentos da construção de novas habitações populares, mostra a possibilidade do retorno econômico para os usuários em prazos de tempo condicionados ao estabelecimento de juros adequados.

O fomento à inserção de coletores pode ser estimulado considerando ações simultâneas como:

i. Subsídio de sistemas termossolares, através de projetos demonstrativos e de pesquisa (com monitoramento), disseminados por todo o Brasil e suas diversas regiões bioclimáticas e solarimétricas, com o propósito de avaliar a interação entre tecnologia, condicionantes culturais, economia de energia elétrica e impactos (benefícios) no orçamento doméstico familiar. As pesquisas envolveriam as diversas situações de habitações unifamiliares e coletivas, com as adequações técnicas necessárias para a distribuição e leitura de consumo da água aquecida;

ii. Financiamento dos sistemas termossolares junto com os programas habitacionais para a construção de moradias de interesse social. A integração entre planos de disseminação do uso de coletores e da construção de moradias em larga escala dá oportunidade ao planejamento arquitetônico da moradia em função dos condicionantes culturais, ambientais, econômicos e técnicos da tecnologia, quanto à posição, direção, inclinação, instalação, operação e manutenção do sistema. Simultaneamente, devem ser inseridos projetos educacionais de uso racional da energia e de operação e manutenção da tecnologia;

iii- Financiamento dos sistemas termossolares através do sistema financeiro estatal, com juros adequados, para a moradia que já está construída. Este programa deverá ser disseminado com um caráter também educativo e informativo quanto à economia de energia elétrica obtida com a substituição do chuveiro elétrico e os benefícios associados a isso, para que o morador seja categórico em sua determinação de outras formas para solucionar a sua contingência de renda.

6.6.1 Critérios a serem considerados

O uso de sistemas termossolares na moradia dos segmentos populares brasileiros pode integrar-se aos estudos prospectivos do planejamento energético brasileiro, considerando a interação entre critérios técnicos, econômicos, sociais, ambientais e educacionais, afim de que a tecnologia seja efetivamente disponível e os ganhos de renda e qualidade de vida decorrentes dela sejam incorporados à esta parcela da população. A seguir são listados os critérios a serem considerados.

6.6.1.1 Econômicos

- a. O fomento à instalação de coletores acoplados em grande escala ativa as demais estruturas econômicas de fornecimento de matérias-primas, de produção, instalação e comercialização, com geração de novos postos de trabalho, além do desenvolvimento tecnológico que a competição pela diminuição de custo estimulará;
- b. A redução do uso da eletricidade (em 34,5% conforme Estudo de Caso) para o aquecimento de água com a substituição por sistemas termossolares;
- c. A substituição do consumo evitado para outros usos finais como a iluminação, uso de eletrodomésticos e equipamentos, lazer e educacionais (computador).

6.6.1.2 Técnicos e Ambientais

- a. A redução da demanda no horário de pico do sistema energético. A economia de energia prevista com a inserção de 14 milhões de famílias para integrar os programas de transferência de renda do governo federal (Programa Bolsa - Família -Cadastro Único);
- b. O uso de equipamento que faz aquecimento de água através do aproveitamento da energia solar e que produz menor dano ambiental;
- c. O incremento da eletricidade por geração de energia hídrica para usos finais mais vantajosos para a economia do país (embora a participação da eletricidade pela energia

hidráulica seja de 75,5%, a oferta de energia primária por fontes hídricas na matriz energética brasileira é de 14,5%).

6.6.1.3 Sociais e Educacionais

a. A transferência direta de renda, auferidos pelos ganhos mensais de economia de energia elétrica (de 71% a 56% na conta de energia elétrica).

b. A conscientização e educação para a preservação ambiental e uso racional dos energéticos. A tecnologia (sistemas termossolares) implementada dentro de uma perspectiva educacional de disseminação de conhecimentos sobre a energia solar; redução de consumo de energia; ganhos ambientais de uso fontes que geram menor impacto ambiental; a economia no orçamento mensal familiar; o aumento de qualidade de vida com o uso de outros eletrodomésticos que facilitam o trabalho doméstico; e, sobretudo, sob o enfoque da importância da formação de comportamentos incorporados em hábitos do uso racional dos demais energéticos – gás, água, lenha, combustíveis, eletricidade, telefonia. Todos se somam para sensibilizar a comunidade para sua realidade local, regional e global e a busca por mudanças almejadas.

Concluindo, pode-se afirmar que: a indústria nacional do setor termossolar se encontra num processo de amadurecimento tecnológico constatado pelos resultados obtidos com a economia de energia elétrica e a fácil operação da tecnologia para o aquecimento solar de água; os segmentos sociais de baixa renda se adequam aos condicionantes de sistemas termossolares dimensionados para pequenos volumes de água; e os benefícios obtidos incrementam a sua qualidade de vida. Visto que os sucessivos planos elaborados para o fomento e disseminação de uso de coletores nos segmentos sociais de baixa renda no Brasil sofreram solução de continuidade com as mudanças de governo, os planos futuros devem estar contidos nas políticas de planejamento estratégico energético e desenvolvimento nacional.

6.7 Estudos propostos a serem desenvolvidos

Propõe-se os seguintes estudos para complementar o trabalho apresentado:

- a. O conteúdo energético das tecnologias termossolares destinadas ao segmento residencial de baixa renda no Brasil e seu impacto no aumento de consumo de energia com a produção em escala.
- b. A automação e a geração de emprego na indústria termossolar com o fomento de uso de tecnologias termossolares no segmento residencial de baixa renda no Brasil.
- c. A relação entre a disseminação de tecnologias termossolares com a dependência de combustíveis fósseis nos países produtores e importadores.
- d. O perfil da indústria termossolar brasileira: tecnologia, produção, empregos, e mercados.
- e. Os impactos ambientais com o fomento de uso dos sistemas termossolares de placa plana em grande escala no segmento residencial de baixa renda no Brasil.
- f. Tecnologia termossolar para as habitações de interesse social: as condições climáticas, os condicionantes culturais, a economia de energia e o orçamento familiar.

Referências

- ABRAVA (2001). Associação Brasileira de Ar Condicionado, Ventilação, Refrigeração e Aquecimento. *Informativo Solarnews*, ano V, nº 10, jul 2001. www.portalabrava.com.br/news/revista/ler.asp?varLer=220_05&tit=aquecimento&ed
- _____.(2003). *Mercado residencial em foco*. In: Revista ABRAVA nº 209, ano27, dez 2003.
- _____.(2004). *Simulador solar dá novo impulso ao mercado*. Revista Abrava, ano 28, edição 220, dez 2004. Disponível em: www.abrava.com.br.
- _____.(2005a). *Os números do aquecimento solar no Brasil e no Mundo*. In. Revista Solbrasil nº1, Abrava, maio 2005. Disponível na Internet: www.abrava.com.br. Acesso: mai 2005.
- _____.(2005b). *Solbrasil: A Revista do Aquecimento Solar*. 2005. Ano 1, nº 01. Disponível na Internet: www.abrava.com.br. Acesso: mai 2005.
- _____.(2005c). *Solbrasil: A Revista do Aquecimento Solar*. 2005. Ano 1, nº 04. Disponível na Internet: www.abrava.com.br. Acesso: nov 2005.
- _____.(2005d). *Programa de qualidade de fornecedores de sistemas de aquecimento solar – Manual Geral – abril 2005*. Disponível em: www.dasolabrava.org.br/qualisolbrasil. Acesso: dez 2006.
- _____.(2006). *Solbrasil: A Revista do Aquecimento Solar*. 2006. Ano 2, nº 06. Disponível em: www.abrava.com.br. Acesso: mai 2006.
- ABREU, S. L., SKIAVINE, A. e COLLE, S. *Working characteriscs of a compact solar hot water system with pipes during startup andgeyser boiling periods*. Disponível em: www.labsolar.ufsc.br/publicacoes/em_eventos/2003/ISES%202003/P3%2010.pdf Acesso: jun 2005.
- ABREU, Y. V. (1999). *A reestruturação do setor elétrico brasileiro: questões e perspectiva*. Dissertação (Mestrado), Programa de Interunidades de Pós Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. 184 p.

- ACHÃO, C. C. L. e SCHAEFER, R. (2004). *Energia e classes de renda no Brasil: um retrato do consumo no setor residencial*. In: X Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ-SBPE-CE. 2004. p. 24032417.
- ANEEL (1999). Agência Nacional de Energia Elétrica. *Nota Técnica 021/1999 – SRC/ANEEL, 01/09/99*. Disponível em: www.aneel.org.br. Acesso: dez 2005.
- _____. (2005a). Resolução nº 242-27/07/1998. *Dispõe sobre as áreas de aplicação dos recursos pelas concessionárias*. Disponível em: www.aneel.gov.br/cedoc/res1998242.pdf acesso: jan 2005.
- _____. (2005b) *Manual do Programa de Eficiência Energética – MPEE*. Disponível em: www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/MANUAL_ELABORACAO_DO_PEE_CICLO_2005-2006_REV_DEZ_2005.pdf Acesso: dez 2005.
- _____. (2005c). *Estabelecimento de critérios para elaboração dos Programas de Eficiência Energética, ciclo 2005/2006*. Disponível em: www.aneel.org.br. Acesso: dez 2005.
- _____. (2005d) *Nota Técnica nº 063/2005 – SRC/ANEEL, 20 julho de 2005*. Disponível em: www.aneel.org.br. Acesso: dez 2005.
- _____. (2005e). *Estabelece critérios para aplicação de recursos em Programas de Eficiência Energética*. Resolução Normativa nº 176, de 28 de novembro de 2005. Publicado no D. O. de 15 dez 2005, seção 1, p. 69, v. 142, n.240. Disponível em: www.aneel.org.br. Acesso: dez 2005.
- _____. (2005f). *Manual do Programa de Eficiência Energética- MPEE ciclo 2005/2006*. Disponível em: www.aneel.org.br. Acesso: dez 2005.
- ANDRADE, T. A. & LOBÃO, W. J. A. (1998). *Elasticidade , renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil- texto para discussão nº 489*. Rio de Janeiro: IPEA, 1997. 20 p.
- ASSUMPCÃO, M. G. (2003). *Implementação da Lei de Eficiência Energética (Org): Comitê Gestor de Indicadores de Níveis de Eficiência Energética – CGIEE. Relatório de atividade: maio a dez 2002*. Brasília: MME/SE/DNDE/CGEE. 88 p. Disponível em: www.mme.gov.br. Acesso: mai 2003.
- BABTISTA FILHO, B. D. (1981). Considerações sobre a eficiência de coletores planos de energia solar. Anais: *Anais do II Simpósio sobre Energia Solar*. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia/Academia de Ciência do Estado de São Paulo/Aciesp São Paulo: Aciesp nº 28,1981. p 132-143.

- BAJAY, S. V. (2004). *Políticas energéticas, Planejamento e Regulação no Setor Elétrico*. MME-DNPE-SEN. Aula ministrada no Planejamento de Sistemas Energéticos da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Maio 2004.
- BERMANN, C. *Energia no Brasil: para que? Para quem?. Crise e Alternativas para um desenvolvimento sustentável*. 2ª Edição, Editora Livraria da Física. 2002
- _____. & MARTINS, O. S. *Sustentabilidade Energética no Brasil: limites e possibilidades para uma estratégia energética sustentável e democrática*. Rio de Janeiro: FASE, 2000, Cadernos Temáticos, nº 1. 151 p.
- BORGES, T. P. F. (2000). *Síntese Otimizada de Sistemas de Aquecimento Solar de Água*. Campinas: FEM, UNICAMP, 2000. Tese (doutorado), Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2000. 128 p.
- BRASIL (1997). Lei nº 9.478, de 1997. *Criação do Conselho Nacional de Política Energética – CNPE*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília.
- _____. (2000). Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000. *Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências*. Diário Oficial, Brasília.
- _____. (2001a). Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. *Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências*. Diário Oficial, Brasília.
- _____. (2001b). Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001. *Regulamenta a Lei nº 10.295 de 17 de outubro de 2001 que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências*. Diário Oficial, Brasília.
- _____. (2002). Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. *Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia...* Diário Oficial, Brasília, v.139, n. 81, p.1, 7 abr. 2002. Seção 1.
- _____. (2004). Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004. *Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE e dá outras providências*. Diário Oficial, Brasília.
- CARVALHO, J. F. A indústria nacional e o programa energético brasileiro. In: *Economia & Tecnologia da Energia*. Rio de Janeiro: Marco Zero-FINEP, 1985. p.573-588.
- CDHU (2005). Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano. *Os programas da CDHU com o aquecimento solar de água para comunidades de baixa renda*. Relato pessoal. São Paulo, dez 2005.

- CELESC (2004). Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. Disponível em: www.celesc.com.br Acesso jun 2005.
- CEMIG (1983). Companhia Energética de Minas Gerais. *Energia Solar para Aquecimento de Água – Sistema Simplificado de Fácil Construção*. Belo Horizonte: CEMIG, out 1993. 21 p
- _____. (2005). *Os programas de aquecimento solar de água na Cemig*. Comunicação pessoal. Belo Horizonte, nov 2005.
- CHINAGOV (2005). China Radio Internacional. *Economia. Ciência e Tecnologia*. Disponível em: <http://po.chinabroadcast.cn> Acesso: dez 2005.
- COHAB-MG (2004). Companhia Habitacional de Minas Gerais. Código de obras e diretivas de desempenho energético de edificações: a experiência da COHAB-MG com aquecimento solar de água com comunidades de baixa renda. In: *Workshop em Estratégias para a Energia Termossolar no Brasil, 2004*, SP. Vitae Civillis-DaSol/ABRAVA. 20 set 2004.
- _____. (2005). Disponível em: www.cemig.org.br Acesso: jul 2005.
- COLLE, S. & PEREIRA, E. B.(1999). Atlas de Irradiação Solar do Brasil – 1º Versão para irradiação global derivada de satélite e validade na superfície. In: *Fontes Não-convencional de Energia: As tecnologias Solar, Eólica e de Biomassa*. 2º ed. Florianópolis: Ed da UFSC, 1999. p 70-113.
- CPFL (1989). Companhia Paulista de Força e Luz. *Relatório interno: Aquecedor solar da mineração Jundu*.Campinas: abr1989. 20 p.
- _____.UNICAMP (1994) Universidade Estadual de Campinas. *Desenvolvimento de tecnologia de pré-aquecedor solar de água para chuveiros elétricos de potência reduzida: Etapa I - experiência de laboratório*. Campinas, nov 1994. 34 p.
- CRESESB (1994). Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. *Declaração de Belo Horizonte: Encontro para Definição de Diretrizes para o Desenvolvimento de Energias Solar e Eólica no Brasil*. Disponível na Internet: <http://www.cresesb.cepel.br>. Acesso: jan 2003.
- _____.(1995). *Declaração de Brasília: Diretrizes e Plano de ação para o Desenvolvimento das Energias Renováveis Solar, Eólica e de Biomassa do Brasil*. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br>. Acesso: jan 2003.
- _____.PIER (2000). *Projeto de Lei nº 27, 1996 Cria o Programa de Incentivos a Energias Renováveis – PIER e dá outras providências*. Disponível em: <file:///C:/CRESESB-1999/Homepage2000/Legistalacao/PLS27-96.htm>. Acesso: mar 2003.

- _____.(2001). Disponível na Internet. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/faq-olar.htm#p1>
Acesso: dez 2001.
- _____.(2005). *Potencial Solar e Eólico: SUNDATA*. Disponível em:
www.cresesb.cepel.br/abertura.htm. Acesso: mar 2005
- CRUZ, A.O. (1998). *Avaliação Pós-Ocupação dos espaços gerados em habitações autoconstruídas: o caso da Favela Nossa Senhora Aparecida em São Miguel Paulista, São Paulo*. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. 210 p.
- DUFFIE, J. A., BECKMAN, W. A. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes*. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, 1991. 919 p.
- EIA (2005a). Energy Information Administration. Official Energy Statistic from the U.S. Government. *Internacional Energy Outlook 2005*. Disponível em:
www.eia.doe.gov/oiaf/ieo.html Acesso: jun 2005.
- _____. (2005b). *Annual Energy Outlook 2006 with Projections do 2030 (Early Release) Overview. Dez 2005*. Disponível em: www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/key.html Acesso: jan 2006.
- _____. (2005c). *Solar thermal and Photovoltaic Collector Manufacturing Activities 2004. Nov 2005*. Disponível em:www.eia.doe.gov/cneaf/solar.renewables/page/solarreport. Acesso: dez 2005.
- _____. (2005d). *Country Analysis Brief China. 2 ago 2005*. Disponível em:
<http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/china.html>. Acesso: nov 2005.
- ENNES, S. A., OLIVEIRA, M.A. R., FERREIRA, M. J. G. e PIRES, P. B. (1985). *Potencial para Utilização da energia solar no Estado de São Paulo.Relatório à Agência para Aplicação de Energia*. São Paulo, 1985. 166 p.
- EREC (2004). European Renewable Energy Council. Disponível em: www.erec-renewable.org.
Acesso: mai 2004.
- ESTIF (2003). European Solar Thermal Industry Federation. *Sun in Action II – A Solar Thermal Strategy for Europe*. Editores:Brechlin, Pilgaard & Piria, v. I e v. II, 90p. 2003. Disponível em: www.estif.org. Acesso: julh 2003.
- EUROSTAT. (2004). European Comission. *European Communities, 2004-Portrait of the European Union*. Disponível em: <http://www.europa.eu.int/comm/eurostat/> Acesso: jan 2005.

- FAIMAN, D. (2002). *Solar Energy in Israel*. 26 Nov 2002 Ben-Gurion National Solar Energy Center Disponível em: <http://www.mfa.gov.il/MFA/Facts%20About%20Israel/Science%20-%20Technology/Solar%20Energy%20in%20Israel> Acesso: dez 2005
- FANTINELLI, J. T. (2002) *Tecnologia solar de interesse social e baixo custo para aquecimento de água na moradia*. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2002. 179 p.
- _____.GABRIEL, N.(2003). *Avaliação Pós-Ocupação da Habitação de Interesse Social por Autoconstrução – Vila Nova Progresso, Santo André, SP*. São Paulo, 2002. Monografia, Programa de Pós-graduação: Avaliação Pós-ocupação do Ambiente Construído – AUT5805-5, Departamento de Tecnologia da Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. 61 p.
- _____.(2004). *A adaptação da moradia popular: do projeto à execução autogerida*. In: Anais NUTAU'2004 Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano. USP-FAU-DTA-NUTAU. Edit. Geraldo Gomes Serra, São Paulo, outubro de 2004.
- _____.PEREIRA, J. T.V. (2004a). O consumo de eletricidade e o planejamento energético com tecnologia solar para a população de baixa renda. In: *X Congresso Brasileiro de Energia, 2004, Rio de Janeiro*. X Congresso Brasileiro de Energia - A Universalização do Acesso à Energia. Rio de Janeiro: COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.
- _____.PEREIRA, J.T.V. (2004b). O planejamento energético com tecnologia solar para as populações de baixa renda. *Revista Ciência e Tecnologia*, Centro Universitário Salesiano de São Paulo – UNISAL, Campinas, ano VII, nº 11, 75-84, dez 2004.
- FERRAZ, E. S. B. (1981). Pesquisas com Radiação Solar na ESALQ. Anais: *Anais do II Simpósio sobre Energia Solar*. São Paulo: Aciesp nº 28, 1981. p. 171-179.
- FIPE-ANEEL (2000). Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas. *Metodologia para definição de domicílios de baixa renda. Relatório Final: Regiões Metropolitanas e Regiões Urbanas não-Metropolitanas*. São Paulo, Maio 2000. 114 p.
- FOLLEDO, M. (2000) *Raciocínio Sistêmico: Uma boa forma de pensar o meio ambiente*. Ambiente e Sociedade, Campinas, Ano III, nº 6-7, p105-144, 1º sem e 2º sem 2000.
- FRAIDENRACH, N. (2002). Tecnologia solar no Brasil: os próximos 20 anos. In: *Sustentabilidade na geração e uso de energia no Brasil: os próximos vinte anos*, 2002, Campinas. Anais. Campinas: Academia Brasileira de Ciências-Unicamp, 2002. Cd-room.
- GELLER, H. S. (2003) *Revolução Energética: Políticas para um futuro sustentável*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2003. 299 p.

- GREEN SOLAR (1999). Centro Brasileiro para o Desenvolvimento da Energia Térmica – GREEN Solar. *Criação e Objetivos*. Disponível em: file:///C:/paginas/My Intranet/www.green.pucmg.br/Corpo Principal.htm Acesso: mar 1999.
- _____.(2002a). *Coberturas transparentes de coletores solares. Bancadas de ensaios: vidros e coberturas*. Disponível em: <http://www.green.pucminas.br/textos/texto-vidros.htm> jun 2002.
- _____.(2002b). Programa Brasileiro de Etiquetagem: Glossário. Disponível em: http://www.green.pucminas.br/modules/Programa_Brasileiro_de_Etiquetagem/Formularios_SolarPlano/glossario.doc. Acesso: jul 2005.
- _____.(2005a). Instalações solar em casas de baixa renda em Contagem - MG. Disponível em: www.green.pucmg.br. Acesso: jul 2005.
- _____.(2005b). Consumo de energia elétrica no Projeto Sapucaias. Relatório interno, julh 2005.
- GTZ-EMATER/MG-CEMIG (2002). *Catálogo de Fabricantes, Revendedores, Consultores e Pesquisadores de Energias Renováveis – 2002*. GTZ/EMATER-MG/CEMIG, 2002. 88 p.
- GUERRA, S. M. e FANTINELLI, J. T.(2001). *A Aproximação entre Tecnologia e Economia: os Emergentes Papéis da Energia*. In: Revista de Estudos Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Administração, Economia e Ciência Contábeis, Editora Universitária da UFMT, Cuiabá, Ano 03, nº 05, 2001. p.33-59.
- GUIMARÃES, S. P. (1998). *Desafios e dilemas dos grandes países periféricos: Brasil e Índia*. Revista Brasileira de Política Internacional. n. 41, p 108-131. 1998.
- HÉMERY, J. C., DEBEIR, J.P & DELÉAGE J.P.(1993). *Uma História da Energia*. Brasília: Editora da Universidade de Brasília/DF, 1993. 448 p.
- HEPBASLI, A., ULGEN, R. (2004). *Solar Energy Applications in Turkey*. Taylor & Francis Group, v. 26. nº 6, p 551-561, mai 2004. Disponível em: www.sciencedirect.com. Acesso: ago 2005.
- IEA (2004). International Energy Agency. *World Energy Outlook 2004: Executive Summary*. P.29-37. Disponível em: www.iea.org/textbase/npsum/WEO2004SUM.pdf. Acesso: nov 2005.
- _____. (2005). *World Energy Outlook 2005: Executive Summary*. P. 43-51. Disponível em: <http://www.iea.org/textbase/npsum/WEO2005SUM.pdf> Acesso jan 2006.
- IBGE-POF (2003a). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2002-2003. *Número de famílias e Tamanho médio da família – 2003*. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/orcfam/default.asp?t=3&z=t&o=19&u1=1&u2=1&u3=&u4=1&u5=1> Acesso: jan 2005.

- ____.POF (2003b). *Avaliação do grau de dificuldade para chegar ao fim do mês com o rendimento monetário familiar*. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/orcfam/default.asp?t=3&z=t&o=19&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1> Acesso: jan 2005.
- ____.PNAD (2004). Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios – PNAD. *PNAD 2004: ocupação cresceu e rendimento ficou estável. Atualizado em 25/11/2005*. Disponível em: http://www1.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=487&id_pagina=1 Acesso: dez 2005.
- ____.(2005a). *PIB apresenta variação de 0,3% no primeiro trimestre de 2005 em relação ao trimestre anterior*. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=373&id_pagina=1 Acesso: dez 2005.
- ____.(2005b). *PIB dos municípios revela concentração e desigualdades na geração de renda*. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=354&id_pagina=1. Acesso: set 2005.
- ____.(2006a). *Estimativa de habitantes*. Disponível em: http://www1.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=487&id_pagina=1 Acesso: fev 2006.
- INMETRO (2004). Programa Brasileiro de Etiquetagem. *Regulamento Para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia –RESP/006SOL - Sistemas e Equipamentos para Aquecimento Solar de Água-INMETRO*. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe> Acesso: abr 2004.
- ____.(2005a). Programa Brasileiro de Etiquetagem. *Regulamento Para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - Sistemas e Equipamentos para Aquecimento Solar de Água*. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/PBE12_Ed02_05.pdf Acesso: mar 2005.
- ____.(2005b). Programa Brasileiro de Etiquetagem. *Sistemas e Equipamentos para Aquecimento solar de água-Edição 02/05 - Coletores Planos*. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/PBE12_Ed02_05.pdf Acesso: mar 2005.
- ____.(2005c). Programa Brasileiro de Etiquetagem. *Sistemas e Equipamentos para Aquecimento solar de água-Edição 02/05 - Reservatórios Térmicos*. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/PBE12_Ed02_05.pdf Acesso: mar 2005.
- JANNUZZI, G. M. ; SANTOS, V. F. ; MADUREIRA, R. G.; UGAYA, C. M. L.; SALCEDO, M. V. Y. (1995). *Programas de administração da demanda para o setor residencial brasileiro: oportunidades, custos e barreiras*. In: XIII SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, 1995, Florianópolis. XIII SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, 1995.

- JAKOBSEN, K. (2000). A dimensão do trabalho informal na América Latina e no Brasil. In: Jakobsen, K., Martins, R., Dombrowski, O.(org). *Mapa do Trabalho Informal: Perfil sócio econômico dos trabalhadores informais na cidade de São Paulo*. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, Central Única dos Trabalhadores, 2000. 1º ed. p.13-18.
- JOHANSSON, J. B. e GOLDEMBERG, J. (2002). Energy as an Instrument for Socio-Economic Development. In: *Energy for Sustainable Development: A Policy Agenda*. UNDP, 2002. p 25- 40. Disponível em: <http://www.undp.org> Acesso: jun 2003.
- KAYGUSUZ, K. (2002) *Environmental impacts of energy utilisation and renewable energy policies in Turkey*. Elsevir Science, v. 30, p 689-698, jun 2002. Disponível em: www.sciencedirect.com. Acesso: ago 2005.
- LEITE, A.D. (1997). *A Energia do Brasil*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 528 p.
- LIGHT (2005). *Projeto de instalação de aquecimento solar em comunidade de baixo poder aquisitivo – Ciclo Aneel 2003/2004*. Disponível em: www.light.com.br Acesso: jun 2005.
- LIMA, W. (1981). O Desenvolvimento Tecnológico dos Coletores de Energia Solar. Anais: *Anais do II Simpósio sobre Energia Solar*. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia/Academia de Ciência do Estado de São Paulo/Aciesp nº 28,1981. p15- 20.
- MASCARENHAS, S. (1981). Conclusões do II Simpósio sobre Energia Solar. Anais:*Anais do II Simpósio sobre Energia Solar*. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciencia e Tecnologia/Academia de Ciência do Estado de São Paulo/Aciesp São Paulo: Aciesp nº 28,1981. p 331-336.
- MAGNOLI, G. C. (2002) *MIT self sufficient builddings: solars panels, PVs and renawable energies for sustainable architecture*. Disponível em: <http://architecture.mit.edu/~carlo/carlostable.htm> Acesso: fev 2002.
- MCT (2004a). Ministério de Ciência e Tecnologia. *Projeto de Lei cria Programa de Fomento às energias renováveis*. Gestão C&T nº 310. 7nov 2004. Disponível em: agenciact.mct.gov.br/index.php?action=/content/view&cod_objeto=14149 - 27k - Resultado Adicional. Acesso: jul 2005.
- _____.(2004b). *Indicada energia do sol em projetos de moradia popular* . Agencia C&T. 30 jul 2004. Disponível em: http://agenciact.mct.gov.br/index.php?action=/content/view&cod_objeto=19460. Acesso: jul 2005.
- MPOG (2004). Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Plano Pluri Anual -PPA 2004-2007. Disponível em: http://www.planejamento.gov.br/planejamento_investimento/conteudo/radarsocial/renda.htm Acesso: jan 2005.

- MME-PRO-SOLAR (1988). Ministério de Minas e Energia. *PRO-SOLAR – Programa Nacional de Energia Solar-Plano Diretor*. Brasília: MME, 1988. 78 p.
- _____. SE-DNDE (2001). Secretaria de Energia. Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético. *Plano Energia Brasil- Eficiência Energética*. Brasília: MME/SE/DNDE. Dez 2001. 130 p. Disponível em: www.mme.gov.br. Acesso: mai 2003.
- _____.SDE-DNEE (2003). Secretaria de Desenvolvimento Energético / Departamento Nacional de Eficiência Energética. *Política Nacional de Eficiência Energética- Minuta out 2003. Programa de Governo 2003-2007: Diretrizes do Governo relacionadas à eficiência energética PPA 2004-2007*. Disponível em: www.energiabrasil.gov.br/Desenvolvimento_energetico/produtos.htm Acesso: mar 2005.
- _____.PNEE (2003). *Política Nacional de Eficiência Energética*. Brasília: 2003. Disponível em: <http://www.energiabrasil.gov.br/Desenvolvimentoenergetico/produtos.htm>Acesso: mar 2005.
- _____.BEN (2004) *Balanco Energético Nacional 2004 – ano base 2003*. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acesso: mar 2005.
- _____. ELETROBRAS (2005). *Eletrobrás e PUC-MG inauguram simulador solar*. Disponível em: http://www.elektrobras.gov.br/IN_ElektrobrasNoticias/noticias_1082.asp Acesso: jan 2005.
- _____.EPE-BEN (2005). Empresa de Pesquisa Energética. *Balanco Energético Nacional 2005- ano base 2004*. Disponível em: http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=6073 Acesso: jan 2006.
- _____.EPE (2005). Empresa de Pesquisa Energética. *Estatística Mensal do Mercado Realizado Dezembro 2005-Mês Base: Outubro de 2005*. Rio de Janeiro: dez 2005. Disponível em: www.epe.gov.br Acesso: jan 2006.
- _____.PROCEL (2005). Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Disponível em: www.procel.gov.br Acesso: ago 2005.
- MOREIRA, J. R. & SOUZA, J. G. M. *Conservação de Energia no Brasil*. Instituto de Eletro Técnica – IEE/ Universidade de São Paulo-USP. Convenção sobre Mudança do Clima, C & T Brasil 2000. Disponível em: www.mct.gov. Acesso: mar 2005.
- NIREMBERG, M. (1981). 0Atividades Solarimétricas do Instituto Nacional de Metereologia. In: *Anais do II Simpósio sobre Energia Solar*. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia/Academia de Ciências do Estado de SP/ Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares, Publicação ACIESP nº 28, 1981. p. 112-131.
- ODUM, H. T. (1996). *Environmental Accounting*. New York: John Wiley & Sons,1996. 370 p.

- OLIVA, G. A. (1999). *Utilização de aquecedores solares de baixo custo em programas de gerenciamento pelo lado da demanda (GLD)*. In: XV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Anais. Foz do Iguaçu, 17-22 out. 1999.
- _____.& BORGES, T. P. F. (1996). Teste de Campo piloto com pré-aquecedor solar de água para chuveiros elétricos de potência reduzida. In: *VII Congresso brasileiro de energia, II Seminário latino americano de energia*. Anais. Rio de Janeiro: out 1996.
- OLIVEIRA, A. *Petróleo, porque os preços sobem (e descem)*. Disponível:www.comciencia.br Acesso: nov2005.
- ORNSTEIN, S. W. (1988). *A Avaliação da habitação auto-gerida no Terceiro Mundo*. Tese (doutorado), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 1988.175 p.
- _____.ROMÉRO, M (col.) (1992). *Avaliação Pós-ocupação do Ambiente Construído*. São Paulo: EDUSP, 1992. 224p.
- _____.(1996). *Desempenho do Ambiente Construído, Interdisciplinariedade e Arquitetura*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia da Arquitetura, 1996.54 p.
- _____.BORELLI, N. (coord.) (1997). *Avaliação de Desempenho de Conjuntos Habitacionais da Grande São Paulo*. Cadernos Técnicos – AUT/Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia da Arquitetura, n. 2, São Paulo: FAU, 1997. 36 p.
- _____.(1998). *Qualidade e Segurança das Habitações*. Cadernos Técnicos – AUT/Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia da Arquitetura, n. 6, São Paulo: FAU, 1998. P. 75-82.
- PACHECO, C. R. F. A atuação do IPT no campo da energia solar. Anais: *Anais do II Simpósio sobre Energia Solar*. São Paulo: Aciesp, nº 28,1981. p 293-295.
- PEDRO, J. A. C. B. O. (2000). *Definição e Avaliação da Qualidade Arquitetônica Habitacional*. Tese (doutorado), Faculdade de Arquitectura, Universidade do Porto, Lisboa, 2000. 372 p.
- PEOPLEDAILY (2005). *People's Daily Online*. Official newspaper of the Chinese Communist Party, published in English. Disponível em: <http://english.peopledaily.com.cn/> Acesso: dez 2005.
- PICCININI, M. S. (1994). Conservação de Energia na Indústria: As Políticas Adotadas na Época da Crise Energética. *Revista do BNDES*, nº 1, art 8. Disponível em: www.bndes.gov.br/conhecimento/publicacoes/catalogo/rev_002.asp

- PEREIRA, E. M. D (2002). *Energia Solar Térmica – instalações solares de pequeno porte*. Belo Horizonte: PUC Minas, 2002. 96 p.
- _____. (Org), DUARTE, L. O. M., PEREIRA, L. T., e FARIA C. F. C.(2003a). Energia Solar Térmica. In: Tolmasquim (Org). *Fontes Renováveis de Energia no Brasil*. Rio de Janeiro: Cenergia-COPPE-UFRJ/Interciência, 2003. p. 239-280.
- _____.RIBEIRO, M. A., GONÇALVES, W. B., MESQUITA, L. C., NEVES, S. D. O. (2003b). Solar water heating for social projects in Brazil. In: *Proceeding of the Canadian Solar Energy Conference- SESCOI 2003*, Queen’s University Kingston, Ontario, Canada. Aug 18-20, 2003.
- _____.MESQUITA, L.C.S, NETO, L. V. M., ROCHA, J. M. G., PEREIRA, L. T., BUONICONTRO, L. M. S., AREGUY, E., CUNHA, D.A. (2003c). Solar Water Heating for Social Housing Projects in Brazil: The Sapucaias Case. In: *Proceeding of the Canadian Solar Energy Conference – SESCOI 2003*, Queen’s University Kingston, Ontario, Canada. Aug 18-20, 2003.
- _____. MESQUITA, L. C. S., RIBEIRO, M. A., GONÇALVES, W. B. & NEVES, S. D. O. (2004a) Solar water heaters for social housing projects in Brazil. In: *Solar 2004*, 2004, Portland. Solar 2004 - Proceedings, 2004.
- _____. MESQUITA, L.C., ROCHA, J. M. G., SILVA, M. J., PEREIRA, D. D., SCHIRM, R., DINIZ, A. S. C. (2004b) The brazilian testing program for solar water heating equipment. In: *Eurosun 2004*, 2004, Freiburg. Eurosun 2004 - Proceedings. Freiburg : DGS e.v., 2004. v. 1. p. 557-565.
- _____. (2005). *A capacitação dos técnicos CEF*. Relato pessoal, GREEN Solar, PUC-MG, Belo Horizonte, jul de 2005.
- PEREIRA, J. T. V. (2004). Energy and Sustainability. In: *IV Biennial International Workshop Executive of Emergy Studies Ecology in Latin America*, 2004, Campinas. IV Biennial International Workshop Executive of Emergy Studies Ecology in Latin America. Campinas: 2004. p 103-110.
- _____. (2005). *O Programa Solar na Unicamp*. Relato pessoal. Unicamp, Campinas, mar 2005.
- PERLIN, J. (2005). *The History of Solar Energy. Solar Evolution*. Disponível em: www.californiasolarcenter.org/history_solarthermal.html Acesso: jul 2005.
- POLIÃO, M. V. (2002). *Da Arquitetura*. São Paulo: Hucitec – Annablume, 2ºed, 2002. 248 p.
- PNUD (2005). Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Índice de Desenvolvimento Humano 2005 (dados de 2004). Disponível em: <http://www.pnud.org.br/idh/> Acesso: julh 2005.

- RAMALHO, E. L. *Tarifa Residencial Baixa Renda e Programas Sociais do Governo Federal*. Palestra ministrada no Planejamento de Sistemas Energéticos da Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp. Set 2005.
- RENEWABLES-GTZ. (2004). *Renewables 2004-International Conference for Renewable Energies: Conference Issue Paper*. Renewables 2004 Conference Secretariat/GTZ/Oeko-Institut Darmstadt, Bonn, Germany 1- 4. jun 2004.39 p.
- RODRIGUES, D. & MATAJS, R. (2004). *Um banho de sol para o Brasil: o que os aquecedores podem fazer pelo meio ambiente e sociedade*. São Lourenço da Serra: Vitae Civilis Instituto para o Desenvolvimento, Meio Ambiente e Paz, 2004.125 p. Disponível em CD-Room e www.vitaecivilis.org.br.
- ROSENFELD, E. (1993) *El uso de la energía solar en el hábitat del hombre en el mundo occidental*. Buenos Aires: CEA-UBA, 1993.
- ROUSSEFF, D. V. (2003). O Rio Grande do Sul e a crise de energia elétrica. In: *A Energia Elétrica em Debate- A Experiência brasileira e internacional de regulação*. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 214p.
- SABADY, P. R.(1979). *A Energia Solar na Habitação*. Portugal: CETOP, 2º ed, 1979. 137 p.
- SALCEDO, M. A. T. *Aquecimento solar de água na cidade de Arequipa-Peru: uma contribuição para seu desenvolvimento*. Dissertação (Mestrado), Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, 2004. 108 p.
- SCHEER, H. (2002) *Economia Solar Global: Estratégias para a Modernidade Ecológica*. Rio de Janeiro: Cresesb-Cepel, , 2002. 323 p.
- SHINDLER, J & ZITTEI, W. (2005). Review of the IEA World Energy Outlook 2005. 14 dec 2005. *Energy Bulletin. Peak Oil News*. Disponível em: www.energybulletin.net/11629.html Acesso: dez 2005.
- SOLIANO, O. (1999). *A experiência nacional na disseminação de energias renováveis solar e eólica*. Disponível em: [file:///C:/paginas/My Intranet/www.cepel....tm#](file:///C:/paginas/My%20Intranet/www.cepel....tm#) Acesso: mar 1999.
- SZOKOLAY, S.V. (1978). *Solar energy and buiding*. New York: Halsted Press Division John Wiley & Sons, London: The Architectural Press, 2º ed, 1978. 174 p.
- TAVARES, M. L. *Análise da evolução da tarifa social de energia elétrica no Brasil, 1985-2002*. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. 135 p.

- TIBA, C., FRAIDENRAICH, N., LYRA, F. J. M., NOGUEIRA, A. M. de B., GALLEGOS, H. G. (2000). *Atlas Solarimétrico do Brasil – Banco de Dados Terrestres*. Coord. Chiguera Tiba, Ed. Universitária da UFPE, Recife, 2000. 111p.
- UNDP (2000). Uniteds Nation Development. *Programa. 2000. Relatório do Desenvolvimento Humano 2000: Índice de Desenvolvimento Humano. 2000*. Disponível em: <http://www.undp.org.br/HDR/HDR2000/rdh2000/default.asp>. Acesso:20 jul 2001.
- _____.(2005). *International Cooperation at as Crossroads: Aid, trade security in uneual world – India and south Asia verbaton extracts*. Disponível em: http://www.undp.org.in/hdr2005/HDR%202005_Extracts_Final.pdf Acesso nov 2005.
- VARELLA, F. K.(2004). *Tecnologia Solar Residencial: Inserção de aquecedor solar de água no Distrito de Barão Geraldo, Campinas, SP*. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2004. 120 p.
- VARGAS, L. S. (1995). *Enfrentando os Desafios Impostos pela População, Meio Ambiente e Recursos - Os Custos da Inação*". In: *Painel dos Cientistas Seniores da Terceira Conferência Anual do Banco Mundial sobre Desenvolvimento Ambientalmente Sustentável - Washington, D.C., 4-9 de outubro, 1995*. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/clima/brasil/energia.htm> Acesso: mar 2005.
- WIDERSKI, R.(2002). *Estudo de fatores que influenciam a performance de sistemas de aquecimento água com coletores planos*. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.89 p.
- WHO (1999). World Health Organization. *Air Polution. Air quality guidelines, WHO, 1999*. Disponível em: <http://www.who.int/inf-fs/en/fact187.html> Acesso: set 2000.
- _____. (2005). *Air Polution. Air quality guidelines, WHO, 2005*. Disponível em: <http://www.who.int/en>. Acesso: jul 2005
- ZEIZEL, J. (1995). *Inquiry by Design: Tools for Environment-Behavior Research*. New York: Cambridge University Press, 1995. 250 p.

APÊNDICES

APÊNDICE I - A radiação solar incidente no Brasil

Estudos sobre a solarimetria têm sido realizados em diversas universidades e instituições de pesquisa brasileira. O Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura da USP (Piracicaba) iniciou os trabalhos com radiação solar no final da década de 50. Diversos trabalhos foram publicados a partir da década de 60 sobre a estimativa da distribuição da energia solar no Estado de São Paulo (Ferraz, 1981).

O Instituto Nacional de Meteorologia – INMET- em 1977, com o apoio do FINEP, também mantinha atividades no campo da radiação solar. A medição da radiação solar disponível no solo inicialmente era realizada em 20 estações distribuídas pela rede Básica de Estações Meteorológicas do INMET. Na época os equipamentos de medições eram todos importados e havia grande dificuldade de manutenção, troca de peças e equipamentos. A metodologia utilizada era a proposta por Angstrom, que se valia de longa série de dados de insolações disponíveis, calculando-se a partir daí a média, desvio padrão, coeficiente de correlação e erro percentual da radiação solar medida e estimada. A fim de fazer o controle dos dados foi criado em setembro de 1978 o Centro Nacional de Radiação Solar (Nirenberg, 1981).

Em 1993 o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito - CRESESB colocou no seu site (www.cresesb.cepel.br/abertura.htm) uma ferramenta capaz de fornecer o cálculo da radiação solar média diária mensal em qualquer ponto do território nacional. O programa SUNDATA (software) baseou-se no banco de dados de 1993 do Centro de Estudos de la Energia Solar – CENSOLAR - "*Valores Medios de Irradiacion Solar Sobre Suelo Horizontal*", contendo valores de radiação média diária mensal no plano horizontal para cerca de 350 pontos no Brasil e em países limítrofes. A busca é feita por meio das coordenadas geográficas de latitude e longitude. O programa fornece os dados de radiação solar para as 3 localidades disponíveis mais próximas do ponto de interesse. São fornecidos os valores de insolação, em kWh/m².dia no plano horizontal e convertidos para planos inclinados com três diferentes ângulos (ângulos disponíveis: ângulo igual à latitude, ângulo que fornece a maior média diária anual de radiação solar e ângulo que fornece o maior valor mínimo mensal de radiação solar), correspondentes às médias diárias mensais para os 12 meses do ano (CRESESB, 2005).

Em outubro de 1998 foi publicado o *Atlas de Irradiação Solar do Brasil – 1º Versão para irradiação global derivada de satélite e validade na superfície*. A base de dados provém de satélite geoestacionário GOES-8 validados com dados coletados nas estações solarimétricas do INMET (1985/86), do LABSOLAR e ABRACOS-INPE (1995/98). As cartas apresentadas ilustram a irradiação global mensal incidente na superfície do Brasil e as variabilidades diárias no mês. As imagens foram construídas efetuando-se as médias de irradiação mês a mês no período de 1995 a 1998, empregando-se todos os dados disponíveis neste período. Aproximadamente 2/3 do território brasileiro apresenta uma irradiação global que varia entre 5.550 e 5.900 Wh/m² (Colle et al., 1999). O projeto, que envolveu diversas instituições brasileiras e alemãs, foi coordenado pelo Laboratório de Energia Solar – LABSOLAR, da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

Em 2001 a Universidade Federal de Pernambuco coordenou, executou e publicou (livro e Cd-rom), através de convênio com MME/CEPEL/UFPE/CHESF, o *Atlas Solarimétrico do Brasil*. Os dados foram obtidos através de heliógrafos¹, actinógrafos e piranômetros e constam em cartas de isolinhas de radiação solar global diária, médias mensais e anual, organizadas em ordem alfabética por região, estado e localidades. As cartas de radiação solar elaboradas no Atlas mostram que a radiação solar no Brasil varia entre 8 a 22 MJ/m².dia. O período de mínimo no trimestre maio-junho-julho varia entre 8 e 18 MJ/m².dia. O centro de máxima - 18 MJ/m².dia - ocorre em uma vasta região compreendida entre o leste do estado do Pará, oeste dos estados de Ceará e Bahia e a fronteira sul do estado da Bahia. A tendência de mínima - 8 MJ/m².dia - ocorre ao sul do estado do Rio Grande do Sul. No trimestre outubro-novembro-dezembro as estações solarimétricas registram intensidades de radiação acima de 16 MJ/m².dia, atingindo um valor máximo de 24 MJ/m².dia. Os valores máximos ocorrem em uma pequena extensão do Rio Grande do Sul e valores de 22 MJ/m².dia em uma região relativamente vasta do Nordeste brasileiro. Neste período a tendência de mínimo ocorre em uma vastíssima região da Amazônia (Tiba et al., 2000).

A Tabela 1 mostra a radiação solar anual (MJ/m²) para algumas localidades do Brasil e do Mundo. Observa-se que cidades no sul do Brasil, Curitiba e Porto Alegre possuem uma radiação bastante baixa entre 14,2 MJ/m² e 15,0 MJ/m² nos meses de junho e julho.

Tabela 1 Dados de radiação solar anual para algumas localidades do Brasil e do mundo

Localidade	Latitude	H _h (mínimo) MJ/m ²	H _h (máximo) MJ/m ²	H _h (anual) MJ/m ²	H _h (máx)/ H _h (mín)
Dongola (Sudão)	19° 10'	19,1 (dez)	27,7(mai)	23,8	1,4
Dagget (USA)	34° 52'	7,8 (dez)	31,3 (jun)	20,9	4,0
Belém (PA)	1° 27'	14,2 (dez)	19,9 (ago)	17,5	1,4
Florianópolis (SC)	6° 46'	17,0 (dez)	22,5 (set)	19,7	1,3
Petrolina (PE)	9° 23'	16,2 (dez)	22,7 (out)	19,7	1,4
Bom J. da Lapa (BA)	13° 15'	15,9 (dez)	21,1 (out)	19,7	1,3
Cuiabá (MT)	15° 33'	14,7 (jun)	20,2 (out)	18,0	1,4
Belo Horizonte (MG)	19°56'	13,8 (jun)	18,6 (out)	16,4	1,3
Curitiba (PR)	25° 26'	9,7 (jun)	19,4 (jan)	14,2	2,0
Porto Alegre (RS)	30°1'	8,3 (jun)	22,1 (dez)	15,0	2,7

Fonte: Tiba et al., 2000.

¹ Heliógrafos produzem informações sobre a insolação diária (W/m²). Actinógrafos fazem a medição da radiação solar total ou sua componente difusa (MJ/m²). Piranômetros medem a radiação solar global e difusa. A radiação solar - G pode ser decomposta em: radiação solar direta - G_B (fração da radiação solar que atravessa a atmosfera terrestre sem sofrer alteração em sua direção original) e radiação difusa - G_D (é a componente da radiação solar que ao atravessar a atmosfera é espalhada por elementos constituintes dessa atmosfera). G = G_B + G_D é expresso em W/m². É a fluxo de energia por unidade de tempo e de área incidente sobre uma superfície. A integração do fluxo de energia incidente em períodos de tempos predeterminados por unidade de área neste mesmo intervalo é expresso em MJ/m² (I = G dt). Fonte: Tiba et al., 2000.

APÊNDICE II - Questionário aos fabricantes

 	LEVANTAMENTO DE DADOS SOBRE A INDÚSTRIA BRASILEIRA DE COLETORES SOLARES PARA O USO EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL PROGRAMA DOUTORADO DO PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS – FEM – UNICAMP 2002-2006
Orientador: Prof. Dr. JOSÉ TOMAZ VIEIRA PEREIRA Co-Orientadora: Profa. Dra. ELIZABETH MARQUES DUARTE PEREIRA Orientada: JANE TASSINARI FANTINELLI Janeiro 2005	

1 Nome da Indústria:	2 Data da fundação:
-----------------------------	----------------------------

3 AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA UTILIZADA (RESPONDA POR GENTILEZA)

- 1. Quais os coletores que sua indústria indica para o uso em moradias populares?**
 Modelo Dimensões Produção mensal de energia (kWh/mês.m²) Eficiência energética média (%)
 A-
 B-
- 2. Quais os reservatórios que sua indústria indica para o uso em moradias populares?**
 Modelo Dimensões Perda específica de energia mensal (kWh/mês/l)
 A-
 B-
- 3. Qual a origem da tecnologia utilizada nos coletores solares (residências populares)? (MARQUE UM X NA RESPOSTA)**
 Própria domínio público universidade requereu patente outro: poderia especificar?
- 4. Qual a origem da tecnologia utilizada nos reservatórios térmicos de pequeno volume (200litros e 300litros)?**
 Própria domínio público universidade requereu patente outro: poderia especificar?
- 5. Sua Indústria possui patente industrial (ou requereu) para algum coletor solar**
 a. Não
 b. Sim. Poderia especificar? Modelo a... Modelo b... Modelo c... Modelo d.
- 6. Sua Indústria possui patente industrial (ou requereu) para reservatórios**
 a. Não
 b. Sim. Poderia especificar? Modelo a... Modelo b... Modelo c...
- 7. A sua empresa está desenvolvendo coletores para uso em moradias populares?**
 a. Não
 b. Sim. Quantos?
 Poderia especificar? Modelo a. Modelo b... Modelo c... Modelo d
- 8. Qual a vazão de água no chuveiro que sua indústria acha adequada para uso com coletores populares?**
 a. 2,5 litros/min
 b. 3,0 litros/min.
 c. 3,5 litros/min.
 d. 4,0 litros/min.
 e. maior que 4,0l/min
- 9. A sua indústria tem coletores populares a serem etiquetados pelo INMETRO?**
 a. Não
 b. Sim. Quantos?
 Poderia especificar? Modelo a... Modelo b... Modelo c...

4 AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO E EMPREGO (RESPONDA POR GENTILEZA)

- 10. Quantos funcionários são envolvidos atualmente no processo de produção de coletores?**
 a. Fábrica.....
 b. Administração/gerência.....
 c. Comunicação.....
 d. Vendas.....
- 11. Qual a capacidade máxima de produção de coletores com a atual infra-estrutura da empresa?**
m² ou.....
- 12 Se sua empresa exporta, quais os países e qual é a % de exportação sobre a produção atual de coletores?**

5 AVALIAÇÃO COMPOSIÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS (RESPONDA POR GENTILEZA)					
13. Qual a composição, em %, das matérias primas utilizadas nos coletores acoplados? Modelo a (e os demais se houver)			14. Qual a composição, em %, dos materiais utilizados nos reservatórios térmicos de 200 e 300 litros? Modelo a (e os demais se houver)		
a. Material aleta	Cobre	%	<input type="checkbox"/> Material corpo interno	Aço inox	%
	Alumínio	%	<input type="checkbox"/> Material corpo interno	Cobre	%
	Galvalume	%			%
b. Material tubo (serpentina)	Cobre	%	<input type="checkbox"/> Material corpo externo	Aço inox	%
	Alumínio	%	<input type="checkbox"/> Material corpo externo	Cobre	%
	Galvalume	%			%
c. Material caixa do coletor	Cobre	%	<input type="checkbox"/> Material corpo externo	Alumínio	%
	Aço inox	%	<input type="checkbox"/> Material corpo externo	Fiberglass	%
	Galvalume	%			%
	Outro	%		Lã de basalto	%
d. Material cobertura	Vidro	%	<input type="checkbox"/> Isolamento térmico	Poliuretano	%
	Acrílico	%	<input type="checkbox"/> Isolamento térmico	Lã de vidro	%
	Outro	%	<input type="checkbox"/> Isolamento térmico	Termoplástico	%
e. Tratamento superfície colet.	Tinta	%			%
	Anodização	%	<input type="checkbox"/> material de vedação	Silicone	%
	Outro	%		Borracha	%
f. Vedação	Silicone	%		outros	%
	Borracha	%			%
100 %			100 %		

6 AVALIAÇÃO DA CAPACITAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS (MARQUE UM X NA RESPOSTA)	
15. Como sua indústria faz a capacitação da instalação dos coletores?	
a.	<input type="checkbox"/> Cursos (ou palestras) no município da revenda com engenheiros e arquitetos
b.	<input type="checkbox"/> Cursos (ou palestras) no município da revenda com instaladores
c.	<input type="checkbox"/> Cursos (ou palestras) no município da revenda com representantes comerciais
d.	<input type="checkbox"/> Cursos na fábrica com engenheiros e arquitetos
e.	<input type="checkbox"/> Cursos na fábrica com instaladores
f.	<input type="checkbox"/> Cursos na fábrica com representantes comerciais
g.	<input type="checkbox"/> Cursos através da internet
h.	<input type="checkbox"/> Cursos através de fitas de vídeo, cd, etc
i.	<input type="checkbox"/> Outros. Poderia especificar?

7 AVALIAÇÃO DA COMUNICAÇÃO	
16. Como é realizada a comunicação da empresa com o público de coletores residenciais? (MARQUE UM x)	
a.	<input type="checkbox"/> Uso da mídia televisiva de abrangência nacional
b.	<input type="checkbox"/> Uso da mídia televisiva de abrangência regional
c.	<input type="checkbox"/> Uso da mídia televisiva de abrangência local
d.	<input type="checkbox"/> Uso da mídia rádio abrangência nacional
e.	<input type="checkbox"/> Uso da mídia rádio abrangência regional
f.	<input type="checkbox"/> Uso da mídia rádio abrangência local
g.	<input type="checkbox"/> Uso de mídia escrita - revistas locais
h.	<input type="checkbox"/> Uso de mídia escrita - revistas especializadas
i.	<input type="checkbox"/> Uso de mídia escrita - jornais locais e regionais
j.	<input type="checkbox"/> Uso de mídia escrita - jornais de abrangência nacional
k.	<input type="checkbox"/> Palestras em escolas
l.	<input type="checkbox"/> Palestras em universidades
m.	<input type="checkbox"/> Palestras na comunidade
n.	<input type="checkbox"/> Através de centro de difusão de comunicação e treinamento
o.	<input type="checkbox"/> Outros. Poderia especificar?

8 AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE VENDAS UTILIZADO (MARQUE UM X NA RESPOSTA, ou RESPONDA)	
17. De que forma sua indústria mais faz a venda dos coletores?	
a.	<input type="checkbox"/> Direta
b.	<input type="checkbox"/> Vendedores autônomos
c.	<input type="checkbox"/> Representantes regionais
d.	<input type="checkbox"/> Por encomenda
e.	<input type="checkbox"/> Licitações
f.	<input type="checkbox"/> Outro

<p>18. Quais os setores de maiores vendas dos coletores?</p> <p>a. <input type="checkbox"/> Residencial.....%</p> <p>b. <input type="checkbox"/> Comercial.....%</p> <p>c. <input type="checkbox"/> Industrial.....%</p> <p>d. <input type="checkbox"/> Piscinas.....%</p> <p>e. <input type="checkbox"/> Hotéis.....%</p> <p>f. <input type="checkbox"/> Concessionárias de energia.....%</p> <p>g. <input type="checkbox"/> Outro. Poderia especificar?</p>	<p>19. Quais as regiões geográficas de maiores vendas com coletores?</p> <p>a. <input type="checkbox"/> Norte.....%</p> <p>b. <input type="checkbox"/> Nordeste.....%</p> <p>c. <input type="checkbox"/> Sudeste.....%</p> <p>d. <input type="checkbox"/> Sul.....%</p> <p>e. <input type="checkbox"/> Centro-oeste.....%</p>
<p>9 AVALIAÇÃO SOBRE INSTALAÇÃO E ASSISTÊNCIA TÉCNICA (MARQUE UM X NA RESPOSTA)</p>	
<p>20. Quem faz a instalação dos equipamentos que sua indústria produz?</p> <p>a. <input type="checkbox"/> Sua indústria</p> <p>b. <input type="checkbox"/> Seu representante comercial</p> <p>c. <input type="checkbox"/> Instalador treinado pela indústria</p> <p>d. <input type="checkbox"/> Instalador treinado pela revenda</p> <p>e. <input type="checkbox"/> Outro. Poderia especificar?</p>	<p>21. Quem fornece a assistência técnica aos seus clientes?</p> <p>a. <input type="checkbox"/> Sua indústria</p> <p>b. <input type="checkbox"/> Seu representante comercial</p> <p>c. <input type="checkbox"/> Instalador treinado pela indústria</p> <p>d. <input type="checkbox"/> Instalador treinado pela revenda</p> <p>e. <input type="checkbox"/> Outro. Poderia especificar?</p>
<p>22. Há problemas com a instalação dos coletores?</p> <p>a. <input type="checkbox"/> Não</p> <p>b. <input type="checkbox"/> Sim</p> <p>23. Quais os problemas mais frequentes com a instalação e funcionamento do sistema de aquecimento solar residencial que sua indústria constata?</p> <p>a. <input type="checkbox"/> Vazamentos por dilatação térmica</p> <p>b. <input type="checkbox"/> Vazamento por solda mal feita</p> <p>c. <input type="checkbox"/> Vazamento por falta de veda rosca</p> <p>d. <input type="checkbox"/> Ar na tubulação</p> <p>e. <input type="checkbox"/> Entupimento da tubulação provocado por detritos da construção</p> <p>f. <input type="checkbox"/> Acúmulo de sujeira sobre o vidro do coletor</p> <p>g. <input type="checkbox"/> Sombreamento por vegetação</p> <p>h. <input type="checkbox"/> Sombreamento por novas edificações</p> <p>i. <input type="checkbox"/> Deficiência de altura entre topo dos coletores e fundo do reservatório</p> <p>j. <input type="checkbox"/> Excesso de curvas na interligação entre os coletores e o reservatório</p> <p>k. <input type="checkbox"/> Pontos de utilização de água quente mal dimensionado (volume de água parada na tubulação)</p> <p>l. <input type="checkbox"/> Sub-dimensionamento do sistema para o consumo</p> <p>m. <input type="checkbox"/> Outro Poderia especificar?</p> <p>24. Quais os problemas mais frequentes com a instalação e funcionamento do sistema de aquecimento solar, reclamados pelos clientes residenciais?</p> <p>a. <input type="checkbox"/> Vazamentos</p> <p>b. <input type="checkbox"/> A água quente demora a chegar</p> <p>c. <input type="checkbox"/> Não sai água quente</p> <p>d. <input type="checkbox"/> Água fica fora da temperatura para o consumo em dias de pouco sol ou chuva</p> <p>e. <input type="checkbox"/> Baixo desempenho térmico do sistema (com alto consumo de energia)</p> <p>f. <input type="checkbox"/> Outro. Poderia especificar?</p>	
<p>10 AVALIAÇÃO DE INCENTIVOS (MARQUE UM X NA RESPOSTA E RESPONDA)</p>	
<p>25. Quais incentivos fiscais a sua indústria recebe?</p> <p>a. <input type="checkbox"/> Federal. <input type="checkbox"/> IPI <input type="checkbox"/> ICMS <input type="checkbox"/> outro Poderia especificar?.....</p> <p>b. <input type="checkbox"/> Estadual. <input type="checkbox"/> IPI <input type="checkbox"/> ICMS <input type="checkbox"/> outro Poderia especificar?.....</p> <p>c. <input type="checkbox"/> Municipal. <input type="checkbox"/> IPI <input type="checkbox"/> ICMS <input type="checkbox"/> outro Poderia especificar?.....</p> <p>d. <input type="checkbox"/> Internacional <input type="checkbox"/> outro Poderia especificar?.....</p> <p>e. <input type="checkbox"/> Nenhum</p> <p>f. <input type="checkbox"/> Outro. Poderia especificar?</p>	
<p>26. Quais incentivos fiscais que sua indústria gostaria de receber?</p> <p>a-.....b.....c.....</p>	
<p>27. Quais os recursos que sua indústria acha que deveriam existir para estimular o mercado de coletores para moradias populares?</p> <p>a. <input type="checkbox"/> Subsídio total</p> <p>b. <input type="checkbox"/> Financiamento com subsídio</p> <p>c. <input type="checkbox"/> Financiamento com juros baixos</p> <p>d. <input type="checkbox"/> Programas especiais somente para financiamento de aquecedores solares</p> <p>e. <input type="checkbox"/> Outro. Poderia especificar?</p>	
<p>28. Dê sua opinião sobre algumas ações principais que deveriam existir, por parte do poder público, para estimular o mercado de coletores para moradias populares.....</p> <p style="text-align: center;">Muito Obrigado por sua colaboração!</p>	

APÊNDICE III – Cálculo da população amostral no Projeto Sapucaias-Contagem-MG

O Projeto Sapucaias (ou Projeto Eletrobrás Solar) constou da instalação de 100 coletores solares em novembro de 2000. Para este estudo foi planejada a pesquisa em 100% do universo. Devido às dificuldades de contato com a população pesquisada - ou não estava em casa, não atendia ou ninguém estava em casa - embora a equipe tenha feito diversas tentativas de contato (em alguns casos até 4 tentativas, retornando no dia possível de encontrar o morador), o número final de moradores pesquisados foi de 77. Em algumas perguntas a frequência de respostas foi menor, porque o morador não permitiu o acesso à residência ou se esquivou de dar a resposta.

Para a validação da Avaliação Pós-ocupação -APO foram verificados os seguintes mecanismos de controle: tamanho da amostra, intervalo de confiança e margem de erro, com a amostra representativa de 77 unidades, partindo de um universo de 100 unidades habitacionais.

Lançaram-se algumas hipóteses sobre número de moradores entrevistados (amostra) 66 ou 77 unidades, e em função do critério da estatística inferencial, a seguir explicitada, verificou-se a margem de erro possível:

n = tamanho da amostra

$$n = \frac{(z\alpha/2)^2 \cdot p \cdot q}{e^2} \quad e^2 = \frac{z\alpha/2 \cdot p \cdot q}{n}$$

μ = limite de confiança para a média amostral $\mu = x \pm$ erro de amostragem

$Z\alpha/2$ = variável normal padronizada para um dado nível de confiança (=limite de confiança)

Também obtida por tabelas padronizadas:

- para nível de confiança de 95,45 % = 1,96 (limite de confiança)
- para nível de confiança de 95,5 % = 2,0 (limite de confiança)
- para nível de confiança de 90 % = 1,64 (limite de confiança)

z = coeficiente de confiança

p = proporção de elementos com característica estudada. $p = 0,5$ ou 50 %

q = complemento de p isto é $q = 1-p$

ou seja 50% ou 0,50 para hipótese $p=50\%$

$1-0,5 = 0,5$ ou $1-50\%$ $p=50\%$

e = margem de erro adotada.

As margens de erro mais frequentes adotadas em pesquisas sociais encontram-se no intervalo de 1% a 10% (Ornstein, 1992).

Conforme Tabela 2 de Ornstein (1992), para a situação de uma população de $n=100$ (moradias) a amostragem é de 50 unidades, para uma margem de erro de 10%. Para se reduzir a margem de erro, para 5%, o tamanho da amostra terá que ser de 80 moradias.

Tabela 1 - Níveis usuais de confiança e valores de $Z \alpha/2$ correspondentes

Limite de confiança (%)	99,75	99,00	98,00	95,45*	95,00*	90,00	80,00	68,27
$Z \alpha/2$	3,00	2,28	2,33	2,00*	1,96*	1,64	1,28	1,00

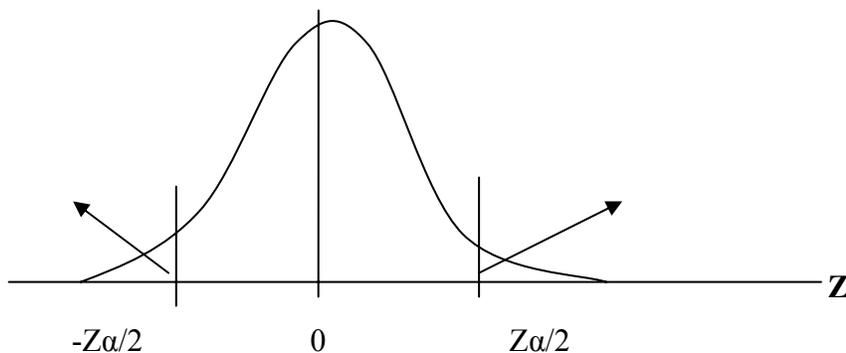
*Valores frequentemente adotados em pesquisas sobre Ambiente e Comportamento e em APO.

Fonte: Ornstein, 1992

Tabela 2 – Tabela de amostras casuais simples para nível de confiança de 95,5% hipótese $p=50\%$

População		Margem de erro (e) (%)					
de	a	1%	2%	3%	4%	5%	10%
	100	-	-	-	-	80	100
101	150	-	-	-	-	109	60
151	200	-	-	-	-	133	67
201	150	-	-	-	-	154	72
1.901	2000	1.667	1.111	714	476	333	95
4.501	5.000	3.334	1.667	909	556	370	98

Fonte: Ornstein, 1992



Foram realizados dois estudos para verificação dos resultados.

Estudo n° 1: para limite de confiança = 95% $\frac{Z\alpha}{2} = 1,96$

$$\text{Margem de erro para } n = 66 \text{ moradias } e = \sqrt{\frac{(1,96)^2 \times 0,5 \times 0,5}{66}} = \sqrt{\frac{0,9604}{66}} = 0,1206 \text{ ou } \pm 12\%$$

$$\text{Margem de erro para } n = 77 \text{ moradias } e = \sqrt{\frac{(1,96)^2 \times 0,5 \times 0,5}{77}} = \sqrt{\frac{0,9604}{77}} = 0,1117 \text{ ou } \pm 11,1\%$$

Estudo n° 2: para limite de confiança = 95,5% $\frac{Z\alpha}{2} = 2$

$$\text{Margem de erro para } n = 66 \text{ moradias } e = \sqrt{\frac{(2)^2 \times 0,5 \times 0,5}{66}} = \sqrt{\frac{1}{66}} = 0,1230 \text{ ou } \pm 12,3\%$$

$$\text{Margem de erro para } n = 77 \text{ moradias } e = \sqrt{\frac{(2)^2 \times 0,5 \times 0,5}{77}} = \sqrt{\frac{1}{77}} = 0,1139 \text{ ou } \pm 11,4\%$$

No Estudo n° 2, com a margem de erro de $\pm 11,4\%$ (limite de confiança de 95,5%), representando 81,3% do universo amostral.

Quanto maior a confiança, maior é o intervalo e menor a margem de erro, ou quanto menor a amostra adotada, maior é a margem de erro e, portanto, menor a precisão. Adotou-se o estudo n°2 com limites de confiança de 95,5% e coeficiente de confiança igual a 2.

Cidade	Data	Universo amostral	Amostra
Estado	Julho 2005	Grupo com Solar + Grupo solar Vendido	Habitações pesquisadas
Contagem MG		100 unidades	77 unidades

.

APÊNDICE IV - Questionário sobre inserção dos sistemas termossolares aplicado no Projeto Sapucaias

QUESTIONÁRIO SOBRE INSERÇÃO DE COLETORES SOLARES NA HABITAÇÃO POPULAR

PROGRAMA DOUTORADO PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS – UNICAMP 2005

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Tomaz Vieira Pereira

CO-ORIENTADOR: Prof. Dra. Elizabeth Marques Duarte Pereira

ORIENTADA: Jane Tassinari Fantinelli Local: CONTAGEM – Bairro Sapucaias – MG Data: 1a10 julho de 2005

Entrevistador: Rua: Casa nº: Quadra: Lote:	Entrevistado: Nº CEMIG (energia) Nº COPASA (água)
--	---

A. AVALIAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA

- 1. Posição familiar do entrevistado**
esposo esposa filho/enteado parente outro
- 2. Naturalidade do donos da casa**
Belo Horizonte outro
- 3. Quantas pessoas moram na casa**
3 4 5 6 7 8 > 8
- 4. Quantidade de dos moradores por idade**
até 10anos 11-20 20-30 30-40 40-50 >50
- 5. Ocupação do chefe da família**
 autônomo indústria comércio serv. transporte.
público construção informal aposentado outro
- 6. Escolaridade do chefe de família**
analfabeto lê/escreve fundam 2 grau superior
- 7. Qual a renda da família**
½ SM 1SM +1-2 SM +2-3SM +3-4SM +5 SM
- 8. Há quanto tempo moram no local**
<1ano 1-2 anos 2-5 anos 6 anos
- 9. Condição da habitação**
comprou alugada cedida auto-construiu
- 10. A família tem telefone?**
sim não
- 11. A família tem celular?**
não sim
- 12. A família tem computador?**
sim não
- 13. Alguém da família usa internet?**
sim não
- 14. Onde?**
escola trabalho vizinho outro
- 15. Que tipo de condução a família tem?**
carro moto bicicleta caminhão nenhum
- 16. Existe alguma atividade de complementação de renda que é realizada na moradia?**
costura doces picolé consertos carro
bar mercadinho outro

B. AVALIAÇÃO DE POSSE DE ELETRODOMÉSTICOS E POTENCIAL DE DEMANDA

- 17. Quais equipamentos elétricos você tem e usa (quantidades)**
geladeira freezer ferro chuveiro batedeira microondas forno elétrico microondas liquidificador
radio TV maq costura tanquinho maq.lavar secador ventilador
som videocassete ventilador computador outro
- 18. Você gostaria de comprar mais equipamentos eletrônicos?**
sim não Quais?

C. AVALIAÇÃO ENERGÉTICA

- 19. Qual o consumo mensal c/eletricidade (solicitar conta de luz)**
até 50 kWh 51-100 101-150 151-200 201-250
- 20. Quantas lâmpadas existem na casa?**
incandescente 40W incandescente 60W incandescente 100W Fluorescente 40W
compacta 7W comp.12W
- 21. Alguém da família sabe o que é e qual a potência dos aparelhos eletrodomésticos?**
sim não alguns
- 22. O que a família costuma fazer para economizar energia elétrica?**
citar:.....
- 23. Qual o consumo mensal de gás (em botijões de gás)**
½ 1 1 ½ 2 2 ½ 3
- 24. A família costuma aquecer água no fogão à gas?**
sim não a gás a lenha Em que situações.....

25. Qual o consumo médio mensal de água em m³ ?

0-10 10-12 12-20 20-30

26. Existe caixa d'água na moradia?

sim 250litros 500 litros 1000 litros não deseja colocar

27. A família costuma molhar o gramado e as folhagens?

sim não às vezes flores outro

28. A família costuma lavar as calçadas?

sim não às vezes

29. Quantas vezes são lavadas as calçadas?

não são lavadas uma vez p/semana 2 vezes semana 3 vezes semana todos os dias outro

30. Quantas vezes é lavado o carro?

1 vez p/semana a cada 15 dias não lava carro não tem carro outro

D. AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO QUANTO AO BANHO

31 No verão a família toma banho quente?

sim quase sempre às vezes nunca toma banho morno banho frio

32 No inverno a família toma banho quente?

sempre quase sempre às vezes nunca nc

33 Quanto tempo a família fica no banho?

pai mãe filho filha avó avô primos/tios

(a) <5min (b) 5-10 min (c) 10-15 min (d) >15min

34 Mudaram os hábitos de horário de banho na família com o coletor?

sim não outro

35 Em que horário a família toma banho agora?

pai mãe filho filha avó avô tia (prima) tio (primo) outro

(a) +-6:00 (b) +- 12:00 (c) +-18:00 (d) +- 22:00

E.AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO FRENTE À NOVA TECNOLOGIA

36. Tipo de sistema.....Resistência ligada? Sim Não

37 O sistema (coletor + tanque de água quente) apresenta algum problema?

não sim vazamento oxidação não aquece outro

38. A família faz manutenção no teto solar? (limpeza dos vidros do coletor)

sim não outro

39. Quem faz a manutenção do teto solar? (limpeza dos vidros do coletor)

pai mãe filho filha avós tios/primos contrata serviços

40.Quando existe problema e a família não sabe resolver quem ela chama?

o vizinho um técnico liga para o fabricante outro

41.Quando o teto solar é limpo? (periodicidade da limpeza)

semana mês 1 vez ao ano 2 vezes ao ano nunca outro

42.A família cuida para não haja sombra no teto solar?

sim não outro

43.Quando a família faz reforma na casa ela muda a posição do teto solar?

sim não outro

44. Que atitude a família assume quando o vizinho constrói e faz sombra no teto solar?

nenhuma muda o coletor outro

F. AVALIAÇÃO DO GRAU DE SATISFAÇÃO COM O COLETOR

45 Qual o grau de satisfação da família quanto ao teto solar?

muito bom bom ruim péssimo outro

46. Como classifica a quantidade de água aquecida pelo teto solar?

muito bom bom ruim péssimo outro

47. A família gostaria de aumentar o volume do tanque de água quente?

não sim

48. Qual seria o volume ideal para o tanque de água quente?

duas vezes maior três vezes maior outro

49. Tem alguém insatisfeito? Quem?

não sim marido esposa filha filho outro

50. Porque não está satisfeito?

tempo de banho é pequeno (pouca água quente) água é morna água é fria gasta muita energia

51. Quem controla o tempo de banho da família?

mãe pai filhos cada um avó outro

52. Quando não tem mais água quente no coletor como a família toma o banho?

toma banho frio não toma banho liga o chuveiro elétrico aquece água no fogão outro

53. Quando não tem sol, como se controla a ligação do banho quente (resistência elétrica do reservatório)?

é ligado antes do banho pela manhã pela tarde á noite outro

54. A família lava a louça com água quente?

sim não às vezes ns

55. A água usada para lavar louça é aquecida de que forma?

fogão à gás coletor solar fogão à lenha outro

56. Você gostaria de lavar a louça com água quente?

sim não às vezes outro

57. Notou alguma redução na conta de energia?

sim não

58 É difícil lidar com o sistema de aquecimento solar?

sim não

59. Indicaria o sistema de aquecimento solar para outra pessoa?

sim não

G – AVALIAÇÃO ARQUITETÔNICA

60. Área da casa (aproximada).....m²

61. Número de cômodos

sala cozinha quarto corredor banheiro garagem área

62. Forro

sim não gesso PVC Madeira laje

63. Pintura da casa

Sim Não

64. Cozinha revestida de azulejo?

Sim Não Até a metade

65. Banheiro revestido de azulejo?

Sim Não Até a metade

66. Piso

original cerâmica madeira outro

67. Usa cortinas ou venezianas?

sim não

68. Usa ventilador ou ar condicionado?

sim não

69. Alteração na planta?

sim não

70. Favor marcar na figura:

- posicionamento do poste para o caso do PopSol
- posicionamento da caixa d'água para o caso do convencional
- modificações arquitetônicas
- posicionamento dos coletores com direção do norte Geográfico
- obstáculos que possam sombrear o coletor solar (árvores, muros, edificações vizinhas)

Muito obrigado pela sua atenção

APÊNDICE V - Tabulação Grupo com solar – Projeto Sapucaias – Contagem – MG 2005



AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO DE USO DE SISTEMAS SOLARES NO BAIRRO SAPUCAIAS
Contagem-MG Julho 2005

PROGRAMA DOUTORADO PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS – Engenharia Mecânica -UNICAMP -2002-2006

ORIENTADOR: Prof. Dr. JOSÉ TOMAZ VIEIRA PEREIRA CO-ORIENTADOR: Prof. Dra. ELIZABETH MARQUES DUARTE PEREIRA

ORIENTADA: JANE TASSINARI FANTINELLI

GRUPO COM SOLAR tabulação jane

A AVALIAÇÃO SÓCIO ECONÔMICA

1 Entrevistado						2 Naturalidade							
entrevist	esposo	esposa	filho	outro	TOTAL	BH	outro	TOTAL					
n°	15	32	7	2	56	17	19	36					
%	27%	57%	13%	4%	100%	47%	53%	100%					
3 Número de habitantes x moradias													
n° hab	1 hab	2 hab	3 hab	4 hab	5 hab	6 hab	7 hab	TOTAL	Média hab por moradia				
n° morad	1	4	12	21	12	5	1	56	4,04				
%	2%	7%	21%	38%	21%	9%	2%	100%					
total hab	1	8	36	84	60	30	7	226					
4 Idade dos moradores													
idade	<10	11-20	21-30	31-40	41-50	>50	TOTAL		Idade média dos moradores				
n° morad	34	79	31	45	29	9	227		0-20	20-40	>40		
%	15%	35%	14%	20%	13%	4%	100%		50%	33%	17%		
5 Ocupação do chefe de família													
profissões	autôn	indúst	comér	serviço	transpor	público	constru	aposent	informa	outros	desemp	TOTAL	
chefe fam	3	7	3	13	4	2	1	10	1	9	3	56	
%	5%	13%	5%	23%	7%	4%	2%	18%	2%	16%	5%	100%	
6 Grau de instrução													
escolarida	nenhum	lê/escr	fundam	2 grau	superior	TOTAL				Analfabetismo funcional			
entrevist	3	14	26	7	1	51				33,3%			
%	6%	27%	51%	14%	2%	100%							
7 Renda da família (salário mínimo)													
faixa	1/2 SM	1SM	1-2 SM	2-3 SM	3-4 SM	>5SM	TOTAL	Renda familiar em salário mínimo					
n° sal min	4	17	18	7	4	4	54	1/2-1	1-3	3-5			
%	7%	31%	33%	13%	7%	7%	100%	39%	46%	15%			
8 Tempo de moradia						9 Condição da habitação							
anos	<1	1-2	2-5	6	7	8	TOTAL	compr	alugada	cedida	mutirão	TOTAL	
famílias	2	0	29	20	2	2	55	6	0	8	38	52	
%	4%	0%	53%	36%	4%	4%	100%	12%	0%	15%	73%	100%	
10 Posse de telefone			11 Posse de celular			12 Posse computad			13 uso da Internet				
freqüenci	sim	não	TOTAL	sim	não	TOTAL	sim	não	TOTAL	sim	não	escola	cursinhs
moradias	35	21	56	38	18	56	3	53	56	16	40	5	16
%	63%	38%	100%	68%	32%	100%	5%	95%	100%	29%	71%		
15 Posse de veículos de locomoção						16 Atividade complementar de renda na moradia							
veículo	carro	moto	bicicl	caminh	nenhum	TOTAL	ativid	costura	bar	mercadi	outro	Não	TOTAL
quantidade	9	4	10	2	31	56	freqüên	2	2	3	10	34	51
%	16%	7%	18%	4%	55%	100%	%	4%	4%	6%	20%	67%	100%

B AVALIAÇÃO DE POSSE DE ELETRODOMÉSTICOS

17 Posse de eletrodomésticos: possui e usa													
equip	batedeir	chuveir	ferro	forno el	frezzer	gelad	liquid.	maq lav	secador	tanquin	ventilad	Fog aut	DVD
quantidade	6	22	39	4	4	53	33	4	7	40	15	2	6
equip								radio	tv	som	Videoca	compt	
quantidade								37	40	38	8	3	
18 Desejo de compra													
equip	sim	não	TOTAL	comput	som	DVD	radio	maq lav	tanquin	micrond	TV	ferro	frezzer
quantidade	35	17	52	12	9	6	2	2	2	1	3	1	2
equip	67%	33%	100%				forno el	liquidifi	secador	ventilad	batedeir	filmado	maq cos
quantidade							3	2	1	1	0	1	1

C AVALIAÇÃO ENERGÉTICA

19 Consumo médio de eletricidade (kWh)													
consumo	até 50	51-100	101-150	150-200	201-250	desl	semresp	TOTAL					
famílias	4	33	6	0	0	6	7	56					
%	7%	59%	11%	0%	0%	11%	13%	100%					
20 Número de lâmpadas existentes										20a Moradia c/lâmpada econ			
lâmpadas	inc 40W	inc 60W	inc 100W	inc150W	fluo 40W	fluo 12W	comp 7W	comp12W	TOTAL	sim	não	fluoresc	compacta
unidades	35	205	27	2	28	1	0	13	W	14	41	11	3
potência (W)	1400	12300	2700	300	1120	12	0	182	18014	25%	75%		

20a Potência total com iluminação (W)													
w	77-162	200-220	240	280-300	360-400	420-480	540-580	960-1320	total				
por moradia	2	4	14	12	8	9	6	1	56				
%	4%	7%	25%	21%	14%	16%	11%	2%	100%				
21 Conhecimento sobre a potência de eletrodomésticos													
freqüência	sim	não	TOTAL										
família	17	29	46										
%	37%	63%	100%										
22 Comportamento para economia de energia													
	redução de uso						não usa				desliga à noite		
família	ilumin	banho	ferro	tanquin	TV	eletrod	ferro	chuvei	batedei	ventil	frezzer	refriger	
%	15	4	4	4	2	1	10	31*	2	1	1	1	
%	50%	13%	13%	13%	7%	4%							
23 Consumo de gás							24 Aquecimento da água p/banho						
botijão	1/2	1	1 1/2	2	usaenha	TOTAL	freqüên	sim	não	TOTAL	gas	lenha	
por família	12	38	3	2	1	56	família	12	42	54	3	7	
%	21%	68%	5%	4%	2%	100%	%	22%	78%	100%			
25 Consumo de água							26 Existência de caixa d'água						
m3	0-10	10-12	12-20	20-30	s/resp	TOTAL	freqüên	sim	não	250	500	1000	colocar +
por famil	19	17	7	1	12	56	unidade	56	0	42	10	4	1
%	34%	30%	13%	2%	21%	100%	%	100%	0%				
27 Hábito de molhar grama - flores						28 Hábito lavagem calçadas			29 número de vezes				
freqüência	sim	não	às vezes	outro	TOTAL	sim	não	TOTAL	1 x sem	2 x sem	15 x 15 dias	1x mês	as vezes
por famil	17	26	11	1	55	22	34	56	9	3	3	1	6
%	31%	47%	20%	2%	100%	39%	61%	100%	41%	14%	14%	5%	27%
30 Hábito de lavagem do carro													
freqüência	não tem	tem carr	1 x sem	c/15dias	não lava	TOTAL							
família	44	12	6	3	3	56							
%	79%	21%				100%							

D AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO QUANTO AO BANHO

31 Hábito de banho quente: no verão								32 Hábito de banho quente: no inverno					
freqüência	sim	quase s	as vezes	nunca	morno	ban frio	TOTAL	família	sempre	quase s	as vezes	nunca	TOTAL
família	28	3	7	2	12	4	56	%	46	7	3	0	56
%	50%	5%	13%	4%	21%	7%	100%	%	82%	13%	5%	0%	100%
33a Hábito de tempo de banho: pai						33b Hábito de tempo de banho: mãe							
tempo	<5min	5-10	10-15	>15	TOTAL	tempo	<5min	5-10	10-15	>15	TOTAL		
nº pais	11	23	8	2	44	nº mães	8	21	10	6	45		
%	25%	52%	18%	5%	100%	%	18%	47%	22%	13%	100%		
33c Hábito de tempo de banho: filho						33d Hábito de tempo de banho: filha							
tempo	<5min	5-10	10-15	>15	TOTAL	tempo	<5min	5-10	10-15	>15	TOTAL		
nº filhos	8	22	14	17	61	nº filhas	10	15	13	16	54		
%	13%	36%	23%	28%	100%	%	19%	28%	24%	30%	100%		
34 Mudança de hábito de horário de banho com sistema solar								35 Hábito de horário de banho da família					
família	sim	não	outro	TOTAL				horário	6h	12 h	18 h	22h	TOTAL
%	16	32	1	49				nº hab	24	22	127	16	189
%	33%	65%	2%	100%				%	13%	12%	67%	8%	100%
35a Hábito de horário de banho: pai						35b Hábito de horário de banho: mãe							
horário	6h	12 h	18 h	22h	TOTAL	horário	6h	12 h	18 h	22h	TOTAL		
nº pais	6	2	24	7	39	nº mães	7	2	32	5	46		
%	15%	5%	62%	18%	100%	%	15%	4%	70%	11%	100%		
35c Hábito de horário de banho: filho						35d Hábito de horário de banho: filha							
horário	6h	12 h	18 h	22h	TOTAL	horário	6h	12 h	18 h	22h	TOTAL		
nº filhos	5	14	35	3	57	nº filha	6	4	36	1	47		
%	9%	25%	61%	5%	100%	%	13%	9%	77%	2%	100%		

E AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO FRENTE À NOVA TECNOLOGIA

36 Tipo de sistema solar													
equip	popsol+res	ligada	desligada	conv+res	ligada	desligada	conv+chuv	pop+chuv	TOTAL				
unidades	27	15	4	14	10	3	7	7					
%	49%			25%			13%	13%	100%				
37 Problemas no sistema solar						38 Manutenção no sistema							
freqüência	não	sim	TOTAL	vazam	res queim	mangueira	oxidaç			freqüên	sim	não	TOTAL
família	28	22	50	20	1	11	1			família	33	22	55
%	56%	44%	100%							%	60%	40%	100%

39 Manutenção no sistema solar : quem faz

membfam	pai	mãe	filho	filha	contrata	TOTAL
freqüenci	22	11	4	2	1	40
%	55%	28%	10%	5%	3%	100%

40 Manutenção de problemas no sistema solar: quem faz

freqüên	vizinho	técnico	familia	fabrican	TOTAL
6	1	2	0	9	
%	67%	11%	22%	0%	100%

41 Periodicidade de limpeza

freqüenci	nunca	sempre	semana	mês	1 x ano	2 x ano	3xano	TOTAL
por familia	22	32	6	12	5	4	5	32
%	41%	59%	19%	38%	16%	13%	16%	100%

42 Cuidados c/sombreamento

43 Mudança posição sist solar

44 Comportamento qto sombreamento

freqüenci	sim	não	outro	TOTAL	sim	não	outro	TOTAL	nenhuma	muda coletor	não aceita	outro	TOTAL
por famil	19	31	1	51	10	35	6	51	24	3	1	28	56
%	37%	61%	2%	100%	20%	69%	12%	100%	43%	5%	2%	50%	100%

F AVALIAÇÃO GRAU DE SATISFAÇÃO COM SISTEMA TERMOSSOLAR

45 Satisfação com sistema solar

conceito	muito b	bom	ruim	péssimo	TOTAL
familia	47	9	0	0	56
%	84%	16%	0%	0%	100%

46 Satisfação com capacidade água aquecida

freqüên	muito b	bom	ruim	péssimo	TOTAL
familia	32	19	5	0	56
%	57%	34%	9%	0%	100%

47 Desejo aumentar capacidade de água aquecida

48 Capacidade do reservatório desejada

freqüenci	sim	não	TOTAL	pia coz	pia ban	tamanh	1,5 x maior	2 x maior	TOTAL
familia	18	28	46	3	2	familia	3	15	18
%	39%	61%	100%			%	17%	83%	100%

49 Insatisfação com sistema solar

50 Razões com insatisfação

membros	esposo	esposa	filhos	familia	TOTAL	pouca águaquent	água morna	água fria	gasta energia	vazam.	TOTAL
freqüenci	0	4	0	2	6	freqüên	4	0	0	0	2
%	0%	67%	0%	33%	100%	%					11%

51 Controle do tempo de banho

52 Comportamento quanto à falta água aquecida p/solar

membros	mãe	pai	filhos	cada um	avó	TOTAL	banfrio	chuv ele	Res sol	c/lenha	c/gas	TOTAL
freqüenci	28	13	0	13		54	familia	4	17	22	5	2
%	52%	24%	0%	24%	0%	100%	%	8%	34%	44%	10%	4%

53 Controle da resist elétrica do reservatório

54 Lavagem louça água quent

56 Desejo lavar louça ág quent

freqüenci	Antes banho	manhã (6)	tarde (18h)	noite 22h	TOTAL	freqüên	sim	não	TOTAL	freqüên	sim	não	TOTAL
familia	19	1	14	1	35	familia	2	45	47	familia	24	18	42
%	54%	3%	40%	3%	100%	%	4%	96%	100%	%	57%	43%	100%

57 Percepção economia de eletricidade

58 Dificuldade p/manusear sistema solar

59 Indicação p/terceiros

freqüenci	sim	não	TOTAL	freqüên	sim	não	TOTAL	freqüên	sim	não	TOTAL
familia	47	2	49	familia	1	49	50	familia	51	1	52
%	96%	4%	100%	%	2%	98%	100%	%	98%	2%	100%

Jane Tassinari Fantinelli – FEM-Unicamp 2005

APÊNDICE VI - Tabulação solar Vendido Projeto Sapucaias – Contagem – MG - 2005



AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO DE USO DE SISTEMAS SOLARES NO BAIRRO SAPUCAIAS Contagem-MG Julho 2005

PROGRAMA DOUTORADO PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS – Engenharia Mecânica -UNICAMP -2002-2006

ORIENTADOR: Prof. Dr. JOSÉ TOMAZ VIEIRA PEREIRA CO-ORIENTADOR: Profa. Dra. ELIZABETH MARQUES DUARTE PEREIRA

ORIENTADA: JANE TASSINARI FANTINELLI

GRUPO sem SOLAR tabulação jane

A AVALIAÇÃO SÓCIO ECONÔMICA

1 Entrevistado						2 Naturalidade							
entrevist	esposo	esposa	filho	outro	TOTAL	BH	outro						
nº	4	8	4		16								
%	25%	50%	25%	0%	100%								
3 Número de habitantes x moradias													
nº hab	1 hab	2 hab	3 hab	4 hab	5 hab	6 hab	7 hab	TOTAL	média hab por moradia				
nº morad	0	4	1	3	6	0	2	16	4,2				
%	0%	25%	6%	19%	38%	0%	13%	100%					
total hab	0	8	3	12	30	0	14	67					
4 Idade dos moradores													
idade	<10	11-20	21-30	31-40	41-50	>50	TOTAL	idade média dos moradores					
nº morad	12	16	9	22	6	2	67	0-20	20-40	>40			
%	18%	24%	13%	33%	9%	3%	100%	42%	46%	12%			
5 Ocupação do chefe de família													
profissão	autôno	indústri	comérc	serviço	transpo	público	constr	aposent	inform	outros	desemp	TOTAL	
chefe fam	0	1	0	5	1	1	2	5	0	0	0	15	
%	0%	7%	0%	33%	7%	7%	13%	33%	0%	0%	0%	100%	
6 Grau de instrução													
escolarid	nenhum	lê/escreve	fundamen tal	2 grau	superior	TOTAL	analfabetismo funcional						
entrevist	0	3	8	3	0	14	21%						
%	0%	21%	57%	21%	0%	100%	%						
7 Renda da família													
faixa	1/2 SM	1SM	1-2 SM	2-3 SM	3-4 SM	>5SM	TOTAL	renda familiar em salário mínimo					
nº sal min	0	5	5	3	1	1	15	1/2-1	1-3	3-5			
%	0%	33%	33%	20%	7%	7%	100%	33%	53%	13%			
8 Tempo de moradia						9 Condição da habitação							
anos	<1	1-2	2-5	6	7	8	TOTAL	compro	alugada	cedida	mutirão	TOTAL	
famílias		0	7	8	0	0	15	moradia	2	1	0	12	15
%	0%	0%	47%	53%	0%	0%		13%	7%	0%	80%	100%	
10 Posse de telefone			11 Posse de celular			12 Posse computador			13 uso da Internet				
frequênci	sim	não	TOTAL	sim	não	TOTAL	sim	não	sim	não	escola	cursinhos	trabalho
moradias	8	7	15	10	5	15	0	15	6	14	1	0	5
%	53%	47%	100%	67%	33%	100%	0%	94%	38%	88%			
15 Posse de veículos de locomoção						16 Atividade complementar de renda na moradia							
veiculo	carro	moto	bicicleta	caminhã	nenhum		costura	bar	mercad	outro	não		
quantidade	1	0	6	0	8	15	1	0	1	1	12	15	
%	7%	0%	40%	0%	53%	100%	7%	0%	7%	7%	80%	100%	

B AVALIAÇÃO DE POSSE DE ELETRODOMÉSTICOS

17 Posse de eletrodomésticos: possui e usa														
equip	Batedei	chuv	ferro	Forno el	frezzer	gelad	liquid	Maqlav	secador	tanquin	ventil	fogão		
quantidade	1	14	10	0	0	14	10	0	2	10	5	0	0	
equip							maq cos	micro	radio	tv	som	videoca	comput	
quantidade							1	1	6	15	8	2	0	
18 Desejo de compra														
equip	sim	não	TOTAL	comput	som	DVD	radio	maqlav	tanquin	micrond	tv	ferro	frezzer	
quantidade	8	7	15	1	0	0	0	1	2	0	2	0	0	
equip	53%	47%	100%				ar cond	tetosola	liquid.	secador	ventilr	bated	filmad	maq cost
quantidade							1	1	0	0	0	0	0	0

C AVALIAÇÃO ENERGÉTICA

19 Consumo médio de eletricidade									
consumo	até 50	51-100	101-150	151-200	201-250	desl	sem resp	TOTAL	
famílias	2	5	2	0	1	0	5	15	
%	13%	33%	13%	0%	7%	0%	33%	100%	

20 Número de lâmpadas existentes										20a Moradia c/lâmpada econ			
lâmpadas	incan 40W	incan 60W	incan 100W	inc 150 W	fluo 40W	fluo 12W	comp 7W	comp 12W	TOTAL	sim	não	fluoresc	compac
unidades	14	50	8	0	9	0	5	0	W	7	7	4	3
potência (W)	560	3000	800	0	360	0	0	0	4720	50%	50%		
20a Potência total com iluminação (W)													
w	77-162	200-220	240 W	280-300	360-400	420-480	540-580	960-1320	total				
por mor	2	1	4	1	1	1	1	1	12				
%	17%	8%	33%	8%	8%	8%	8%	8%	100%				
21 Conhecimento sobre a potência de eletrodomésticos													
freqüência família	sim	não	TOTAL										
	10	2	12										
%													
22 Comportamento para economia de energia													
	redução de uso					não usa			desliga à noite				
família	ilumin	banho	ferro	tanquin	TV	ferro	chuv	bated	ventil	frezzer	refrig		
	5	1	4	0	0	4	0	0	0	0	0	3	
%	50%	10%	40%	0%	0%		refrig novo (1)		aquece água fogão (1)				
23 Consumo de gás													
botijão	1/2	1	1 1/2	2	usa len	TOTAL	24 Aquecimento da água p/banho						
por fam	3	11	1	0	0	15	sim	não	TOTAL	gas	lenha		
%	20%	73%	7%	0%	0%	100%	20%	80%	100%	1	1		
25 Consumo de água													
m3	0-10	10-12	12-20	20-30	s/resp	TOTAL	26 Existência de caixa d'água						
por famil	5	3	2	0	6	16	freqüên	sim	não	250	500	1000	colocar +
%	31%	19%	13%	0%	38%	100%		13	0	12	1	1	
27 Hábito de molhar grama - flores													
freqüência	sim	não	às vezes	outro	TOTAL	sim	não	TOTAL	1 x sem	2 x sem	15 x 15 dias	1x mês	as vezes
por famil	5	7	2	0	14	3	11	14	1	0	1	1	1
%	36%	50%	14%	0%	100%	21%	79%	100%					
30 Hábito de lavagem do carro													
freqüência	não tem carro	tem carro	1 x sem	c/15dias	não lava	TOTAL							
família	13	1	0	0	1	14							
%	93%	7%											

D AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO QUANTO AO BANHO

31 Hábito de banho quente: no verão								32 Hábito de banho quente: no inverno						
freqüência família	sim	quase s	às vezes	nunca	morno	ban frio	TOTAL	freqüência família	sempre	Quase s	às vezes	nunca	TOT	
%	100%	0%	8%	0%	92%	0%	200%	%	14	0	1	0	15	
33a Hábito de tempo de banho: pai								33b Hábito de tempo de banho: mãe						
tempo n° pais	<5min	5-10min	10-15	>15	TOTAL			tempo n° mães	<5min	5-10min	10-15	>15	TOT	
%	0	7	1	1	9			%	1	9	2	0	12	
	0%	78%	11%	11%	100%				8%	75%	17%	0%	100%	
33c Hábito de tempo de banho: filho								33d Hábito de tempo de banho: filha						
tempo n° filhos	<5min	5-10min	10-15	>15	TOTAL			tempo n° filha	<5min	5-10min	10-15	>15	TOTAL	
%	2	9	1	2	14			%	2	7	2	2	13	
	14%	64%	7%	14%	100%				15%	54%	15%	15%	100%	
34 Mudança de hábito de horário de banho com sistema solar								35 Hábito de horário de banho da família						
existe este item - sistema vendido								horário	6h	12 h	18 h	22h	s/res	TOT
								n° moradores	5	6	20	10	3	44
								%	11%	14%	45%	23%	7%	100%
35a Hábito de horário de banho: pai								35b Hábito de horário de banho: mãe						
horário n° pais	6h	12 h	18 h	22h	TOTAL			horário n° mães	6h	12 h	18 h	22h	TOTAL	
%	1	0	6	2	9			%	1	0	8	2	11	
	11%	0%	67%	22%	100%				9%	0%	73%	18%	100%	
35c Hábito de horário de banho:filho								35d Hábito de horário de banho: filha						
horário n° filhos	6h	12 h	18 h	22h	TOTAL			horário n° filha	6h	12 h	18 h	22h	TOTAL	
%	1	2	4	2	9			%	2	4	3	1	10	
	11%	22%	44%	22%	100%				20%	40%	30%	10%	100%	

APÊNDICE VII – Planilhas de Avaliação da satisfação com o sistema termossolar

Projeto Sapucaias – Contagem – MG - 2005

Planilha I de Avaliação da satisfação com o sistema termossolar – Projeto Sapucaias - Contagem- MG julho 2005

AVALIAÇÃO DA SATISFAÇÃO COM SISTEMA SOLAR (Morador) -Bairro Sapucaias - Contagem- MG - 2005

	Localização	nº	FREQUÊNCIAS ABSOLUTAS ni					nc	TOTAL	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS		
			Muito bom	Bom	Ruim	Péssimo	Média aritmética			Moda	Desvio padrão	
			(4)	(3)	(2)	(1)	M.A.			MO	DP	
1	rua 4 vendeu	676	0	0	0	0	0	0	0,00		0,00	
2	rua 4	236	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
3	rua 4	298	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
4	rua 4	318	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
5	rua 4	328	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
6	rua 4	380	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
7	rua 4	392	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45	
8	rua 4	402	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
9	rua 4	412	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
10	rua 4	422	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
11	rua 4	432	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
12	rua 4	442	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45	
13	rua 4	452	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
14	rua 4	540	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
15	rua 4	560	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
16	vazamento	580	0	0	1	0	0	1	2,00	R	2,45	
17	rua 4	590	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
18	rua 4	600	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
19	vazamento	640	0	0	1	0	0	1	2,00	R	2,45	
20	rua 4	664	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45	
21	rua 4	688	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
22	rua 4	700	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
24	rua 4	740	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
25	rua 4	750	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
26	rua 4	780	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
27	rua 4	790	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
28	rua 5	172	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
29	rua 5	192	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
30	rua 5	212	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
31	rua 5	222	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
32	rua 5	232	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
33	rua 5	242	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
34	conta em alta	282	0	0	1	0	0	1	2,00	R	2,45	
35	rua 5	378	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
36	vendeu sist	408	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00	
37	rua 5	438	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
38	rua 5	478	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
39	rua 5	568	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45	
40	rua 5	578	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
41	rua 6 vendeu	24	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00	
42	rua 6	55	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
43	vendeu sist	67	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00	
44	rua 6	134	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	

45	rua 6	340	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
46	vendeu sist	370	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00
47	rua 6	380	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
48	vendeu sist	474	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45
49	rua 6	475	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
50	rua 6	484	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45
51	vendeu sist	494	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00
52	rua 6	505	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
53	vendeu sist	514	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00
54	vendeu sist	524	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00
55	vendeu sist	609	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00
56	rua 6	659	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
57	rua 6	669	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45
58	rua 10	60	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
59	rua 11 vendeu	28	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00
60	rua 11	58	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
61	rua 11	68	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
62	vendeu sist	78	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00
63	rua 11	112	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
64	rua 11	144	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
65	rua 11	226	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
66	rua 12	37	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
67	rua 12	47	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
	M.A		0,82	0,13	0,05	0,00	0,00		3,76	MB	3,51

Planilha II de Avaliação da satisfação com o sistema termossolar – Projeto Sapucaias - Contagem- MG julho 2005

AVALIAÇÃO DA SATISFAÇÃO COM A QUANTIDADE DE ÁGUA QUENTE -Bairro Sapucaias - Contagem- MG - 2005

	Localização	Casa nº	FREQÜÊNCIAS ABSOLUTAS ni					nc	Total	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS		
			Muito bom(4)	Bom (3)	Ruim (2)	Péssimo (1)	Média aritmética M.A.			Moda MO	Desvio padrão DP	
1	rua 4 vend	676	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00	
2	rua 4	236	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45	
3	rua 4	298	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45	
4	rua 4	318	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45	
5	rua 4	328	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
6	rua 4	380	0	0	1	0	0	1	2,00	R	2,45	
7	rua 4	392	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45	
8	rua 4	402	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45	
9	rua 4	412	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
10	rua 4	422	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
11	rua 4	432	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
12	rua 4	442	0	0	0	1	0	1	1,00	P	3,74	
13	rua 4	452	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
14	rua 4	540	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
15	rua 4	560	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
16	rua 4	580	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
17	rua 4	590	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	
18	rua 4	600	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45	
19	rua 4	640	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45	
20	rua 4	664	0	0	0	0	1	1	0,00	NC	5,48	
21	temp banP	688	0	0	1	0	0	1	2,00	R	2,45	
22	rua 4	700	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45	
24	rua 4	740	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45	
25	rua 4	750	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74	

26	rua 4	780	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
27	rua 4	790	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
28	rua 5	172	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
29	rua 5	192	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
30	temp banP	212	0	0	1	0	0	1	2,00	B	2,45
31	temp banP	222	0	0	1	0	0	1	2,00	B	2,45
32	rua 5	232	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
33	rua 5	242	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
34	conta alta	282	0	0	1	0	0	1	2,00	R	2,45
35	rua 5	378	1	0	0	0	0	1	4,00	B	3,74
36	vendeu sist	408	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00
37	rua 5	438	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
38	rua 5	478	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
39	rua 5	568	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45
40	rua 5	578	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45
41	rua 6 vend	24	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00
42	rua 6	55	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
43	vendeu sist	67	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00
44	rua 6	134	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45
45	rua 6	340	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
46	vendeu sist	370	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00
47	rua 6	380	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45
48	vendeu sist	474	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45
49	rua 6	475	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
50	rua 6	484	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45
51	vendeu sist	494	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00
52	rua 6	505	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
53	vendeu sist	514	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00
54	vendeu sist	524	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00
55	vendeu sist	609	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00
56	rua 6	659	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
57	rua 6	669	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45
58	rua 10	60	0	1	0	0	0	1	3,00	B	2,45
59	rua11 vend	28	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00
60	rua11	58	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
61	rua11	68	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
62	vendeu sist	78	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00
63	rua11	112	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
64	rua11	144	0	0	1	0	0	1	2,00	R	2,45
65	rua11	226	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
66	rua 12	37	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
67	rua 12	47	1	0	0	0	0	1	4,00	MB	3,74
	M.A		0,55	0,31	0,11	0,02	0,02	55	3,35	MB	3,23

APÊNDICE VIII - Diretrizes da Política Nacional de Eficiência Energética MME/PNEE - 2003

Diretrizes da Política Nacional de Eficiência Energética MME/PNEE - 2003

A	O ESTÍMULO À MUDANÇA DE COMPORTAMENTO E AQUISIÇÃO DE NOVOS HÁBITOS DE USO EFICIENTE VISANDO A FORMAÇÃO DE UMA CULTURA DE COMBATE AO DESPERDÍCIO.
INSTRUMENTOS	LINHAS DE AÇÃO
Casos de sucesso – Guias técnicos Cursos – seminários -workshops Treinamento - marketing Campanhas- selos - prêmios	Formação e capacitação Criação e manutenção de um sistema de informação. Ampliação e consolidação de progr. de divulgação de informações etiquetagem, etc Incremento às ações de marketing, propaganda prêmios.
B	AMPLIAR E CONSOLIDAR O ARCABOUÇO LEGAL
Legislação Normalização e Orientações regulatórias	De índices mínimos de eficiência energética para equipamentos Admissão de contratos de performance para empresas públicas; Utilização do poder de compra dos governos
C	ESTIMULAR O DESENVOLVIMENTO E PROMOVER A DIFUSÃO DE TECNOLOGIAS INOVADORAS RELACIONADOS AO USO RACIONAL DE ENERGIA
Projetos pilotos Financiamento Informação Capacitação Instrumentalização	Expansão dos laboratórios Desenvolvimento de equipamentos eficientes Desenvolvimento de materiais e técnicas construtivas eficientes para edificações Utilização do gás natural veicular, residencial, comercial e de serviços.
D	PROMOVER INVESTIMENTOS EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO USO FINAL
Legislação e contratos de concessão das concessionárias.	Definição de diretrizes gerais para aplicação de invest. em consonância com PNEE. Desenvolvimento de estudos de referência Aperfeiçoamento do processo de fiscalização Aprimoramento dos instrumentos orientativos e dos procedimentos de avaliação.
E	INCORPORAR DE FORMA SISTEMATIZADA A CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO PLANEJAMENTO ENERGÉTICO
Modelos Softwares	Elaboração de cenários sobre o uso da energia Desenvolvimento de metodologias que considerem os diversos cenários de conservação de energia nos planos setoriais Comparação dos custos das alternativas de geração com os custos dos programas de eficiência energética
F	PROMOVER O USO RACIONAL DE ENERGIA NOS PROGRAMAS SOCIAIS DO GOVERNO
Gestão e articulação Informação Capacitação Projetos pilotos	Sensibilização e informação sobre o uso racional de energia como fator de mudança Aprimoramento das performances energéticas dos equipamentos eletro-rurais mais utilizados em zonas carentes Inserção de critérios de eficiência energética nos programas nacionais de saneamento e de habitação
G	INCENTIVAR PROJETOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA QUE SE ENQUADREM NO MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL), PARA OBTENÇÃO DE REDUÇÕES CERTIFICADAS DE EMISSÕES
Informação - capacitação Elaboração de guias orientativos Incentivos fiscais e Legislação	Adoção de critérios de elegibilidade e sustentabilidade Divulgação do mercado de Reduções Certificadas de Emissões- RCEs Incentivo às empresas nacionais Apoio ao contato dos investidores estrangeiros e empresas nacionais Proposição de mecanismos de financiamento com contrapartida dos RCEs

H	PROMOVER O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE ENERGÉTICA NOS PRINCIPAIS SETORES ECONÔMICOS DO PAÍS
Capacitação	Substituição de equipamentos e de processos obsoletos
Informação	Penetração de gás natural em substituição aos derivados de petróleo
Marketing	Redução da emissão de poluentes
Guias orientativos	Inserção da eficiência energética nas estratégias empresariais de controle de qualidade e produtividade
Financiamento.	
I	ESTABELECEM CONDIÇÕES PARA A CRIAÇÃO DE UM AMBIENTE DE NEGÓCIOS QUE PROMOVA RELAÇÕES COMERCIAIS SUSTENTÁVEIS.
Preços	Criação de um modelo financeiro
Incentivos fiscais e tributários	Elaboração de guias de Modelos de Contrato de Performance e de Modelos de Protocolo de Certificação
Financiamentos	Certificação das ESCO's ou de profissionais, qualificação técnica de projetos
Guias técnicos orientativos.	Obrigatoriedade de análise da eficiência energética nos projetos candidatos à financiamento
J	PROMOVER A OTIMIZAÇÃO DO USO DOS INSUMOS ENERGÉTICOS ATRAVÉS DE PROCESSOS EFICIENTES E DAS INFRA-ESTRUTURAS ENERGÉTICAS EXISTENTES ATRAVÉS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA
	Criação de um modelo financeiro
Regulamentação	Elaboração de guias de Modelos de Contrato de Performance e de Modelos de Protocolo de Certificação
Incentivos fiscais e tributários	Certificação das ESCO's ou de profissionais, qualificação técnica de projetos
Financiamentos	Obrigatoriedade de análise da eficiência energética nos projetos candidatos à financiamento
Estudos técnicos	
Disseminação de informações	

Fonte: MME/SDE/DNEE, 2003. www.energiabrasil.gov.br/Desenvolvimentoenergetico/produtos.htm Acesso: mar 2005.

Tabela organizada pela autora.

ANEXO -Planilha de Especificações Técnicas – PBE- INMETRO: Sistemas Acoplados

Fonte: INMETRO,

	PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM SISTEMAS E EQUIPAMENTOS PARA AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA PLANILHA DE ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	ETIQUETAGEM PET/006-SOL DATA DE CRIAÇÃO: 12/08/97 REVISÃO: 01	PÁGINA: 1/2 CASO: INMETRO/PBE DATA DE ATUALIZAÇÃO: 05/04/2002
	SISTEMAS ACOPLADOS		
1 IDENTIFICAÇÃO DO FABRICANTE Nome: _____ Fone: _____ Razão Social: _____ Fax: _____ Endereço: _____ E-mail: _____			
2 IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA ACOPLADO Marca: _____ Modelo / Código: _____ Aplicação: _____			
3 DIMENSÕES DO COLETOR SOLAR			
3.1 Dimensões Externas Comprimento (Y) (cm): _____ Largura (X) (cm): _____ Altura (Z) (cm): _____		3.2 Área Transparente (A_{transp}) Comprimento (cm): _____ Largura (cm): _____ A _{transp} (m ²): _____	
4 MATERIAIS E ESPECIFICAÇÕES			
4.1 Cobertura Tipo: <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Especial Material: _____ Número: _____ Espessura (mm): _____ Espaçamento Absorvedor / Cobertura (mm): _____			
4.2 ABSORVEDOR / PLACA ABSORVEDORA Tipo: _____ Material: _____ Comprimento (m): _____ Largura (m): _____ Espessura (mm): _____			
4.3 PINTURA Tipo: <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Especial Marca / Código: _____ <input type="checkbox"/> Especial Marca / Código: _____ Absorvidor - Class: _____ Emissividade - Sub: _____			
4.4 TUBULAÇÃO / SERPENTINA Material: _____ Nº de Tubos: _____ Diâmetro Externo (mm): _____ Diâmetro Interno (mm): _____		4.5 TUBULAÇÃO / CALHAS Diâmetro Externo (mm): _____ Diâmetro Interno (mm): _____	
4.6 FIXAÇÃO PLACA / SERPENTINA <input type="checkbox"/> Solda <input type="checkbox"/> Encaixe <input type="checkbox"/> Costura <input type="checkbox"/> Outros Fator de Contato (%): _____			

Planilha de Especificações Técnicas		Revisão: 00	Página 2 de 2
4.7 ISOLAMENTO Material: _____ Espessura Base (mm): _____ Espessura Lateral (mm): _____		4.8 CAIXA EXTERNA Tipo: _____ Material Lateral: _____ Espessura Lateral (mm): _____ Material base: _____ Espessura Base (mm): _____	
4.9 VEDAÇÃO Material: _____ Locais de Aplicação: _____			
5 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SISTEMA ACOPLADO Peso do Sistema Acoplado (kg): _____ Fluido de Trabalho: _____ Pressão de Trabalho (kPa): _____ Presença de Bóia: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
6 CAPACIDADE DO SISTEMA ACOPLADO Capacidade: _____			
7 DIMENSÕES DO RESERVATÓRIO TÉRMICO (SE PERTINENTE)			
7.1 Externas Comprimento Máximo: _____ mm Diâmetro: _____ mm		7.2 Dimensões do Cilindro Interno Comprimento: _____ mm Diâmetro: _____ mm	
8 MATERIAS E ESPECIFICAÇÕES DO RESERVATÓRIO TÉRMICO (SE PERTINENTE)			
8.1 Revestimento Material: _____ Espessura: _____	8.2 Cilindro Interno Material: _____ Espessura: _____	8.3 Isolamento Material: _____ Espessura: _____	
9 SISTEMA AUXILIAR ELÉTRICO Potência Elétrica Auxiliar: _____ kW.			
10 CONDIÇÕES DE ENSAIO Vazão de Drenagem: _____			
11 OBSERVAÇÕES: _____ _____			
12 DATA		13 CARIMBO E ASSINATURA DO FABRICANTE	

USO RESTRITO AO INMETRO. DIVULGAÇÃO PROIBIDA.



Divisão de Programas de Avaliação de Conformidade - DIPAC/DQUAL
 Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE
 Endereço: VCI Norte - Quadra 511, Bloco B, 4º Andar
 70750-527 - Brasília - DF
 Telefones: (061) 340-2211, 347-7882 - Fax: (061) 347-3284 - E-mail: pbe@montreal.com.br

Planilha de Especificações Técnicas – PBE- INMETRO: Reservatórios Térmicos

	PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM SISTEMAS E EQUIPAMENTOS PARA AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA REGULAMENTO ESPECÍFICO PIUSO DA ENCE	REF: ETIQUETAGEM RESP/006-SOL DATA DE CRIAÇÃO: 04/12/97 REVISÃO: 06	CASO: INMETRO/PBE DATA DE ATUALIZAÇÃO: 03/08/2005
	8) RESERVATÓRIOS TÉRMICOS		
1 IDENTIFICAÇÃO DO FABRICANTE Nome: _____ Fone: _____ Razão Social: _____ Fax: _____ Endereço: _____ E-mail: _____			
2 IDENTIFICAÇÃO DO RESERVATÓRIO Marca: _____ Modelo / Código: _____			
3 CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO Capacidade: _____ litros			
4 DIMENSÕES DO RESERVATÓRIO			
4.1 Externas Comprimento máximo (m): _____ Diâmetro (mm): _____		4.2 Dimensões do Cilindro Interno Comprimento (m): _____ Diâmetro (mm): _____	
5 MATERIAIS E ESPECIFICAÇÕES			
5.1 Revestimento Material: _____ Espessura (mm): _____	5.2 Cilindro Interno Material: _____ Espessura (mm): _____	5.3 Isolamento Material: _____ Espessura Superfície Cilíndrica (mm): _____ Espessura Faces Laterais (mm): _____	
OBS: Se as espessuras forem variáveis, utilize o valor mínimo.			
6 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RESERVATÓRIO Peso do reservatório (kg): _____ Pressão de trabalho: _____ (kPa) Fluido de trabalho: _____ (m.c.a.) (kg/cm ²)			
7 SISTEMA ELÉTRICO AUXILIAR Potência elétrica auxiliar (kW): _____ Presença de fio-terra: _____ Fabricante da resistência elétrica: _____ Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
8 TERMOSTATO Posição (mm): _____ (medida a partir da base do reservatório) Fabricante: _____			
9 OBSERVAÇÕES: _____ _____			
10 DATA		11 CARIMBO E ASSINATURA DO FABRICANTE	

USO RESTRITO AO INMETRO. DIVULGAÇÃO PROIBIDA.