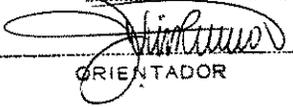


ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA  
TESE DEFENDIDA POR Jane Tassinari  
Fantinelli E APROVADA PELA  
COMISSÃO JULGADORA EM 22 / 02 / 2002

  
ORIENTADOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**TECNOLOGIA SOLAR DE INTERESSE SOCIAL E BAIXO  
CUSTO PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA NA MORADIA**

**Autora: Jane Tassinari Fantinelli**

**Orientador: José Tomaz Vieira Pereira**

15/2002

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**Departamento de Energia**

**TECNOLOGIA SOLAR DE INTERESSE SOCIAL E BAIXO  
CUSTO PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA NA MORADIA**

**Autora: Jane Tassinari Fantinelli**

**Orientador: José Tomaz Vieira Pereira**

Curso: Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Planejamento de Sistemas Energéticos

Dissertação apresentada à Comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica,  
como requisito para a obtenção do título de Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, 22 de fevereiro de 2002.

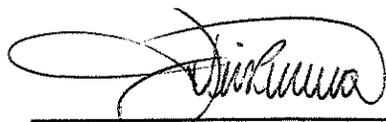
S.P. - Brasil

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

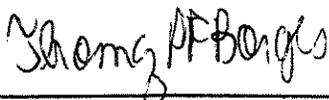
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

TECNOLOGIA SOLAR DE INTERESSE SOCIAL E BAIXO CUSTO PARA  
AQUECIMENTO DE ÁGUA NA MORADIA

Autora: **Jane Tassinari Fantinelli**  
Orientador: **José Tomaz Vieira Pereira**



Prof. Dr. José Tomaz Vieira Pereira



Prof. Dr. Thomaz Borges



Prof. Dr. Mauricio Roriz

Campinas, 22 de fevereiro de 2002.

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

20238173

## Agradecimentos

À Glacir e Marco Túlio, pelo incentivo e apoio.  
À Zé Emílio, pela revisão da redação.

A Thomaz Borges, pelo trabalho precursor em otimização de coletores solares. À leitura cuidadosa e sugestões importantes apresentadas no exame de qualificação.

Ao meu pai Cezare, pelo *colo*, seus desenhos e minha infância feliz.  
À minha mãe Thereza, pelo entusiasmo pela vida.

Agradeço em especial ao meu orientador professor Tomaz, pela paciência, carinho e por ter-me feito compreender que nosso trabalho, por mais pequenino que seja, se soma ao conjunto de ações e esperanças que o homem busca para ter um mundo com justiça social.

*Se as coisas  
são inatingíveis  
ora... não é motivos para  
não querê-las.  
Que tristes os caminhos  
se não fora a presença  
distantes das estrelas.*

Mário Quintana

## Resumo

FANTINELLI, Jane Tassinari. *Tecnologia solar de interesse social e baixo custo para aquecimento de água na moradia*. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2002. 179 p. Dissertação (Mestrado).

As soluções tecnológicas de baixo custo são definidas, neste estudo, como práticas que aliam eficiência térmica e baixos investimentos para o contexto econômico e social das populações de renda mínima. Estas soluções implicam na utilização de alternativas de baixo custo, como o uso de materiais reciclados e matérias primas de menor custo. O presente trabalho faz uma análise da tecnologia de aquecimento solar de água para a população pobre do Brasil, frente às suas necessidades energéticas e culturais. Uma inovação proposta foi construída com uso de tubos de PVC comum, aletados com latas de alumínio para aumentar a eficiência na transmissão de calor, embutidos na laje da habitação e cobertos com garrafas PET transparentes. O uso desses materiais permitiu significativa redução nos custos do coletor solar, além de propiciar uma destinação adequada para eles. As aferições sobre a satisfação do usuário resultaram em conforto e satisfação, com a água aquecida sendo utilizada para as mais diversas finalidades, da higiene da pessoal à limpeza da casa. A incorporação do sistema de aquecimento solar de água na estrutura da cobertura da moradia permite que o morador de baixa renda, aproveitando o processo de construção da habitação em mutirão, inclua esta alternativa na sua prática construtiva. Desta forma ele, além de usufruir água aquecida com economia em energia elétrica, torna-se um agente de difusão dessa tecnologia.

### *Palavras Chave*

Aquecedores solares de água, tecnologia apropriada, habitação popular.

## **Abstract**

FANTINELLI, Jane Tassinari. *Solar Technology low of water heating for Low-Cost House* . Campinas: Mechanical Engineering Faculty, State University of Campinas – UNICAMP, 2002. 179 p. Thesis (Master Degree Dissertation).

Low cost technological solutions are defined here as practices that ally thermal efficiency and low investments for the economical and social context of low income populations. These solutions imply in the use of low cost recycle materials and row materials. The present work analyses solar heat water technologies for Brazilian poor people, faced their energetic and cultural necessities. As a case study was design and assembled a solar heat water made by common PVC water tubes finned with used aluminum cans imbedded in the concrete roof of the house. Over the roof was used a transparent cover, made by used soft drink PET bottles. The use of these materials allowed significant cost reduction of the solar heat water collector when compared with other alternatives. The field test presented good results according to the satisfaction of the users. It was notice an improvement of the hot water uses in the house. The incorporation of the this solar collector in the house structure allow the low income household to include this alternative in the house construction process. In this way the household besides to get low cost hot water with electricity economy became itself an spreader agent of these technology.

### *Key Words*

Solar heating systems, appropriate technology, low-cost houses.

## Sumário

<b>1. Introdução</b> .....	1
<b>2. Energia e Desenvolvimento</b> .....	5
2.1 O consumo desigual de energia.....	5
2.2 A energia e satisfação das necessidades básicas humanas.....	9
2.3 Os indicadores da pobreza e os da qualidade de vida.....	11
<b>3. O consumo de energia na moradia de renda baixa</b> .....	20
3.1 As necessidades básicas, os níveis de renda e o consumo de energia.....	21
3.1.1 Necessidades familiares básicas de consumo.....	22
3.1.2 Rendimento familiar e consumo de energia elétrica.....	24
3.1.3 Consumo, renda e tamanho da moradia.....	23
3.2 O tamanho da família, hábitos de vida e de consumo de energia.....	33
3.3 A disponibilidades e o preço da energia.....	36
3.4 A diversidade climática e as características das habitações.....	40
3.5 O aquecimento de água residencial nos setores de baixa renda.....	41
3.5.1 A utilização do fogão e do gás .....	41
3.5.2 A utilização do chuveiro (aquecedor elétrico de passagem).....	43
3.5.3 O banho como comportamento cultural.....	46
3.5.3 A utilização do coletor solar.....	47
<b>4. A produção da habitação popular</b> .....	49
4.1 O abrigo como meio de proteção e conforto.....	49
4.2 A conservação da energia como novo parâmetro de avaliação.....	51
4.3 A habitação e a exclusão social.....	54
4.4 A autogestão da habitação e os efeitos do processo informal de construção.....	57
4.5 A autoconstrução assistida pelo Estado.....	59
4.6 O mutirão como forma de produção da habitação.....	61

4.7 O projeto participativo ou o mutirão autogerido.....	63
<b>5. A tecnologia solar na habitação.....</b>	<b>65</b>
5.1 Dos coletores solares à arquitetura solar.....	66
5.1.1 Princípios do coletor solar.....	69
5.1.2 1 A energia solar na arquitetura.....	71
5.2 A tecnologia solar no Brasil.....	78
5.3 Soluções tecnológicas de baixo custo .....	81
5.3.1 Aquecedor solar das moradias da Mineração Jundu.....	83
5.3.2 Equipamento de aquecimento solar- CEMIG.....	84
5.3.3 Pré-aquecedor solar para chuveiro de potência reduzida.....	86
5.3.4 Coletor solar sem cobertura.....	88
5.3.5 Telha como coletor solar.....	89
5.3.6 Aquecedor solar com reservatório acoplado.....	90
5.3.7 Aquecedor solar de baixo custo – ASBC.....	91
5.3.8 Pré-aquecedor solar de material reciclado.....	93
5.4 As investigações com o concreto como coletor solar.....	95
5.4.1 Coletor de concreto Nayak, Sukhatme, Limaye e Bopshetty –Índia -1989.....	96
5.4.2 Avaliação computacional do coletor de concreto- Jordânia -1994.....	98
5.4.3 Coletor de concreto Chaurasia – Índia - 1995.....	100
5.4.4 Dimensionamento e desempenho do coletor de concreto Borges –Brasil -2000	102
<b>6. A cobertura como coletor solar.....</b>	<b>105</b>
6.1 As potencialidades energéticas da edificação.....	106
6.1.2 Os condicionantes naturais.....	107
6.1.3. O processo solar passivo.....	109
6.1.4 As adequações culturais e econômicas.....	110
6.2 Proposta da cobertura como coletor solar.....	113
6.2.1 A cidade de Capinas.....	113
6.2.1.1 Os aspectos sócio-econômicos.....	114
6.2.1.2 A cidade e o fluxo migratório.....	114
6.2.1.3 O crescimento da população de baixa renda.....	115
6.2.1.4 A localização da população pobre.....	116
6.2.1.5 O déficit habitacional da moradia popular.....	117
6.2.2 A casa popular de Campinas.....	117

6.2.2.1 A densidade habitacional.....	118
6.2.2.2 Aspectos espaciais e construtivos .....	119
6.2.3 A tipologia da habitação para estudo de caso.....	121
6.2.4 O consumo de água aquecida.....	123
6.2.5 O coletor solar de concreto .....	124
6.2.6 Os custos com o coletor solar.....	129
6.2.7 A economia de energia com o coletor solar de concreto.....	130
<b>7. O projeto e a experiência.....</b>	<b>134</b>
7.1 Os condicionantes e a adaptação.....	134
7.2 Os materiais selecionados e a viabilidade econômica.....	136
7.3 O uso de materiais recicláveis para a melhoria do desempenho do coletor.....	137
7.4 O sistema de aquecimento.....	140
7.4.1 A placa de absorção da radiação solar.....	140
7.4.2 O reservatório da água aquecida.....	143
7.5 A construção do coletor solar.....	139
7.6 A atuação dos trabalhadores.....	144
7.7 O desempenho do sistema de aquecimento de água .....	154
7.8 Os custos do sistema de aquecimento.....	155
<b>8. Conclusões.....</b>	<b>158</b>
<b>Apêndice 1</b> Propriedades térmicas para algumas paredes e coberturas.....	<b>162</b>
<b>Apêndice 2</b> Gastos com a execução do coletor solar de concreto.....	<b>168</b>
<b>Apêndice 3</b> Medições da temperatura da água no reservatório térmico.....	<b>169</b>
<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>171</b>

## Listas de Figuras

Figura 2.1 - IDH e energia anual consumida per capita 1991-1992.....	12
Figura 2.2 - IDH/PIB brasileiro por região 1996.....	16
Figura 2.3 - IDH brasileiro 1999.....	16
Figura 2.4 - IDH e IPH de 1999-edição 2001 de alguns países do mundo.....	17
Figura 3.1- Consumo médio eletricidade da população brasileira – 1989.....	26
Figura 3.2- Consumo de eletricidade.de até 100 kWh/mês com moradia de até 100m2 por região brasileira – 1989.....	26
Figura 3.3 -Consumo médio de eletric. do segmento de baixa renda – cidade de SP – 1998...	28
Figura 3.4 -Consumidores e consumo de eletr. do segmento de baixa renda - Brasil 2000....	30
Figura 3.5 -Consumidores resid.de eletricidade por faixa de consumo- Brasil 2000.....	31
Figura 3.6 -Consumidores resid.de eletric. por faixa de consumo por região Brasil 2000.....	31
Figura 3.7 -Rendimento médio mensal familiar em % - Brasil – 2001.....	32
Figura 3.8 - Número de pessoas por família em bairros populares na cidade de campinas.....	34
Figura 3.9 -Despesa da família brasileira – 2001.....	35
Figura 3.10 - Tarifas médias de energia elétrica por classe de consumo – Brasil R\$/MWh...	39
Figura 3.11 - Variação acumulada do salário mínimo e tarifas energia elétrica.....	40
Figura 3.12 – Participação dos eletrodomésticos na demanda residencial.....	44
Figura 3.13 – Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial.....	44
Figura 3.14- Vista do coletor solar em Contagem e na Ilha do Mel.....	48
Figura 5-1 - Irradiação média anual no Brasil .....	69
Figura 5.2 - Irradiação média anual nas regiões brasileiras.....	69
Figura 5.3 - Detalhe do MITSolar House I .....	72
Figura 5.4 - Vista do MIT House III.....	72
Figura 5.5 - Detalhe do MIT Solar House III.....	73
Figura 5.6 Detalhe do sistema do Dover House .....	73
Figura 5.7 Vista do Dover House.....	73
Figura 5.8 Detalhe do coletor do MIT House IV .....	74
Figura 5.9 Vista da MIT Solar House IV.....	75
Figura 5.10 Sistema do Denver House.....	75

Figura 5.11 MIT House V.....	78
Figura 5.12 MIT House VI.....	78
Figura 5.13 Esquema do sistema de aquecimento solar das moradias da Mineração Jundu.....	83
Figura 5.14 Coletor solar CEMIG e estereograma do sistema.....	85
Figura 5.15 Esquema do sistema do pré-aquecedor solar de potência reduzida.....	87
Figura 5.16 Coletor sem cobertura e esquema das resistências térmicas.....	89
Figura 5.17 Protótipo da telha como coletor solar.....	90
Figura 5.18 Coletor solar com suporte.....	91
Figura 5.19 Coletor solar compacto.....	91
Figura 5.20 Coletor Solar ASBC.....	92
Figura 5.21 Detalhe da execução da placa.....	92
Figura 5.22 Detalhe da caixa d'água.....	92
Figura 5.23 Detalhe da instalação do chuveiro.....	92
Figura 5.24 Detalhe dos tubos ascensores de polietileno e garrafas pet – SOLPET.....	94
Figura 5.25 Placa coletora solar SOLPET.....	94
Figura 5.26 Vista do sistema SOLPET.....	94
Figura 5.27 Esquema do coletor solar de concreto desenvolvido no IIT -Índia- 1992.....	96
Figura 5.28 Diagrama esquemático do coletor solar de concreto desenvolvido por Nayak, Sukhatme, Limaye e Bopshetti em Bombay na Índia.....	97
Figura 5.29 Configuração de Duffie e Beckman para o sistema de aquecimento para ambiente e água residencial (SHDHW).....	98
Figura 5.30 Configuração de Duffie e Beckman para o sistema de aquec. de água -DWW.....	99
Figura 5.31 Esquema do coletor solar de concreto com rede de tubos de alumínio.....	101
Figura 5.32 Esquema do sistema e as variáveis de decisão.....	103
Figura 6.1 Mapeamento das células climáticas brasileira.....	108
Figura 6.2 Mapeamento das zonas bioclimáticas brasileira.....	108
Figura 6.3 Mapa da renda média nominal do chefe da família em Campinas – 1997.....	116
Figura 6.4 Tipologias de moradias preferidas pelos autoconstrutores.....	119
Figura 6.5 Projeto de sobrado para a moradia popular – modelo CA5ET.....	121
Figura 6.6 Proposta do coletor solar de concreto na cobertura da moradia.....	126
Figura 6.7 Corte esquemático arquitetônico do coletor solar inserido na cobertura da moradia popular.....	127
Figura 7.1 Custos da rede de tubos com diversos materiais.....	137
Figura 7.2 Corte das embalagens de plástico PET.....	137
Figura 7.3 Corte das embalagens de alumínio.....	138
Figura 7.4 Ferramenta desenvolvida para moldar as aletas.....	138
Figura 7.5 Moldagem das aletas.....	138
Figura 7.6 Perfil das aletas.....	138
Figura 7.7 Aletas colocadas nos tubos de PVC.....	132
Figura 7.8 Rede e componentes de PVC.....	134

Figura 7.3 Corte das embalagens de alumínio.....	138
Figura 7.4 Ferramenta desenvolvida para moldar as aletas.....	138
Figura 7.5 Moldagem das aletas.....	138
Figura 7.6 Perfil das aletas.....	138
Figura 7.7 Aletas colocadas nos tubos de PVC.....	132
Figura 7.8 Rede e componentes de PVC.....	134
Figura 7.9 Detalhe dos tubos, aletas e isopor.....	134
Figura 7.10 Pintura interna das aletas.....	134
Figura 7.11 Corte esquemático do coletor solar de concreto.....	135
Figura 7.12 Detalhe do sistema da placa coletora de concreto.....	135
Figura 7.13 esquema do sistema de aquecimento de água com coletor solar de concreto.....	137
Figura 7.14 Esquema isométrico do sistema de aquecimento solar com placa de concreto....	137
Figura 7.15 Projeto arquitetônico do sistema de aquecimento solar com placa coletora de concreto com materiais alternativos.....	139
Figura 7.16 Corte esquemático do sistema de aquecimento solar.....	140
Figura 7.17 Vista da varanda da moradia e do início da construção do coletor.....	140
Figura 7.18 Detalhe do módulo estudado para a rede de tubos de PVC.....	140
Figura 7.19 Soldagem dos componentes de PVC.....	141
Figura 7.20 Módulo da rede sendo colocado na cobertura da varanda da moradia.....	141
Figura 7.21 A rede de tubos de PVC sendo instalada na cobertura.....	141
Figura 7.22 Colocação das aletas de alumínio e isopor na rede de tubos de PVC.....	141
Figura 7.23 Concretagem do coletor e pintura com emulsão asfáltica.....	141
Figura 7.24 Detalhe esquemático dos reservatórios.....	142
Figura 7.25 Vista do isolamento da caixas d'água.....	142
Figura 7.26 A construção da rede de tubos de PVC.....	145
Figura 7.27 Moldagem das aletas.....	145
Figura 7.28 A concretagem do coletor.....	145
Figura 7.29 Cuidados com a cura do concreto e pintura do coletor solar.....	145
Figura 7.30 Variação da temperatura da água no reservatório térmico.....	149
Figura 7.31 Custo de cada etapa do sistema de aquecimento solar de água com placa coletora solar de concreto com materiais recicláveis.....	157

Figura 7.9 Detalhe dos tubos, aletas e isopor.....	134
Figura 7.10 Pintura interna das aletas.....	134
Figura 7.11 Corte esquemático do coletor solar de concreto.....	135
Figura 7.12 Detalhe do sistema da placa coletora de concreto.....	135
Figura 7.13 esquema do sistema de aquecimento de água com coletor solar de concreto.....	137
Figura 7.14 Esquema isométrico do sistema de aquecimento solar com placa de concreto....	137
Figura 7.15 Projeto arquitetônico do sistema de aquecimento solar com placa coletora de concreto com materiais alternativos.....	139
Figura 7.16 Corte esquemático do sistema de aquecimento solar.....	140
Figura 7.17 Vista da varanda da moradia e do início da construção do coletor.....	140
Figura 7.18 Detalhe do módulo estudado para a rede de tubos de PVC.....	140
Figura 7.19 Soldagem dos componentes de PVC.....	141
Figura 7.20 Módulo da rede sendo colocado na cobertura da varanda da moradia.....	141
Figura 7.21 A rede de tubos de PVC sendo instalada na cobertura.....	141
Figura 7.22 Colocação das aletas de alumínio e isopor na rede de tubos de PVC.....	141
Figura 7.23 Concretagem do coletor e pintura com emulsão asfáltica.....	141
Figura 7.24 Detalhe esquemático dos reservatórios.....	142
Figura 7.25 Vista do isolamento da caixas d'água.....	142
Figura 7.26 A construção da rede de tubos de PVC.....	145
Figura 7.27 Moldagem das aletas.....	145
Figura 7.28 A concretagem do coletor.....	145
Figura 7.29 Cuidados com a cura do concreto e pintura do coletor solar.....	145
Figura 7.30 Custo de cada etapa do sistema de aquecimento solar de água com placa coletora solar de concreto com materiais recicláveis.....	149
Figura 7.31 Variação da temperatura da água no reservatório térmico.....	157

## Listas de Tabelas

Tabela 2.1 – Distribuição do consumo mundial de energia.....	7
Tabela 2.2 – Consumo de energia e população, por regiões, no mundo.....	8
Tabela 2.3 – Energia consumida por processos ou fontes.....	10
Tabela 2.4 - Necessidades básicas: consumo de energia per capita.....	12
Tabela 2.5 – Classificação dos níveis de IDH.....	14
Tabela 2.6 - Consumo anual de energia per capita x IDH.....	14
Tabela 2.7 – Classificação dos países pelo IDH x energia comercial.....	15
Tabela 2.8 – Consumo de energia e população na América Latina.....	16
Tabela 3.1 - Consumo mínimo mensal de energia elétrica por domicílio .....	23
Tabela 3.2 – Requerimentos energéticos em duas moradias com rendas diferentes.....	24
Tabela 3.3 – Renda familiar por unidade consumidora por região brasileira – 1989.....	25
Tabela 3.4 – Unidades consumidoras residenciais por área construída por faixa de consumo - Brasil .....	25
Tabela 3.5 – Consumo médio de eletr. por região, até 100 kWh, e até 100 m2 de área construída – 1989.....	26
Tabela 3.6 – Consumo médio de eletricidade do segmento de baixa renda – São Paulo.....	28
Tabela 3.7 – Consumidores residenciais de eletr. por faixa de consumo – Brasil 2000.....	29
Tabela 3.8 – Consumo residencial de eletricidade por faixa de consumo – Brasil 2000.....	30
Tabela 3.9 – Famílias por classe de rendimento médio mensal familiar – 1999.....	34
Tabela 3.10 – Despesas das famílias brasileiras – dados de 1999 – 2000.....	35
Tabela 3.11 – Tarifas residenciais de energia elétrica por concessionária – SP 2001.....	37
Tabela 3.12 - Incidência do ICMS sobre a tarifa de energia elétrica.....	38
Tabela 3.13 – Tarifas residenciais de energia elétrica e concessão de descontos por faixa de consumo.....	38
Tabela 3.14 – Preços da energia – média brasileira – R\$/MWh.....	39
Tabela 3.15 – Consumo de energia por combustível no setor residencial brasileiro.....	43
Tabela 3.16 – Penetração dos eletrodomésticos em favelas.....	45
Tabela 4.1 – Carência estimada de domicílios no Brasil – 1995.....	56

Tabela 4.2 Censo da população favelada e programas sociais nas capitais brasileiras – 2001	57
Tabela 5.1 – Uso de coletores solares no Mundo.....	80
Tabela 5.2 – Potência Instalada de energia fotovoltaica no Mundo.....	80
Tabela 5.3 – Comparação de algumas alternativas de aquecimento residencial de água.....	88
Tabela 5.4 – Rendimento custo do coletor de telha.....	88
Tabela 5.5 – Energia de aquecimento fornecida pelo Solpet.....	95
Tabela 5.6 – Tipo de coletores.....	100
Tabela 5.7 – Dimensionamento das placas coletoras com redução de temperatura da água....	102
Tabela 5.8– Desempenho das placas coletoras com redução da temperatura da água quente..	103
Tabela 6.1 – Evolução do tipo de construção em favelas na cidade de São Paulo.....	111
Tabela 6.2 – Material utilizado na cobertura das habitações brasileiras – 1991.....	112
Tabela 6.3 – Tipologia da cobertura das habitações autoconstruídas -SP – 1995.....	112
Tabela 6.4 – Tipologia x renda familiar nas habitações autoconstruídas em São Paulo.....	112
Tabela 6.5 – População favelada na Região Administrativa e na cidade de Campinas.....	117
Tabela 6.6 – Condição de ocupação da casa e lote da população de baixa renda- Campinas..	115
Tabela 6.7 – Densidade habitacional e condição de ocupação da moradia popular .....	116
Tabela 6.8 – Estimativa de consumo de água aquecida para o banho e higiene da moradia autoconstrutor.....	120
Tabela 6.9 – Custos dos materiais para a fabricação do coletor solar de concreto.....	125
Tabela 7.1 Preços de materiais.....	130
Tabela 7.2 Aproveitamento do material de coleta.....	132
Tabela 7.3 Materiais utilizados para o sistema de aquecimento com placa solar de concreto..	133
Tabela 7.4 Medições do sistema de aquecimento sob o ponto de vista do usuário.....	147
Tabela 7.5 Composição dos custos do sistema de aquecimento solar de água com coletor de concreto com 12,50 m <sup>2</sup>	148

# Capítulo 1

## Introdução

A aplicação do condicionamento natural e 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 setenta. Até então a arquitetura seguia os padrões de uma estética internacional, desvinculada totalmente do caráter social, cultural e ambiental dos seus países de origem.

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 ao conjunto do mundo e faria desaparecer a pobreza e as desigualdades (Heméry et al. 1993). O modelo de consumo ilimitado se estendia também para a 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 depois, com as formas de uso do espaço projetado.

O aumento brusco do preço do petróleo, no início da década de setenta, fez com que as tecnologias solares novamente voltassem a ser pesquisadas e exploradas pelos países industrializados. Para as classes sociais privilegiadas, novas tecnologias eficientes foram colocadas à disposição (como refrigeradores e lâmpadas mais eficientes, aquecedores solar de água com maior eficiência) dotando-as da opção de redução de gastos em um setor, para o

consumo em outro. Aos segmentos populares coube o uso do que o mercado lhe oferece como de menor investimento inicial (chuveiro elétrico, refrigeradores e lâmpadas com menor eficiência).

Mesmo nos países desenvolvidos, com altos níveis de renda *per capita* e bons padrões de qualidade de vida, há parcelas da população vivendo em situação de indigência e 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 ou a satisfação das necessidades básicas para toda a população ainda são condições a serem buscadas e conquistadas pela sociedade organizada.

Ao se propor o estudo de tecnologias solares para moradias populares, a caracterização de pobreza é importante e necessária. Como serão propostas e desenvolvidas ações, cabe precisar quais são os parâmetros que a sociedade contemporânea criou para conceituar as populações pertencentes ao universo *de interesse social*, e definir o que as organizações mundiais entendem como desenvolvimento e pobreza.

A moradia construída e mantida com consumo energético mínimo não significa necessariamente o sacrifício do conforto dos usuários. O planejamento adequado de uma edificação passa por estudos técnicos que analisem desde a extração das matérias-primas utilizadas, os processos de fabricação dos diferentes materiais, sua finalidade, manutenção e usos, até a seleção e inserção de novas tecnologias, capazes de implementar o uso de funções dentro da habitação, com consumo que traga qualidade ao ato de morar, e que, ao mesmo tempo, sejam econômicas e socialmente viáveis.

A análise dos fatores de eficiência, relacionada aos econômicos, passa a determinar quais os parâmetros desejáveis e compatíveis para uma determinada realidade social. A busca de soluções de baixo custo para o aquecimento doméstico de água, com o uso da energia solar, encontra respaldo quando se analisam as condições sócio-econômicas de considerável parcela da população brasileira, que se situa na faixa de extrema pobreza. Os dados recentes da Fundação Getúlio Vargas (FGV-2001) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE-2001), mostram que aproximadamente 20 milhões de famílias (27,6% para o IBGE e 29,3% para a FGV)

vivem com até dois salários mínimos. Esta realidade evidencia a má de distribuição da renda econômica e a exclusão social. Os programas para a redução da pobreza e para o acesso destas populações às condições básicas de qualidade de vida, exigem soluções distantes da sofisticação tecnológica, da conversão de alta eficiência, complexa, cara e de domínio restrito de poucos países.

A análise econômica comparativa dos sistemas de aquecimento solar de água residenciais tem mostrado a viabilidade do uso desta fonte de energia na habitação. Ela pode representar um avanço na estratégia energética brasileira, com a prestação de relevantes benefícios sociais, principalmente às populações mais carentes.

A tecnologia solares de baixo custo, que podem viabilizar o uso mais intenso da energia, podem estar inseridas nas diretrizes construtivas, com estratégias de condicionamento térmico diferenciadas para cada zona bioclimática brasileira, respeitando as diversidades regionais climáticas e culturais do país.

A incorporação do sistema de aquecimento solar de água na estrutura da moradia tem o propósito de permitir que o morador de baixa renda, aproveitando o sistema de mutirões e de autoconstrução da habitação, inclua esta alternativa na sua prática construtiva. A disponibilidade comercial e facilidade de obtenção dos materiais escolhidos devem se aliar à indispensável integração e familiaridade da comunidade com a nova forma de usufruir e conviver com o conceito inovador do uso da energia solar.

## **1.1 Objetivos**

Avaliar a eficácia e a aplicabilidade da tecnologia solar de baixo custo, para aquecimento de água, inserida em uma estrutura da moradia de baixa renda.

## **1.2 Objetivos específicos**

- Através de revisão bibliográfica:
  - levantar o perfil da população de baixa renda;
  - determinar suas necessidades energéticas;

- levantar as formas de construção da moradia popular
- pesquisar alternativas tecnológicas para o aquecimento de água.
- Através de montagem experimental:
  - avaliar a eficácia da solução tecnológica eleita;
  - avaliar o impacto sobre a economia da população de baixa renda;
  - testar a satisfação do usuário.

A dissertação foi organizada em oito capítulos, a seguir:

- No primeiro foi feita esta introdução.
- No segundo capítulo são pesquisadas como as diversas formas de consumir energia, identificam e excluem nações e povos das condições de desenvolvimento humano.
- No terceiro capítulo são analisados o consumo e as demandas de energia dos segmentos populares, demarcando quais as necessidades mínimas para garantir-lhes a condição de igualdade e dignidade.
- O quarto capítulo é dedicado a caracterizar a importância do habitat como um conjunto de bens materiais capazes de servir de abrigo e proporcionar conforto, e a mostrar de que maneira as populações pobres brasileiras conseguem resolver o problema da moradia.
- No capítulo quinto é feita uma revisão bibliográfica da tecnologia de aquecimento solar ligada à habitação. São catalogadas as experiências cujas soluções exijam baixos investimentos e possibilitem a sua disseminação através de práticas construtivas simples.
- No sexto capítulo é proposta uma tecnologia solar de aquecimento de água, integrada à estrutura da edificação, com um estudo de caso em uma moradia popular.
- No penúltimo capítulo se faz o relato da experiência piloto realizada e dos resultados obtidos.
- No último capítulo são apresentadas as conclusões e recomendações.

## **Capítulo 2**

### **A energia e o desenvolvimento**

O domínio da informação, do conhecimento tecnológico e dos sistemas energéticos mundiais, baseados nas energias não-renováveis, permite aos países ricos manter seu modelo de crescimento e desenvolvimento econômico. Os países pobres, com suas dinâmicas econômicas, políticas e sociais dependentes dos capitais externos e dos conhecimentos técnicos e científicos alcançados pelas nações industrializadas, sofrem com os problemas gerados pela ausência de estruturas auto-sustentáveis. O desemprego, a falta de alimentação e habitação adequadas, os altos índices de mortalidade e analfabetismo são um paradoxo diante do desenvolvimento tecnológico alcançado pelo homem. A pobreza das nações tem um elo com o baixo consumo de energia e com as formas de exploração do homem pelo homem. Esta é a abordagem do capítulo a seguir.

#### **2.1 O Consumo desigual de energia**

O homem primitivo, na economia de caça e coleta, estava obrigado a manter-se dentro dos limites de produtividade dos ecossistemas. A densidade populacional era regulada pela capacidade da natureza e das condições de suprimentos de recursos. Da produção de energia fornecida pelos próprios alimentos para sua sobrevivência, ele passou ao uso da energia da lenha, que lhe fornecia calor, luz e lhe dava a capacidade de produzir instrumentos para a geração de excedentes. Na fase agrícola, acrescentou a energia animal e aumentou o domínio sobre o conjunto da cadeia energética alimentar: domínio da produção, reprodução, conservação e

armazenamento do excedente de grãos. A energia humana passou, portanto, a ser usada para dominar os fluxos energéticos do ecossistema, aumentando os estoques e a possibilidade de crescimento da espécie (Hémery et al. 1993).

O homem primitivo (um milhão de anos atrás), sem o uso do fogo, consumia apenas a energia dos alimentos. De homem caçador, que queimava lenha (cem mil anos atrás), passou para a fase agrícola. No início semeava e utilizava a energia animal (5000 a. C.), passando depois a usar a força da água e do vento (Noroeste da Europa, em 1400 d.C.). O homem industrial utiliza o carvão para gerar calor e potência através da máquina a vapor (Inglaterra, em 1875). Já o homem tecnológico (EUA, em 1970) aumenta cada vez mais seu domínio e controle sobre os conversores biológicos, químicos, térmicos e mecânicos, entre outros. A energia predominante passa a ser extraída do petróleo e seus derivados, da eletricidade geradas por hidrelétricas e termelétricas, do uso da biomassa e das energias solar e eólica. Das 2.000 kcal/dia usadas pelo ser humano primitivo passa-se para 250.000 kcal/dia do homem tecnológico (Goldemberg, 1998).

Nos últimos cinquenta anos, os avanços científicos da humanidade ajudaram a manter o ser humano no topo da pirâmide da cadeia alimentar. O ar, a água e o espaço continuam sendo elementos vitais para suas funções biológicas. Ao se beneficiar da diversidade da cadeia alimentar vegetal, garantiu sua existência, multiplicando-se e desenvolvendo sua capacidade cognitiva. Ao mesmo tempo, tornou-se a mais frágil das espécies, por depender do equilíbrio de todo o sistema natural, econômico, político e social.

A grande quantidade de energia consumida pelo ser humano passou a ser uma característica essencial da vida moderna, tornando-se um dos fatores a determinar o grau de desenvolvimento de uma sociedade e de um país. Hoje, as nações industrializadas, chamadas desenvolvidas ou de economia de mercado, consomem 50% dos recursos energéticos globais, apesar de abrigarem apenas 16% da população mundial (Leite, 1997). Ao mesmo tempo, ostentam os mais altos indicadores sociais no que se refere a padrão de vida, instrução e longevidade, refletindo um dos estágios mais avançados da sociedade humana.

O desenvolvimento tecnológico de hoje faz o ser humano dispor de uma potência, em uma usina de energia nuclear, trinta milhões vezes superior à potência decorrente do uso da alavanca (de 0,05 HP) em 3000 a.C., e 190 vezes maior que a máquina a vapor terrestre (de 12.000 HP) da entrada do século XX (Goldemberg, 1998). Apesar da humanidade ter chegado aos atuais níveis de avanço tecnológico a oferta de energia é insuficiente para satisfazer às exigências da população mundial, hoje de seis bilhões de indivíduos.

O consumo de energia por habitante das nações desenvolvidas é cerca de oito vezes maior que o das nações pobres. Se houvesse equidade e fosse generalizado o padrão de consumo dos Estados Unidos da América ou da União Européia, a demanda de energia seria incompatível com os recursos energéticos atuais. Configura-se um cenário futuro previsível, em que a metade mais pobre da população mundial não conseguirá atingir o nível mínimo de condições materiais de vida e de consumo de energia, pois a distribuição igualitária da energia poria em risco a forma de vida alcançada pelas nações desenvolvidas (Leite, 1997).

Os países industrializados, mais ricos, utilizam a maior parte dos metais e combustíveis fósseis do mundo, como também os produtos alimentícios que mais necessitam o uso intensivo de recursos (Herrera et al. 1994). A Tabela 2.1 mostra a distribuição mundial do consumo de energia.

**Tabela 2.1 DISTRIBUIÇÃO MUNDIAL DO CONSUMO ENERGIA**

Item	Unidade de consumo <i>per capita</i>	Países desenvolvidos (25% da população)		Países em desenvolvimento (75% da população)	
		Participação no consumo mundial (%)	Consumo <i>per capita</i>	Participação no consumo mundial (%)	Consumo <i>per capita</i>
Calorias	Kcal/dia	34	3.395	66	2.389
Proteínas	g/dia	38	99	624	58
Gorduras	g/dia	53	127	47	40
Papel	Kg/ano	85	123	15	8
Aço	Kg/ano	79	455	21	43
Outros metais	Kg/ano	86	26	14	2
Energia comercial	Mtce/ano	80	5.8	20	0.5

Fonte: World Commission on Environment and Development, Our common future, 1987. In: Herrera et al. 1994.

A comparação do consumo desigual de energia dos países pobres e das Nações Desenvolvidas de Mercado, Europa Central e países do Leste, mostra que as nações mais

populosas são as que consomem menos energia per capita, num estágio de desenvolvimento em que ainda precisam investir em infraestrutura básica para romper seu atraso técnico e social.

**Tabela 2.2.- CONSUMO DE ENERGIA E POPULAÇÃO, POR REGIÕES, NO MUNDO -1990**

Regiões	Energia Milhões tEP*	%	População Milhões hab	%	tEP/hab
Nações Desenvolvidas de Mercado - OCDE	4.112	50	852	16	4,82
Antiga URSS, Europa Central e do Leste	1.724	20	413	8	4,17
Nações em desenvolvimento ou subdesenvolvidas	2.459	30	4.005	76	0,61
Total Mundial	8.295	100	5.270	100	1,57

Fonte: Commission of European Communities, *A View of the Future*, 1992. OECD compreende a União Européia, a EFTA, EUA, Japão, Austrália, Nova Zelândia e África do Sul. In: Leite, 1997. \*1 tEP ( toneladas equivalentes de petróleo) = 10.800 Mcal.

A grande disparidade de disponibilidade de energia de alguns países e a penúria do restante dos 76 % da população mundial (Tabela 2.1 e Tabela 2.2) mostra o domínio soberano dos países que detém conhecimento e tecnologia.

Abundância e pobreza são aspectos complementares do modelo de crescimento econômico mundial. A hegemonia de alguns países sobre os demais, quer seja no plano econômico, cultural, científico ou militar, traz para estas sociedades prosperidade e bem estar mas, paralelamente, acarreta graves problemas para o meio ambiente mundial.

A degradação ambiental tem duas fontes principais, aquelas associadas aos padrões de crescimento econômicos das sociedades ricas e as determinadas pela pobreza. A poluição do ar, a degradação dos mares com os acidentes no transporte de petróleo, a degradação de florestas, lagos e terras com a chuva ácida e o aquecimento por “efeito estufa” são alguns dos problemas gerados com o uso intensivo da energia proveniente da queima de combustíveis fósseis ou da biomassa (Herrera et al. 1994).

Somente para o suprimento da energia industrial, a porção emitida pela queima de combustível fóssil, em relação aos demais poluentes lançados na atmosfera, é de 85% com o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), 75%, do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), 63% com o chumbo. (Reddy et al. 2000). Os grandes contaminadores industriais, os países desenvolvidos, deverão reduzir a emissão dos gases de efeito estufa como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluor de enxofre (SF<sub>6</sub>) para os

níveis de 1990 e 1995, no período que vai de 2005 a 2012, para que não se degradem ainda mais as condições ambientais sobre a Terra (UNDP, 2000).

Os países desenvolvidos aumentam sua liderança tecnológica com barreiras econômicas protecionistas, afastando cada vez mais os países pobres do progresso material e da qualidade de vida por eles alcançada. Sachs (1986) defende para os países pobres a alternativa de “projetos de civilização originais ou de não-desenvolvimento”, num caminho diferente dos percorridos pelos países industrializados, de desperdício e incremento de materiais intensivos em recursos, e de degradação do meio ambiente.

O equilíbrio entre energia, recursos, desenvolvimento, população e ambiente supõe uma análise de todas as suas inter-relações, de modo que a ascensão dos países pobres a níveis mais altos de consumo de energia seja sustentada pela disponibilidade de energéticos que não representem a espoliação de recursos naturais, a degradação do meio ambiente, a subordinação, a dependência e a imposição de políticas econômicas e sociais que levam parcelas da humanidade à condição de miséria.

## **2.2 A energia e satisfação das necessidades básicas humanas**

A moderna sociedade industrial usa diariamente enormes quantidades de energia, para o funcionamento de máquinas, transportes, provimento de calor, luz e refrigeração. Cada indivíduo demanda energias diferentes para obter o seu bem estar, assim como cada sociedade necessita consumos distintos. Para os que vivem na pobreza, a prioridade é a satisfação das necessidades humanas básicas que são o emprego, a educação, a moradia, a água potável, os serviços de saneamento e um consumo de energia comercial e não-comercial<sup>1</sup> per capita mínimo, capaz de garantir dignidade e proporcionar condições para a melhoria de sua qualidade de vida.

A quantificação dos custos energéticos para satisfazer as necessidades humanas básicas é variável em função do clima, cultura, região, período histórico, idade, sexo e melhorias nos

---

<sup>1</sup> As energias comerciais são todas as fontes utilizadas para satisfazer as necessidades humanas que envolvem transações comerciais, tais como os transportes (combustíveis, carros, ônibus, caminhões), a moradia (construção, manutenção), os alimentos, os serviços de saúde, educação, esgoto,

padrões de vida que ultrapassem a “sobrevivência produtiva”. Estudos desenvolvidos por Herrera et al. (1977) apontam para três medidas quantitativas como forma de aferir a quantidade de energia comercial necessária para satisfazer as necessidades humanas básicas: 3000 kcal e 100 gramas de proteína por dia; uma casa de 50 metros quadrados de área habitável por família e 12 anos de educação básica, com matrícula escolar de todas as crianças entre 6 e 17 anos.

Nos países pobres, significativa parcela da população, devido à falta de poder de compra, depende de fontes de energia não comerciais como lenha, esterco e restos agrícolas para obter a quantidade de energia necessária à satisfação de suas necessidades básicas (Goldemberg 1998). Souza et al. (2000) mostram que, em regiões da Amazônia, a madeira e gravetos colhidos na mata continuam sendo a fonte principal para a cocção dos alimentos. Os custos com outros energéticos, para populações que ganham até um salário mínimo, chegam a representar em média 30 % da renda familiar. Entre os que possuem maior peso, em termos de custos, estão o GLP, pilhas, velas, querosene e a recarga de baterias de automóveis utilizadas para acionar televisores e rádios (Souza et al. 2000).

Autores como Goldemberg e Krugmann estabelecem o consumo mínimo de 7.500 kcal/dia de energia não-comercial para a satisfação das necessidades básicas nos países pertencentes à América Latina, África e Ásia (Tabela 2.3). Observa-se que o consumo de energia per capita, ao se adicionar a energia comercial, pode variar entre 27.800 kcal/dia e 36.400 kcal/dia, de acordo com as condições sócio-econômicas de cada nação (Goldemberg, 1998).

**Tabela 2.3 -NECESSIDADES BÁSICAS: CONSUMO DE ENERGIA PER CAPITA**

Região	Ano	Energia Comercial kcal/dia	Energia Não Comercial kcal/dia	Energia Total kcal/dia
América Latina	1992	24.200	7.500	31.700
África	2008	20.300	7.500	27.800
Ásia	2020	28.900	7.500	36.400

Fontes: Krugmann e Goldemberg, 1983. In: Goldemberg, 1998.

---

etc. Energias não-comerciais são as fontes biológicas que não envolvem poder de compra. O uso da biomassa no meio rural, como a coleta da lenha e restos agrícolas para a utilização como combustível, é entendido como uma fonte de energia não-comercial.

## 2.3 Os indicadores da pobreza e os da qualidade de vida

A quantidade de capital acumulado pelos países, medido pelo produto interno bruto (PIB), foi durante muito tempo utilizada como indicador de suas riquezas. Os recursos gerados pela economia, no entanto, não conseguem mostrar o estágio de desenvolvimento e bem estar de seus cidadãos (PNUD, 1996). Para Sachs a medida do nível e qualidade de vida, não pode ser apoiada neste indicador tradicional, por não mais refletir a situação social das nações. Hoje, o PIB/hab apenas serve para detectar o nível da atividade econômica e a disponibilidade de manobra de um país em razão do seu potencial econômico (Sachs, 1986). Por esta razão, novas metodologias foram desenvolvidas para buscar aferir, além do PIB e do consumo de energia, a qualidade de vida e o desenvolvimento da população, determinando e avaliando o estágio de bem estar alcançado.

A Organização das Nações Unidas, através do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) adota uma metodologia que faz aferições em três grandes fatores:

- Educação: com a avaliação da alfabetização e da taxa de matrícula escolar, que compõem o indicador educação.
- Renda: considerando a renda per capita através do Produto Interno Bruto (conjunto das riquezas de um país dividido pelo número de seus habitantes), ela determina a renda.
- Saúde: conhecendo a expectativa de vida, mede a condição de saúde de um povo ou a esperança de vida ao nascer.

Esses dados, com mesmo peso no cálculo da avaliação vão compor o Índice de Desenvolvimento Humano, chamado IDH. A média geral dos indicadores IDH educação, IDH renda e IDH saúde, terá uma variação de 0 a 1, como apresentado na Tabela 2.4. Quanto maior o valor, maior o grau de desenvolvimento de uma nação. Este índice, combinado com indicadores econômicos e sociais, tem sido usado para medir a qualidade de vida das populações em 174 países do mundo.

Na abordagem do IDH, o Desenvolvimento Humano passa a ser definido como um processo que possibilita a ampliação de opções e oportunidades das pessoas, com três linhas

básicas: a de desfrutar uma vida longa e saudável, adquirir conhecimento, e ter acesso aos recursos necessários a um padrão de vida digno (PNUD, 1996).

**Tabela 2.4 - CLASSIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE IDH**

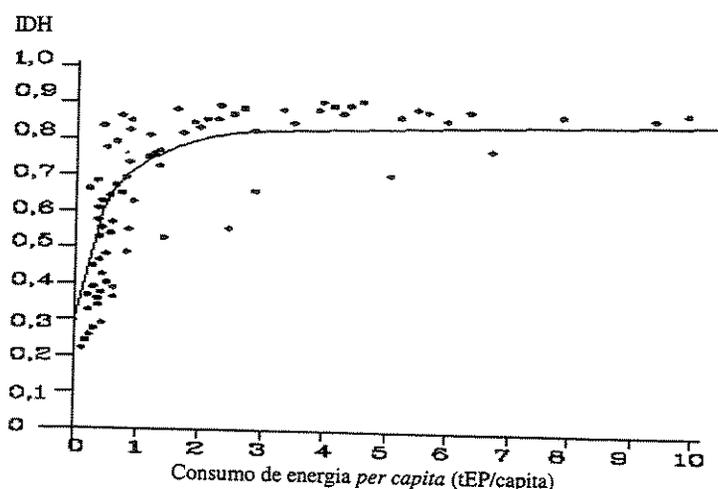
IDH	Nível de IDH
Alto desenvolvimento humano	0,800 ou mais
Médio desenvolvimento humano	0,500 a 0,799
Baixo desenvolvimento humano	Abaixo de 0,500

Fonte: PNUD, 1996.

Os novos indicadores sociais “*permitem, de um lado, estabelecer perfis de bem estar para cada grupo social e, de outro, definir os objetivos de desenvolvimento, utilizando-se para cada indicador retido uma norma de satisfação julgada aceitável, como um mínimo social para um país e um período determinado*” (Sachs, 1986, p.39-40).

O gráfico 2.1 mostra o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) em função do consumo de energia comercial per capita anual, para diversos países. Verifica-se que o consumo acima de 1 tEP/capita por ano, a partir do IDH com valor maior que 0.8, passa a ser constante para todos os países. Para Goldemberg, 1 tEP/capita/ano seria a energia mínima necessária para garantir um nível de vida aceitável quando medido pelo IDH.

Gráfico 2.1 –IDH e ENERGIA ANUAL CONSUMIDA PER CAPITA 1991-1992



Fonte: C.E Suarez, “Energy needs for Sustainable Development”, em J. Goldemberg e T.B. Johansson, Energy As an Instrument for Socio-Economic Development, UNDP, 1995. In: Goldemberg, 1998.

O desenvolvimento humano extrapola o caráter exclusivo da dimensão econômica. Esta conceituação supõe o respeito às relações das atividades da sociedade, da sua estrutura social, econômica e da biosfera. Ao mesmo tempo em que o progresso econômico é condição necessária para promover o bem estar da população, ampliando oportunidades de empregos produtivos e remunerados, a experiência mundial recente tem mostrado a substituição intensiva da mão de obra pela automatização do sistema produtivo. Cada vez mais a oferta de emprego é menor e o mercado deixa de absorver o imenso contingente de indivíduos em idade de trabalhar. Trata-se de um crescimento econômico que não assegura, na prática, condições para que haja a satisfação das necessidades básicas do ser humano. As atividades econômicas só terão sentido se houver respeito às estruturas de cada esfera, a social, a cultural, a política e a ambiental.

Países como a Noruega, Austrália, Canadá, Suécia, Bélgica e EUA ocupam hoje (2001) a posição de nações com maior índice de qualidade de vida do mundo. Na América do Sul, a Argentina, Chile e Uruguai continuam detendo a classificação de 34º, 37º e 38º, com índices de 0,842, 0,828 e 0,825 respectivamente, sendo os três países latino-americanos que se situam no ranking das 46 nações apontadas como de “alto desenvolvimento humano” (UNDP, 2001).

Entre os 174 países analisados no Relatório sobre o Desenvolvimento Humano, preparado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, edição 2000 (com dados de 1998), o Brasil assume a posição de 74º, junto com Arábia Saudita, com o IDH de 0,747. Na edição de 2001 o Brasil sobe para 69º lugar, com IDH de 0,75, e Arábia Saudita com 0,754. Os últimos 24 colocados na listagem são todos países africanos, com IDH de 0,437 para a Mauritânia até chegar a 0,258 para Serra Leoa (UNDP, 2000; UNDP 2001).

Ao ser analisada a correspondência entre os níveis de consumo energético e os de desenvolvimento humano, mostrado na Tabela 2.5, percebe-se que quanto maiores os níveis médios de longevidade, educação e renda, mais altos são os consumos de energia comercial. Os países com ritmos de desenvolvimento mais intenso de crescimento econômico tendem a mostrar crescimentos também no Índice de Desenvolvimento Humano.

**Tabela 2.5 CONSUMO ANUAL DE ENERGIA PER CAPITA x IDH**

País	IDH 98* Ano 2000	IDH 99* Ano 2001	Consumo** MJ
Estados Unidos	0,934	0,934	344.000
Reino Unido	0,918	0,923	166.000
Japão	0,924	0,928	104.000
Argentina	0,837	0,842	55.000
Brasil	0,747	0,750	16.300
Índia	0,563	0,571	5.400
Indonésia	0,670	0,677	3.800
Nigéria	0,439	0,455	1.800

Fonte: \* UNDP, 2000-2001. \*\* OLADE-SIEE, 2000. Tabulação própria

No entanto, países com resultados similares no IDH podem apresentar níveis diferenciados de consumo de energia comercial per capita. Os dados de Noruega e Estados Unidos, vistos na Tabela 2.6, mostram IDHs iguais, mas formas distintas de produzir o seu desenvolvimento, evidenciados pelo consumo de energia.

**Tabela 2.6 CLASSIFICAÇÃO DOS PAÍSES PELO IDH x ENERGIA COMERCIAL**

País	IDH Ano 1999	Energia Comercial kgEP/per capita
Estados Unidos	0,927	8.051
Noruega	0,927	5.284
Argentina	0,827	1.673
Uruguai	0,827	912
Filipinas	0,740	528
Brasil	0,741	1.012
África do Sul	0,695	2.482
Tunísia	0,695	735

Fonte: Bôa Nova, 1999.

Bôa Nova, ao associar estes dados, IDH e energia comercial constatou que a relação entre a evolução do consumo energético e o resultado do desenvolvimento comporta variações expressivas de país para país, cujas análises não pertencem ao campo das ciências naturais, mas devem ser reportadas à história das sociedades. O autor reflete que traduzir uma discussão qualitativa, como a do desenvolvimento, em uma linguagem quantitativa, requer acuidade, para que os dados empíricos propiciem riqueza de informação fundamentada na realidade objetiva.

As disparidades intrínsecas de políticas econômicas diferenciadas dos governos latino-americanos ficam evidenciadas quando é analisado o consumo energético dos países que compõem a América Latina e Caribe, mostrado na Tabela 2.7. Constata-se que os países que participam da região formada pelo Cone Sul - Argentina, Chile, Paraguai e Uruguai -, e o México, são os que possuem maiores níveis de consumo de energia, situando-se dentro da faixa mínima necessária para suprir as carências energéticas de 1 tEP *per capita*. Os demais países, com um consumo

muito abaixo do mínimo, ainda precisam despender muitos esforços para que sejam atingidos padrões decentes de vida, nos quais se incluem os direitos à alimentação, à saúde, à educação, à habitação, ao trabalho digno e adequadamente remunerado.

Tabela 2.7 - CONSUMO DE ENERGIA E POPULAÇÃO NA AMÉRICA LATINA - 1998

Regiões *	Energia: Milhões tEP	%	População: Milhões hab	%	tEP/hab
México	105	24	96	19,5	1.09
Centro América	17	5	35	7,0	0.48
Caribe	21	5	32	7,0	0.65
Zona Andina	87	20	106	21,5	0.82
Cone Sul	66	15	59	12,0	1.12
Brasil	131	31	161	33,0	0.83
América Latina e Caribe (total)	427	100	489	100	0.87

Fonte: OLADE - SIEE, 2000. Tabulação própria.

\*Centro América: Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicarágua e Panamá;

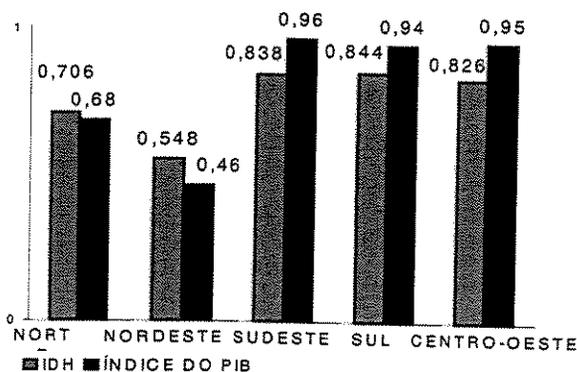
Caribe: Barbados, Cuba, Granada, Guiana, Haiti, Jamaica, Rep. Dominicana, Suriname e Trinidad Tobago;

Zona Andina: Bolívia, Colômbia, Equador, Peru e Venezuela; Cone Sul: Argentina, Chile, Paraguai e Uruguai; Brasil: Brasil.

As especificidades de cada um dos países latino-americanos, seus distintos passados coloniais, suas dimensões geográficas e econômicas, suas estruturas produtivas e de comércio exterior, seus processos de urbanização, as atitudes dos governos nacionais e de suas elites são apontadas por Cano (1999), como resultado dos processos do autoritarismo, do conservadorismo e da violência da herança social destas nações. A reestruturação dos países desenvolvidos passa pelos ajustes macroeconômicos impostos à periferia internacional, exigindo subordinação e passividade. As dificuldades e desigualdades dos países latino-americanos consolidam a hegemonia do modelo neoliberal, que desarticula as estruturas produtivas e as instituições políticas e sociais capazes de fazer o enfrentamento à “Nova Ordem Internacional” (Cano, 1999).

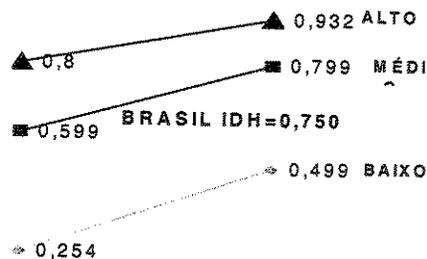
A análise feita pelo *Relatório sobre o desenvolvimento humano no Brasil* (1996) para os estados brasileiros relativa aos IDHs, leva a resultados que permitem caracterizar a existência de três “Brasis”. As disparidades de políticas econômicas, desvinculadas do compromisso de defesa do desenvolvimento social e dos interesses nacionais são apontadas pelo PNAB-1996 como algumas das causas dos desequilíbrios regionais. O Pará, o Acre e os estados da região Nordeste são os que apresentam nível mais reduzido de desenvolvimento humano. A pobreza mostra um componente caracteristicamente regional: no Nordeste 46% da população vive na pobreza, no Norte 40 % e no Sul 20% (PNUD, 1996).

Gráfico 2.2 – IDH/PIB BRASILEIRO POR REGIÃO 1996



Fonte: PNUD, 1996.

Gráfico 2.3 - IDH BRASILEIRO 1999



Fonte: UNDP, 2001.

Trata-se de uma constatação que se repete em quase todas as nações, ricas e pobres, onde o tratamento diferenciado de certas fatias da população relega as demais à penúria e à exclusão dos benefícios da evolução da ciência e da tecnologia. A pobreza contrasta com a opulência das sociedades tecnológicas.

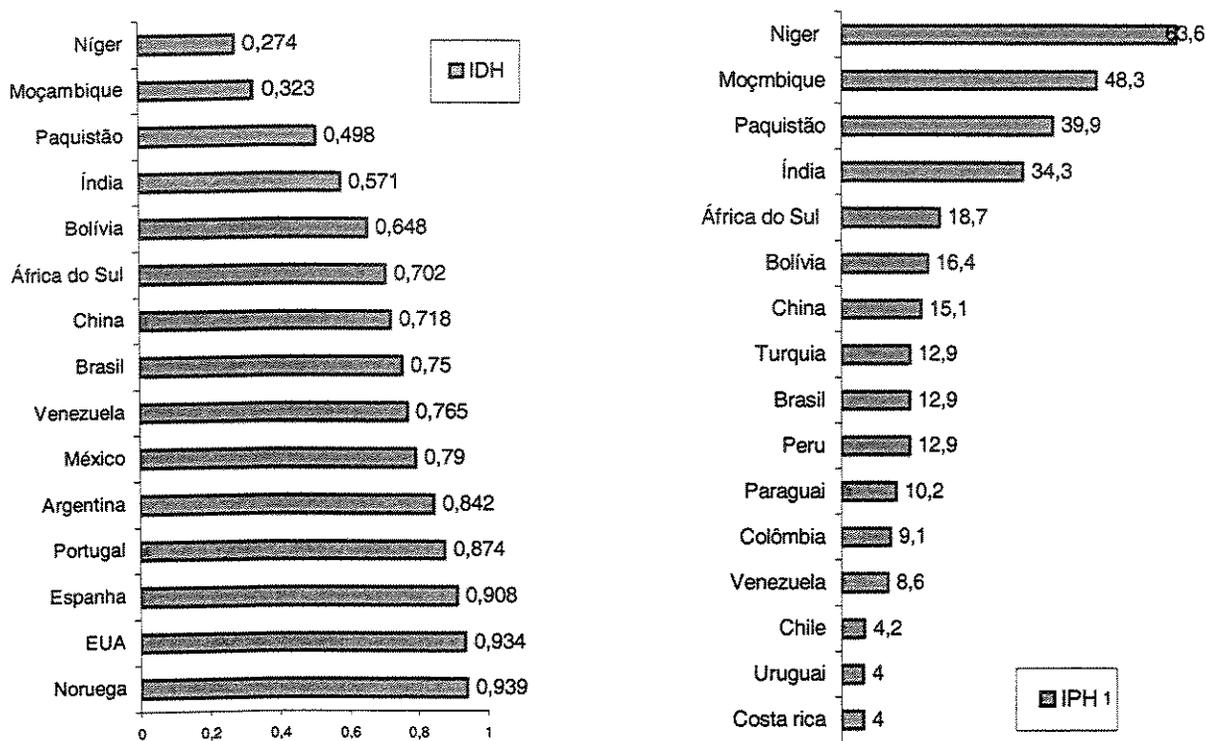
A pobreza<sup>2</sup> das nações tem sido mensurada pelo *Índice de Pobreza Humana*. Este indicador é composto a partir de dados que medem as privações de uma sociedade e estimando, também, a exclusão social nos países. É dividido em IPH 1 e IPH 2 .

O IPH-1 mede a privação enquanto as mesmas dimensões do desenvolvimento básico que é o IDH – saúde, educação e renda (esperança de vida ao nascer; alfabetização de adultos e a taxa bruta de matrículas primárias, secundárias e terceiro grau, e o PIB *per capita*). O IPH-2 se centra nas privações das mesmas três dimensões do IPH 1, com uma variável adicional que é a exclusão social. São medidas as porcentagens de pessoas que irão morrer até os 60 anos; a porcentagem de pessoas cuja capacidade para ler e escrever não é suficiente para ser considerado indivíduo funcional (taxa de analfabetismo funcional do adulto); a proporção da população que se encontra em extrema pobreza; e a proporção de desempregados ao longo de 12 meses ou mais.

<sup>2</sup> Para o Banco Mundial a pobreza humana é caracterizada pelo rendimento insuficiente para os gastos básicos de alimentação, vestuário, educação, etc., identificando aquele indivíduo que ganha abaixo de US\$ 1 por dia.

O Gráfico 2.4 mostra o IPH e IDH de alguns países do mundo. O Canadá, apesar de ter sido classificado como o país de mais alto Índice de Desenvolvimento Humano, em 2000, possui o 11º lugar em relação ao Índice de Pobreza Humana. Os Estados Unidos, o terceiro colocado no IDH (2000), no tocante à pobreza de sua sociedade ficou em 17º lugar (UNDP, 2000).

Gráfico 2.4 IDH e IPH de 1999-EDIÇÃO 2001 DE ALGUNS PAÍSES DO MUNDO



Fonte: UNDP, 2001.

Mesmo com compromissos celebrados pelos países em desenvolvimento, em 1995, na Conferência Mundial sobre Desenvolvimento Social das Nações Unidas, para a erradicação da extrema pobreza e redução da pobreza em geral, o relatório *Informe del PNUD sobre la Pobreza – 2000*, chegou a conclusão de que os progressos foram insignificantes (PNUD, 2000).

Estudos e levantamentos apontam para causas comuns para a existência da extrema pobreza nos países ricos. As parcelas mais pobres da população possuem altas taxas de analfabetos funcionais - 16% a 20% (indivíduos que não têm habilidade mínima de leitura, embora possam ler e escrever basicamente); possuem uma expectativa de vida menor que 60 anos; quando

perdem o emprego ficam mais de 12 meses fora do mercado e seus rendimentos se situam abaixo da linha de pobreza.

Existe uma relação entre disponibilidade de energia e desenvolvimento, na medida em que a primeira representa uma possibilidade de oferta de serviços para o bem estar do ser humano e para a movimentação da produção e geração de trabalho, e assim, eliminando os fatores que mantêm os povos em condições de miséria.

*“A miséria e a privação de grande parte da humanidade não são mais o resultado inevitável de um controle incompleto de nosso meio físico, mas sim do uso irracional dos instrumentos científicos e tecnológicos a nossa disposição”.* (Herrera, 1982, p.170)

O pressuposto de que todos indivíduos, independentemente de suas condições culturais, étnicas e religiosas, têm necessidades básicas semelhantes, colocam em confronto as conquistas do conhecimento da humanidade. A dimensão econômica, tendo como valores essenciais a produção e o lucro, transgride os princípios fundamentais da justiça social.

Os limites da disponibilidade de energia, a previsão do fim dos estoques de recursos naturais, a diminuição de áreas de cultivo agrícola para produção de alimentos, o incremento da atividade industrial, da poluição e o aumento populacional, desafiam o modelo de evolução da sociedade pós-industrial, que desconsidera a capacidade de equilíbrio global da biosfera.

A persistência da miséria leva a um questionamento inquietante: em que valores éticos se estrutura a sociedade moderna, que apesar dos avanços em todas as áreas do conhecimento, é capaz de segregar membros de sua própria espécie e condenar a um extermínio natural os que porventura nasçam num local qualquer, com suficiente distância para não fazer parte do seu cotidiano moral e ético?

A ascensão a níveis mais altos de consumo de energético não significa obtenção de padrões mais elevados de desenvolvimento. É necessária uma mudança de conceitos de toda a sociedade para que se encontre uma forma de desenvolvimento que contemple o ser humano em todas as suas necessidades e ao mesmo tempo impeça a degradação ambiental. Conhecimento e

informação devem estar a serviço da coletividade, para que as necessidades sociais de alimentação, saúde, habitação, educação, e transporte sejam supridos, garantindo qualidade de vida em harmonia com o meio ambiente.

A demanda por energia de cada sociedade está ligada, portanto, aos padrões de consumo que ela determina como satisfatório para o seu bem estar. O consumo de energia das populações, quando analisada por classes sociais, mostra que as que possuem melhores rendimentos familiares conseguem obter benefícios e melhorias na sua qualidade de vida. Para as populações pobres existe uma cesta energética mínima para que sejam atendidas as necessidades básicas da família. No Brasil, com suas diferenças regionais tanto econômicas, sociais, culturais e climáticas, são diversas as variáveis que determinam o consumo e os requisitos mínimos para assegurar um padrão digno de qualidade de existência. O consumo de energia na moradia da baixa renda brasileira será o assunto abordado no capítulo a seguir.

## Capítulo 3

### O consumo de energia na moradia de renda baixa

No atual contexto histórico, os progressos científicos alcançados pela humanidade permitem ao homem tirar vantagem do conhecimento acumulado, criando tecnologias capazes de o liberar de tarefas que envolvem o uso de sua energia muscular. No entanto, os conflitos e as contradições inerentes à civilização tecno-industrial o tem levado a criar uma sociedade desigual (Morin & Kern, 1993).

O consumo de energia *per capita* mínima dos povos, como visto no capítulo anterior, está relacionado com uma série de fatores, desde os econômicos aos históricos, sociais, culturais e climáticos. Uma vida saudável supõe que sejam alcançados parâmetros mínimos de consumo. As populações que vivem com um rendimento baixo não possuem condições para a satisfação das necessidades humanas básicas. O baixo nível educacional as afasta do mercado formal de trabalho e de um ganho capaz de lhes prover alimentação adequada, moradia, água potável, serviços de saneamento, energia e os mais diversos bens materiais capazes de melhorar o seu bem estar.

O nível educacional dos grupos sociais pode assim ser relacionados às diversas faixas de consumo de energia. Com maior conhecimentos acumulados melhores serão os rendimentos salariais e maiores serão as possibilidades de acesso aos serviços que poderão proporcionar conforto para a família. Um baixo consumo poderá até representar uma racionalização do uso da energia, tanto com o uso de equipamentos eficientes como a existência de hábitos que evitam o desperdício, ou o consumo atípico decorrente de férias, viagem, imóvel fechado, em reforma, etc.

No entanto, considerando que a moradia seja de uso permanente e nela more a família típica brasileira, haverá um consumo mínimo para que se alcancem padrões dignos de vida e bem estar.

Neste capítulo tentamos caracterizar qual o consumo de energia das populações pobres brasileiras, em especial o da eletricidade, analisando quais as variáveis que determinam este consumo e os requisitos mínimos para assegurar um padrão mínimo de qualidade de vida.

### **3.1 As necessidades básicas, os níveis de renda e o consumo de energia**

A demanda por energia na sociedade contemporânea, como exposto no capítulo anterior, está relacionada ao estágio de desenvolvimento em que se encontra cada nação e à estrutura de classes sociais de sua sociedade.

Estudos na área da economia entendem a demanda como a solicitação, pedido, procura ou necessidade de algum tipo de matéria prima, produto ou bem existente que os compradores estariam dispostos a comprar e seriam capazes de adquirir a diferentes preços de mercado. Ela se refere a um período determinado e a uma população específica (Wonnacott & Wonnacott, 1994).

Existe um certo grau de competitividade entre produtores e consumidores, em torno do preço e dos custos dos meios de produção, como salários, despesas financeiras e matéria-prima. Se os custos de produção caem as empresas podem produzir maiores quantidades pelo mesmo preço. A demanda também está associada à renda total dos consumidores. Com maior renda disponível os consumidores podem gastar mais, aumentando a demanda (Pindyck & Rubinfeld, 1994).

A utilização das fontes de energia e os usos finais na moradia estão associados, além dos preços dos energéticos e dos equipamentos criados para o seu uso, a fatores como as necessidades básicas de energia da família, os níveis de renda, os padrões socioculturais e à diversidade climática. Também são importantes o tamanho da família, os hábitos de consumo e as características de suas habitações.

### 3.1.1 Necessidades familiares básicas de consumo

O consumo familiar de energia pode abranger todo o gasto que compõe o orçamento familiar, desde as despesas que estão diretamente relacionadas com a energia, como a eletricidade, gás, lenha, carvão vegetal, querosene e gasolina, até as que envolvem o consumo energético indireto como o transporte urbano, viagens, táxi, gasolina para veículo próprio, etc.

Estudos para a quantificação dos gastos energéticos de uma família, efetuados por Boa Nova, entre os anos de 1974 e 1985, incorporaram tanto o consumo na habitação como o dos transportes. A investigação visava estabelecer a conexão entre o consumo energético e os estilos de vida das famílias, e de que forma as diferenças de classes se refletiam em desigualdades nestes consumos.

Os gastos básicos por usos finais mostraram a expressiva participação do uso da lenha nas camadas rurais, e o da eletricidade e gás nas classes urbanas. Para a população rural o consumo restrito à cocção dos alimentos e aquecimento da água (95%) fazia com que a lenha tivesse uma participação de 94 % no consumo residencial. Nas classes urbanas, devido à eficiência de equipamentos, fogões e combustíveis (fogões a gás), esta participação diminuía para 48%. As classes ricas urbanas consumiam apenas 6% de lenha (Boa Nova, 1985).

A tentativa mais recente de estabelecer uma cesta básica energética para a família brasileira consta de um estudo elaborado por Bermann e Martins em 2000 (Tabela 3.1). Sob o ponto de vista metodológico foi considerada uma distinção entre as diversas formas de energia: a eletricidade e combustíveis. Foi feita também uma identificação quanto aos usos finais a serem satisfeitos: iluminação, força motriz, calor de processo e aquecimento direto necessários para a alimentação (cocção e refrigeração), transporte, cultura e lazer. Não foram consideradas as demandas energéticas necessárias para saúde, educação, saneamento básico e aquelas ligadas às atividades produtivas, como o desempenho no trabalho (Bermann et al. 2000).

O consumo mínimo mensal de energia elétrica para um domicílio com 5 pessoas, composto por sala, 2 quartos, cozinha e banheiro, indicado na tabela a seguir, foi estimado em 220 kWh.

Para a composição da cesta básica mensal de combustíveis os autores consideraram 13 kg de GLP (um botijão de gás) para a cocção dos alimentos e 1,04 litros (40.000 kJ<sup>1</sup>) de óleo diesel para o transporte urbano.

**Tabela 3.1 CONSUMO MÍNIMO MENSAL DE ENERGIA ELÉTRICA POR DOMICÍLIO**

Aparelhos elétricos	Potência média (watts)	Dias de uso no mês	Tempo médio de utilização/dia	Consumo médio mensal (kWh)
Geladeira	200	30	10h*	60.0
Chuveiro elétrico	3.500	30	40 min**	70.0
2 lâmpadas (100W)	2 x100	30	5h	30.0
3 lâmpadas (60 W)	3 x 60	30	5h	27.0
televisão	60	30	5h	9.0
Ferro elétrico	1.000	12	1h	12.0
Lava-roupas	1.500	12	30 min	9.0
Aparelho de som	20	30	4h	3.0
<b>TOTAL</b>	<b>6.660</b>			<b>220.0</b>

Fonte: Bermann & Martins, 2000. \* O tempo médio de utilização de 10h para geladeira refere-se ao período em que o compressor fica ligado.

\*\* Considerou-se cinco banhos de 8 minutos cada.

Bermann e Martins não consideraram a utilização de equipamentos mais eficientes como as lâmpadas fluorescentes compactas, em substituição às lâmpadas incandescentes, ou a substituição parcial ou total do chuveiro elétrico pelo aquecimento solar, embora reconheçam esta possibilidade para permitir que condições de equidade sejam alcançadas de forma sustentável.

### 3.1.2 Rendimento familiar e consumo de energia elétrica

Uma análise do consumo de eletricidade nos dias atuais, fornecida pela Concessionária Light, de três famílias moradoras em zonas distintas do Rio de Janeiro, mostra que níveis de renda diferenciados definem padrões de consumo distintos. Para os que possuem excedentes de rendimentos, existe a possibilidade de equipar o domicílio com novas tecnologias, que trazem melhorias e aumentam a eficiência de todas as funções da residência.

Na Tabela 3.2, a família da favela da Rocinha (mãe e dois filhos) consumia entre o quarto, cozinha e banheiro, 28 kWh, pagando um valor de R\$ 5,84 pela conta de energia. Um casal morando em um apartamento em Copacabana, possuindo a mais dois quartos, sala e área de serviço, consumia 297 kWh, pagando R\$ 75,63. Um casal com dois filhos, com casa com quatro

<sup>1</sup>Os autores consideraram o deslocamento médio de 50 km entre residência e local de trabalho, da residência para a escola, da residência para locais de consumo e deslocamentos de lazer. Consumo energético específico de 800 kJ/pessoa/km, estimado para ônibus com utilização de

quartos e três salas, morando na Barra da Tijuca, consumia 2.568 kWh e pagava R\$ 714,93 por sua conta de luz. Esta última residência continha uma série de equipamentos que são úteis para a manutenção da casa, como aspirador de pó, lavadora de roupa e louça, e para o conforto e lazer de seus ocupantes como televisão, aparelho de som, computadores, micro-ondas, freezer, ventiladores e ar condicionado, entre outros.

**Tabela 3.2 REQUERIMENTOS ENERGÉTICOS EM DUAS MORADIAS COM RENDAS DIFERENTES**

Situação 1 – casa na favela da Rocinha – mãe com dois filhos				
Parte da casa	Equipamento	Tempo de uso	Consumo	TOTAL
Quarto	1 televisão	6 horas por dia	12 kWh	28 kWh = R\$ 5,84 (US\$ 2,35)
	1 lâmpada	3 horas por dia	9 kWh	
	1 aparelho de som	2 horas por dia	1 kWh	
Banheiro	1 lâmpada	1 hora por dia	3 kWh	
Cozinha	1 lâmpada	1 hora por dia	3 kWh	
Situação 2 – Apartamento de dois quartos em Copacabana, casal.				
Sala	1 aparelho de som	2 horas por dia	1 kWh	297 kWh = R\$ 75,63 ( US\$ 30,49)
	1 lâmpada	1 hora por dia	3 kWh	
Quartos	1 televisão	3 horas por dia	3 kWh	
	2 lâmpadas	3 horas por dia	18 kWh	
	1 ventilador	8 horas por dia	24 kWh	
	1 computador	3 horas por dia	14 kWh	
Banheiro	1 lâmpada	2 horas por dia	6 kWh	
Cozinha	1 lâmpada	2 horas por dia	6 kWh	
	1 geladeira	24 horas por dia	144 kWh	
Área Serviço	1 lâmpada	1 hora por dia	3 kWh	
	1 máquina de lavar	1 hora por dia	45 kWh	
	1 ferro passar roupa	1 hora por dia	30 kWh	

Fonte: LIGHT, 2001.

Os requisitos energéticos para a satisfação das necessidades em uma moradia estão também relacionados com a capacidade de renda da família. A disparidade de consumo existente entre os segmentos sociais reflete a desigualdade de ganhos. A variação, como a situação mostrada acima, chega ser da ordem de 1 a 9 vezes.

### 3.1.3 Consumo, renda e tamanho da moradia

Outro fator a ser considerado para avaliar o consumo de energia das populações pobres é o da renda familiar e área da moradia. A pesquisa – *Pesquisa de posse de eletrodomésticos e hábitos de consumo*, um extenso trabalho realizado em agosto de 1989 pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), Eletrobrás e Concessionárias permite cruzar dados e mostrar a estreita correlação entre estes fatores.

cinquenta por cento da capacidade.

Os dados (Tabela 3.3) mostram que no Nordeste mais da metade da população (53,3%) viviam com até dois salários mínimos. Os 54,27 % que moravam em habitações de até 100 metros quadrados (Tabela 3.4), consumiam até 100 kWh/mês.

**Tabela 3.3 RENDA FAMILIAR POR UNIDADE CONSUMIDORA POR REGIÃO BRASILEIRA-1989**

RENDA FAMILIAR	REGIÕES DO BRASIL										TOTAL DO BRASIL	
	Norte		Nordeste		Centro -Oeste		Sudeste		Sul		absoluto	%
Piso nacional de salários* - ago 1988	absoluto	%	absoluto	%	absoluto	%	absoluto	%	absoluto	%	absoluto	%
Até 1 PNS	82.932	12,3	1.433.109	34,0	162.597	12,7	1.111.803	10,0	371.028	9,7	3.161.469	15,0
1 - 2	93.864	13,9	813.451	19,3	185.361	14,5	1.506.122	13,6	731.330	19,3	3.330.128	15,8
2 - 5	186.298	27,7	949.769	22,5	3.220.014	25,3	3.446.544	31,1	1.468.560	38,7	6.373.185	30,3
> 5	161.901	24,0	577.363	13,7	325.228	25,5	3.565.531	32,2	929.292	24,5	5.559.315	26,4
Não sabe	146.860	21,8	436.693	10,3	277.238	21,7	1.421.630	12,8	286.053	7,5	2.568.474	12,2
<b>TOTAL</b>	<b>671.855</b>	<b>100</b>	<b>4.210.385</b>	<b>100</b>	<b>1.272.438</b>	<b>100</b>	<b>11.051.630</b>	<b>100</b>	<b>3.786.263</b>	<b>100</b>	<b>20.992.571</b>	<b>100</b>

Fonte: PROCEL, 1989. \* PNS=Piso nacional de Salários.

As regiões Norte, Sul e Sudeste apresentaram índices próximos, quase a metade da população que morava em habitações de até 100 metros quadrados, possuía um consumo de até 100 kWh e renda de até 5 vezes o Piso Nacional de Salário (PNS).

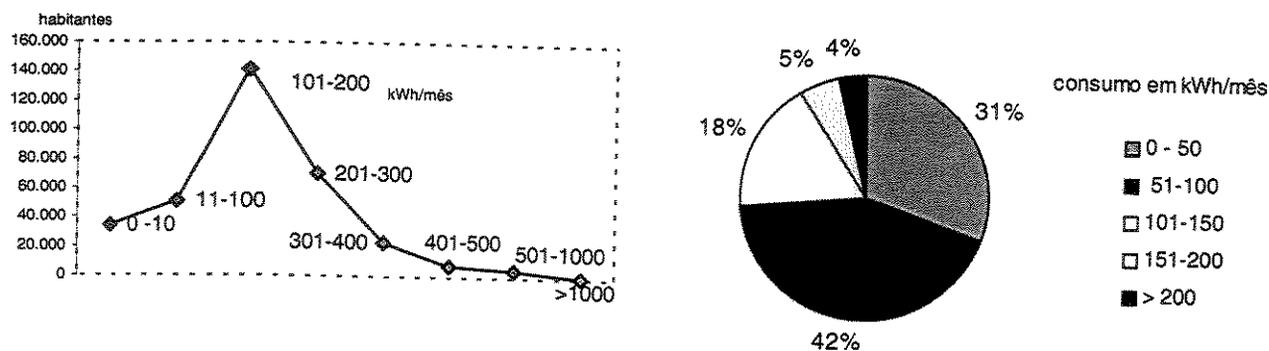
À medida que aumenta o tamanho da moradia em área construída, há um incremento no consumo de energia. As populações brasileiras com habitações de até 50 m<sup>2</sup> consumiam, ainda segundo a pesquisa do PROCEL, de 0 a 50 kWh. Com o aumento da área construída, entre 51 e 100 metros quadrados, existe um crescimento na demanda por eletricidade, com um consumo que vai de 101 a 150 kWh (Tabela 3.4).

**Tabela 3.4 CONSUMIDORES RESIDENCIAIS POR ÁREA CONSTRUÍDA POR FAIXA DE CONSUMO - BRASIL**

ÁREA CONSTRUÍDA m <sup>2</sup>	FAIXA DE CONSUMO (kWh)										TOTAL	
	De 0 - 50		51 - 100		101 - 150		151 - 300		> 300		BRASIL	
	absoluto	%	absoluto	%	absoluto	%	absoluto	%	absoluto	%	absoluto	%
Até 50	2.928.956	60,7	1.854.201	38,4	954.668	22,0	661.838	12,4	40.235	2,3	6.439.898	30,6
51 - 100	1.533.568	31,7	2.323.168	48,1	2.275.291	52,5	2.375.174	44,6	434.239	25,5	8.941.441	42,5
101 - 150	290.598	6,0	527.231	10,9	846.547	19,5	1.553.648	29,2	536.317	31,5	3.754.341	17,8
151 - 200	51.324	1,0	85.213	0,7	171.294	3,9	476.395	8,0	326.863	19,2	1.111.079	5,2
Acima de 200	19.722	0,4	6.510	0,7	82.370	1,9	247.331	4,6	359.870	21,2	745.812	3,5
<b>total</b>	<b>4.824.169</b>	<b>100</b>	<b>4.826.323</b>	<b>100</b>	<b>4.330.170</b>	<b>100</b>	<b>5.314.376</b>	<b>100</b>	<b>1.697.533</b>	<b>100</b>	<b>20.992.571</b>	<b>100</b>

Fonte: PROCEL, 1989.

Gráfico 3.1 CONSUMO MÉDIO DE ELETRICIDADE DA POPULAÇÃO BRASILEIRA - 1989



Fonte: PROCEL, 1989.

O cruzamento de dados permite concluir que, em 1989, 72% da população brasileira consumia até 100 kWh, e apenas 18%, gastava entre 101 e 150 kWh; pelo menos 73,1% de consumidores habitava residências de até 100 metros quadrados com um consumo variando entre 100 e 150 kWh (Tabela 3.5).

TABELA 3.5 CONSUMO DE ELETRICIDADE POR REGIÃO ATÉ 100 kWh e ATÉ 100m<sup>2</sup> DE ÁREA CONSTRUÍDA - 1989

Área construída	Consumo de até 100 kWh/mês									
	Norte		Nordeste		Centro-Oeste	Sudeste		Sul		Total
	unidades	%	unidades	%		unidades	%	unidades	%	
Até 50 m <sup>2</sup>	200.543		1.150.320			1.709.942		878.727		5.420.025
51 - 100 m <sup>2</sup>	67.544		1.134.778			3.419.884		742.412		5.801.716
TOTAL	268.087	39,90	2.285.098	54,27		5.129.826	46,41	1.621.139	42,8	

FONTE: PROCEL, 1989. Tabulação própria

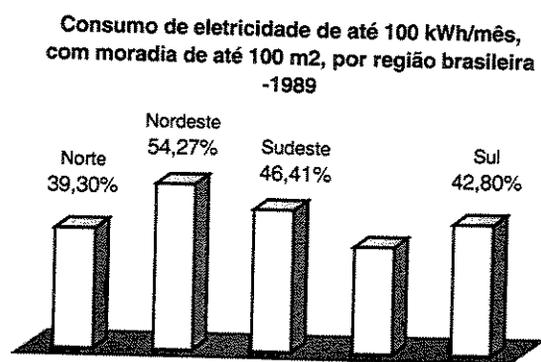


Gráfico 3.2

Fonte: PROCEL, 1989.

Pesquisas mais recentes, de 1997 (Romero, 1997) e 1998 (França, 1999), realizadas entre consumidores de baixa renda na cidade de São Paulo, mostram a grande concentração em uma faixa de consumo muito maior que 1989.

O estudo realizado por Roméro, para consumo de energia elétrica e padrões de uso, em 27 conjuntos habitacionais para população de baixa renda na cidade de São Paulo, mostra um consumo de 180 kWh/mês por unidade habitacional. Em determinados períodos, os valores ultrapassam os 200 kWh. Os dados médios mostraram que o consumo médio mensal por família é 180 kWh e de 4,2 kWh por metro quadrado. Não muito diferente do consumo encontrado junto às famílias de renda média acima de 20 salários mínimos: cerca de 4,0 a 5,0 kWh/mês. A situação é explicada pela presença de uma série de eletrodoméstico na cozinha, sala e principalmente nos dormitórios. Alia-se a isto a reduzida área das habitações de interesse social e o número médio de habitantes, de 3,3 (Roméro, 1997).

A pesquisa de França concentrou-se nos programas sociais de eletrificação de áreas residenciais urbanas de baixa renda. Estas populações fizeram parte dos programas oficiais da antiga estatal de energia do Estado de São Paulo, a Eletropaulo. O programa visava incluir os assentamentos de baixa renda, com tarifas subsidiadas, na categoria de consumidores regulares. As vantagens para a empresa seriam aumentar seu patrimônio e evitar o furto de eletricidade (França, 1999).

Os parâmetros estabelecidos para o enquadramento de beneficiado no *Programa Baixa Renda* supunham uma renda familiar comprovada de 3 salários mínimos, uma carga instalada total de no máximo 6 kW, e um padrão construtivo modesto com uma área máxima de 72 metros quadrados. Até o final de 1997, o programa havia beneficiado 2,3 milhões de pessoas, embora no lugar de algumas favelas já existissem bairros urbanizados, muito diferentes dos assentamentos originais (França, 1999).

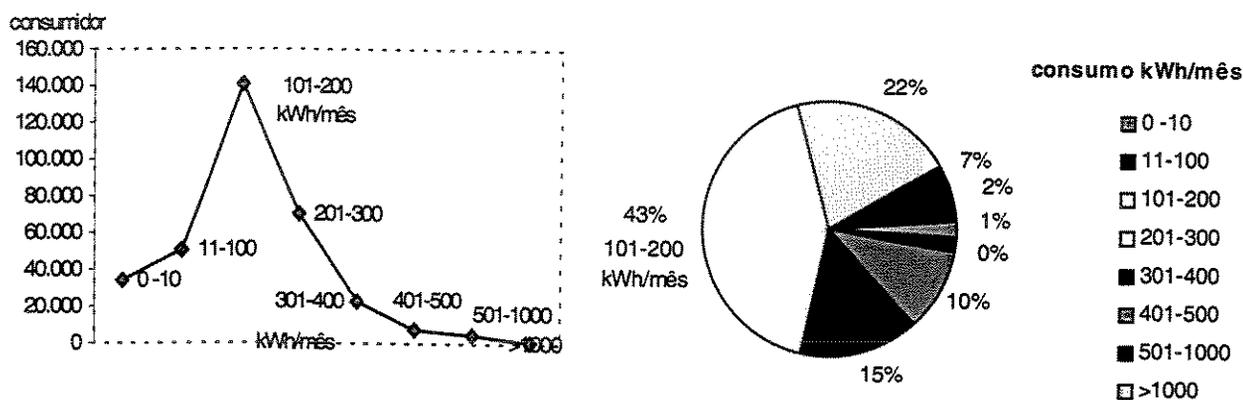
A Tabela 3.6 e Gráfico 3.3 mostram que a grande concentração dos consumidores pertencente ao segmento de baixa renda da Eletropaulo se situa na faixa entre 101kWh e 200 kWh (42,45%), seguido pelo consumo entre 201 e 300 kWh/mês (26,87 %). Totalizando, o consumo de 0 kWh a 300 kWh está 66,03% da população. Para a diminuição da distorção de consumo dos estratos extremos, França considerou a faixa compreendida entre 11 kWh e 300 kWh/mês, para obter um consumo médio de 160kWh/mês para as famílias de renda baixa.

**Tabela 3.6 CONSUMO MÉDIO DE ELETRICIDADE DO SEGMENTO DE BAIXA RENDA- CIDADE DE SÃO PAULO**

Faixa de consumo kWh/mês	consumo		consumidores	
	kWh/mês	% do total	absoluto	% do total
0 -10	19.196	0,03	34.153	10,29
11-100	3.470.577	5,48	50.637	15,26
101-200	21.327.759	33,65	140.838	42,45
201-300	17.030.892	26,87	70.213	21,16
301-400	7.856.275	12,40	22.947	6,92
401-500	3.377.683	5,33	7.611	2,29
501-1000	2.961.772	4,67	4.777	1,44
>1000	7.333.761	11,57	579	0,17
TOTAL	63.377.915	100	331.775	100

Fonte: Empresa Bandeirante de Energia. Formulário FTS39R01. Acompanhamento de mercado – Programa Social de Investimento, mar 1998. In: França, 1999.

**Gráfico 3.3 CONSUMO MÉDIO DE ELETRICIDADE DO SEGMENTO DE BAIXA RENDA – CIDADE DE SÃO PAULO 1998**



Fonte: Empresa Bandeirante de Energia. In: França, 1999.

A utilização do sistema de crediário para adquirir bens duráveis e a influência dos meios de comunicação, são apontados como fatores que concorreram para o aumento no consumo de eletricidade por parte dos habitantes de favelas e moradias de baixa renda, apesar do seu baixíssimo poder aquisitivo. A deterioração sócio-econômica de uma parcela da classe média, que passou a residir em bairros pobres para desobrigar-se do pagamento do aluguel e liberar parte de seu orçamento familiar, também contribuíram para que tal parcela, incluída nos segmentos de baixa renda, passasse a compor estas estatísticas (França, 1999).

As Tabelas e Gráficos, a seguir, mostram os dados de consumo e número de consumidores residenciais por região brasileira para o ano de 2000, fornecidos pela Agência Nacional de

Energia Elétrica - ANEEL. A classe de consumo está desmembrada em residencial de alta e baixa tensão. Nos de baixa tensão em *convencional normal* e *convencional baixa renda*<sup>2</sup>.

Tabela 3.7 CONSUMIDORES RESIDENCIAIS DE ELETRICIDADE POR FAIXA DE CONSUMO –BRASIL - ANO 2000

Consumo kWh/mês	NORTE		NORDESTE		SUDESTE		CENTRO-OESTE		SUL		TOTAL	
	n° consum.	%	n° consum.	%	n° consum.	%	n° consum.	%	n° consum.	%	n° consum.	%
0-30	184.971	15	1.872.462	26	1.180.815	10	104.006	10	509.075	9	3.851.330	15
31-50-	123.256	10	901.740	12	633.395	15	66.732	6	272.333	5	1.997.456	10
51-100	282.813	22	1.881.316	26	1.699.097	14	197.745	18	1.103.873	19	5.164.844	23
101-150	246.123	19	1.221.005	17	2.214.666	18	225.486	21	1.344.881	23	5.252.161	20
151-200	143.081	11	555.347	8	2.037.493	17	160.605	15	977.600	17	3.874.127	11
201-300	28.031	10	440.137	6	2.325.880	20	170.018	16	980.910	17	4.044.977	10
301-400	54.627	4	170.794	2	1.011.581	8	73.167	7	355.830	6	1.665.998	4
401-500	0.296	3	83.576	1	433.293	4	33.211	3	135.151	2	715.528	2
501-1000	50.932	4	115.514	2	417.573	3	37.254	3	121.189	2	742.462	4
>1000.	6.435	1	30.202	0	83.355	1	8.278	1	20.919	0	159.189	1
<b>TOTAL</b>	<b>1.260.566</b>	<b>100</b>	<b>7.272.093</b>	<b>100</b>	<b>12.037.149</b>	<b>100</b>	<b>1.076.502</b>	<b>100</b>	<b>5.821.761</b>	<b>100</b>	<b>27.468.070</b>	<b>100</b>
<b>Baixa renda</b>	<b>704.444</b>	<b>5</b>	<b>2.086.769</b>	<b>16</b>	<b>8.187.123</b>	<b>63</b>	<b>1.637.798</b>	<b>13</b>	<b>384.573</b>	<b>3</b>	<b>13.000.707</b>	<b>100</b>

Fonte: MME-ANEEL\*, 2001. \*Histórico de 1996 e 1999- Plante/Mercado; dados verificados de 2000- SISEN/AMP; dados estimados para 2000 com base nos dados de 1996. Consumo baixa tensão.

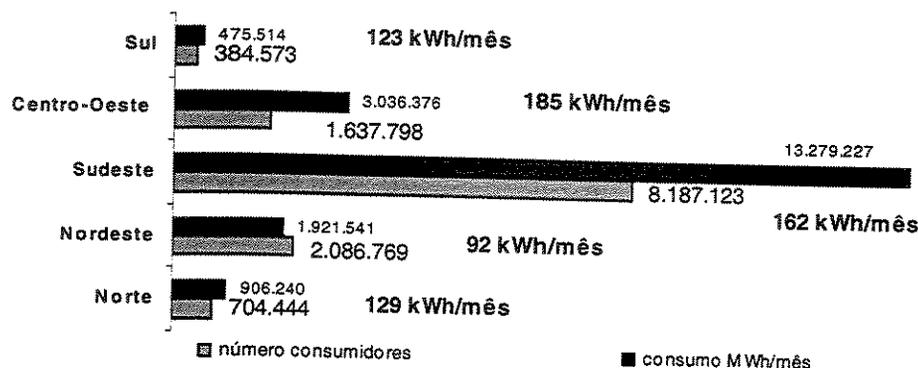
O consumidor é enquadrado em *baixa renda* segundo critérios e limites definidos pelas próprias empresas concessionárias, e posteriormente aprovados pelo órgão regulador da energia elétrica - a ANEEL. Segundo os dados da Agência (Tabelas 3.7 e 3.8) o consumo médio de eletricidade deste segmento é de 147 kWh por mês, variando de região para região, entre 92 e 185 kWh.

Na região sudeste, onde se encontram as maiores metrópoles brasileiras, São Paulo e Rio de Janeiro, concentra-se o maior número de consumidores caracterizados como de baixa renda, com um consumo médio mensal de 162 kWh.

<sup>2</sup> A Portaria 466, de 12 de novembro de 1997 no Art. 17 define duas subclasses para a classe “residencial”: a residencial e residencial baixa renda. Para esta última estabelece que o fornecimento para a unidade consumidora residencial, caracterizada como “baixa renda” será feita pelo concessionário de serviço público de energia elétrica em sua área de concessão. O DNAEE, na Portaria 922 de 28 de julho de 1993, já determinava que as concessionárias elaborassem estudos para a definição de políticas tarifárias para o atendimento aos consumidores residenciais de baixa renda. Determinava também que na formulação destas políticas deveriam ser considerados os oferecimentos de vantagem tarifária ao consumo mínimo essencial. Para o referido decreto este consumo deveria propiciar confortos como iluminação, conservação de alimentos, acesso a informações e lazer.

**Gráfico 3.4 NÚMERO DE CONSUMIDORES, CONSUMO E CONSUMO MÉDIO DE ELETRICIDADE DO SEGMENTO DE BAIXA RENDA NO BRASIL – ANO 2000**

Fonte: MME-ANEEL, 2001.



**Tabela 3.8 CONSUMO RESIDENCIAL DE ELETRICIDADE POR FAIXA DE CONSUMO BRASIL ANO 2000 – MWh/mês**

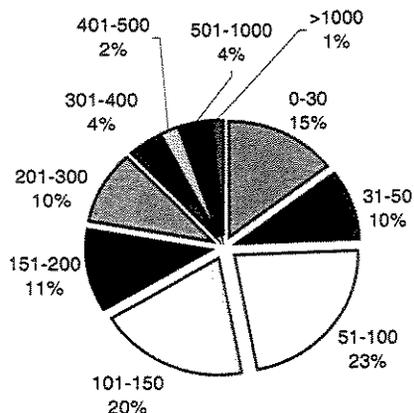
Consumo kWh/mês	NORTE		NORDESTE		CENTRO-OESTE		SUL		TOTAL			
	consumo	%	consumo	%	Consumo.	%	consumo	%	consumo	%		
0-30	55.180	2	591.429	6	395.891	1	31.697	1	121.181	1	1.195.378	2
31-50-	73.541	2	484.978	5	334.404	1	38.277	1	152.899	1	1.084.098	2
51-100	317.425	11	1.884.267	18	2.011.983	6	230.726	8	1.083.936	9	5.528.337	9
101-150	430.360	14	1.983.146	18	3.928.779	11	399.556	14	2.067.213	16	8.809.053	13
151-200	341.543	12	1.270.516	12	4.821.517	14	383.645	13	2.138.846	17	8.956.067	14
201-300	454.734	15	1.420.477	14	8.293.286	24	608.369	20	3.055.161	25	13.832.027	21
301-400	260.291	9	776.754	7	4.781.786	14	345.267	12	1.604.875	13	7.768.971	12
401-500	181.102	6	487.014	9	2.532.344	7	198.156	7	809.089	6	4.207.705	7
501-1000	498.959	17	964.634	5	4.661.331	13	440.376	15	1.057.017	8	7.622.316	12
>1000.	354.874	12	658.614	6	3.061.977	9	270.867	9	497.680	24	4.844.012	8
<b>TOTAL</b>	<b>2.968.008</b>	<b>100</b>	<b>10.521.829</b>	<b>100</b>	<b>34.823.298</b>	<b>100</b>	<b>2.946.935</b>	<b>100</b>	<b>12.587.895</b>	<b>100</b>	<b>63.847.965</b>	<b>100</b>
<b>Baixa renda</b>	<b>906.240</b>	<b>5</b>	<b>1.921.541</b>	<b>10</b>	<b>13.279.227</b>	<b>68</b>	<b>3.036.376</b>	<b>15</b>	<b>475.514</b>	<b>2</b>	<b>19.618.898</b>	<b>100</b>

Fonte: MME-ANEEL\*, 2001. \*Histórico de 1996 e 1999- Plante/Mercado; dados verificados de 2000- SISEN/AMP; dados estimados para 2000 com base nos dados de 1996. Consumo baixa tensão.

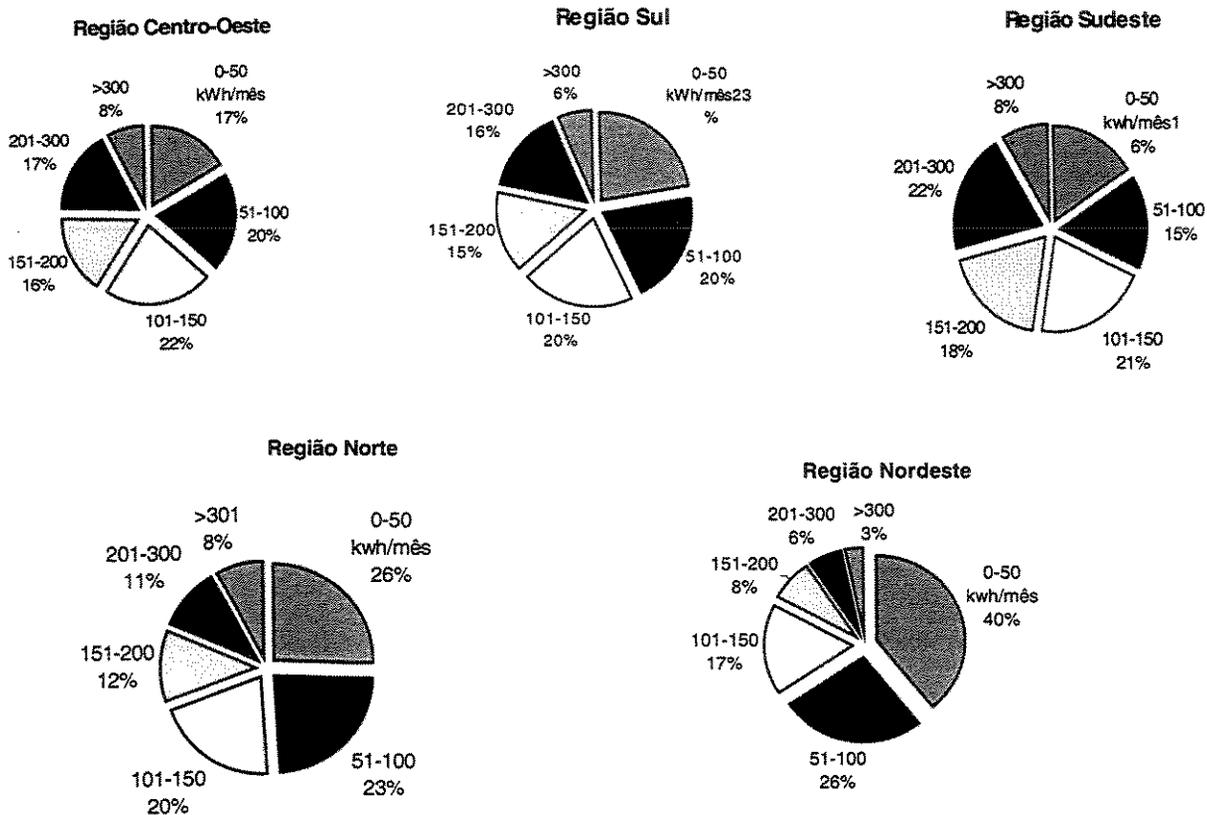
Os dados também mostram que quase metade (48%) da população brasileira consome até 100 kWh/mês. As regiões mais desenvolvidas, como é o caso do Sudeste, Sul e Centro-Oeste, que possuem Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) variando entre 0,826 e 0,844, têm 37% a 43% de consumidores gastando entre 0 kWh/mês a 100 kWh/mês (gráfico 3.6). Na faixa entre 100 kWh/mês a 200 kWh/mês estão 21 a 39 % do total de consumidores. No entanto se situa na faixa entre 201 kWh/mês a 300 kWh o maior percentual de consumo de energia elétrica em MWh (Gráfico 3.5).

**Gráfico 3.5 CONSUMIDORES RESIDENCIAIS DE ELETRICIDADE POR FAIXA DE CONSUMO- BRASIL 2000**

Fonte: MME – ANEEL, 2001.



**Gráfico 3.6 CONSUMIDORES RESIDENCIAIS DE ELETRICIDADE POR FAIXA DE CONSUMO POR REGIÃO BRASILEIRA- 2000**



Fonte: MME-ANEEL, 2001.

Nas regiões norte e nordeste a grande concentração se situa na faixa de consumo entre 0 e 100 kWh/mês, com um percentual que varia entre 49% e 66%. Se considerarmos a faixa de 100 kWh/mês a 200 kWh/mês ela diminui para um intervalo entre 325 e 43%. São nestas regiões que se concentram os menores rendimentos. O Nordeste possui quase a metade de sua população 47,5% ganhando até dois salários mínimos (Tabela 3.9), mas com índices menores que os de 1989, que se situavam em 53,3%.

Na análise de renda, o Brasil, segundo os dados do IBGE de 2001, possui 27,6% de sua população vivendo com até dois salários mínimos (Tabela 3.9 e Gráfico 3.7). As famílias que vivem com este valor<sup>3</sup> de R\$ 360,00 (US\$ 147) possuem uma renda diária de 4,9 dólares. Dividindo este valor pelo número médio de habitantes por domicílio - 4,35 (Kowaltowski et al. 1995), o ganho por pessoa será de US\$ 1,1. Valor que se aproxima da caracterização de ganho para um indivíduo ser considerando pertencente à categoria de pobre, para o Banco Mundial.

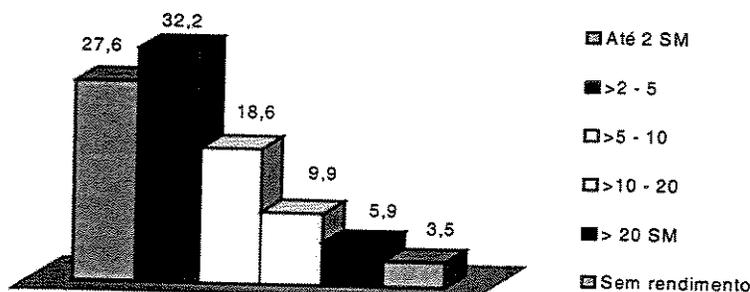
**TABELA 3.9 FAMÍLIAS POR CLASSE DE RENDIMENTO MÉDIO MENSAL FAMILIAR\* 1999**

Brasil e Grandes Regiões	Até 2	>2 - 5	>5 - 10	>10 - 20	> 20	Sem rendimento**
Norte	29,2	34,9	17	8,6	4,3	5,4
Nordeste	47,5	29,7	9,2	4,4	2,7	4,2
Sudeste	17,7	32,2	23,5	13	7,8	3,1
Sul	22,2	34,5	21,7	11,3	6,4	2,6
Centro Oeste	26,7	35	17,9	9,2	6,5	2,6
Total	27,6	32,2	18,6	9,9	5,9	3,5

Fonte: IBGE, 2000. \* Em classes de salário mínimo. Valor do salário mínimo em set de 1999: R\$ 136,00.

\*\* Excluído os sem declaração de renda

**Gráfico 3.7 RENDIMENTO MÉDIO MENSAL FAMILIAR EM %- BRASIL - 2001**



Fonte: IBGE, 2000

<sup>3</sup> Salário mínimo em 2001 tinha o valores de R\$ 180,00; o dólar em 12 dezembro de 2001 valia R\$ 2.45.

A população brasileira que vive com rendimento menor, até R\$ 80,00 mensais (US\$ 32,6) é da ordem de 29,26%. Maranhão e Piauí possuem mais de 60% de sua população vivendo com esta renda. Bahia, Tocantins e Pernambuco, mais de 50% dos seus habitantes.

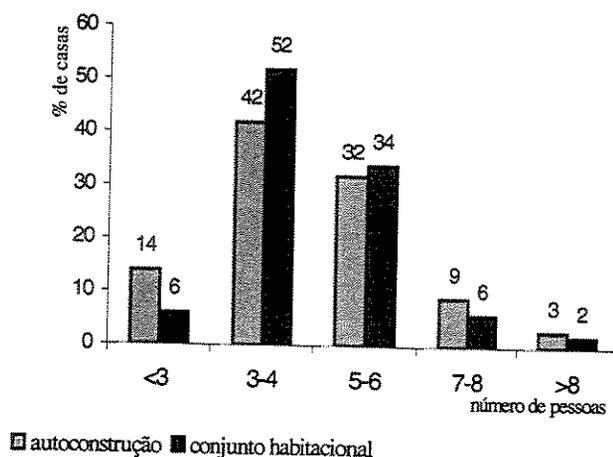
### **3.2 O tamanho das famílias, hábitos de vida e de consumo de energia**

A família para o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é conceituada como o conjunto de pessoas, ligadas por laços de parentesco ou normas de convivência que residam na mesma unidade domiciliar, e mesmo a pessoa que more só. O tamanho da família em cada domicílio tem um papel importante na quantificação da demanda e dos gastos necessários para a manutenção da habitação e do bem estar dos seus ocupantes. O número de habitantes por domicílio condiciona, assim, um determinado consumo básico de energia para a condição de vida saudável e qualidade no ato de morar.

A recente pesquisa do IBGE (2001), ainda em andamento, mostra uma diminuição do número médio de pessoas por família brasileira, nas áreas urbana e rural. A tendência descendente do tamanho da família resultou da mudança do padrão da fecundidade feminina brasileira, que estabeleceu uma acentuada desaceleração na taxa de crescimento demográfico do país. Este processo iniciou-se na década de 60. Em 1984 a taxa de fecundidade - número médio de filhos por mulher - estava em 3,5. No ano de 1992 era de 2,6 e em 1999 a pesquisa indicava 2,3. A diminuição do número médio de filhos por mulher, fez com que o número médio de pessoas por família, que em 1984 era de 4,2, passasse para 3,8 em 1992 e 3,4 em 1999 (IBGE,2001).

No entanto, quando se estratifica a pesquisa por segmentos sociais e econômicos, verifica-se uma alta densidade populacional por domicílio. Na pesquisa, realizada na cidade de Campinas, no estado de São Paulo, em 1995 (Kowaltowski et al. 1995), nos bairros com predominância da classe média baixa, verificou-se que o número médio de pessoas por domicílio era de 4,35. O Gráfico 3.8 mostra a grande concentração de moradias com 3 a 4 pessoas por domicílio – 42%, e a significativa porcentagem de 32% de casas em que residem entre 5 e 6 pessoas.

Gráfico 3.8 NÚMERO DE PESSOAS POR FAMÍLIA EM BAIROS POPULARES NA CIDADE DE CAMPINAS



Fonte: Kowaltowski et al. 1995.

Kowaltowski, Pina & Ruschel (1995) constataram que as famílias com mais de cinco pessoas constroem casas menores, com áreas e funções insuficientes para a alojar seus membros. A relação que se estabelece é na ordem inversa entre tamanho da família e tamanho de casa. A ausência de ambientes como sala, área de serviço e banheiros adequados, reflete a precariedade da moradia e da qualidade de vida dessas populações. O espaço físico da moradia, suas pequenas dimensões, associados ao baixo padrão construtivo e de conforto ambiental, reflete-se nas relações familiares e sociais e nos hábitos dos ocupantes da habitação.

Os hábitos de vida das populações podem ser quantificados e medidos, também através das despesas familiares mensais. Estudo recente realizado pela Fundação Getúlio Vargas do Rio de Janeiro (FGV), entre os anos de 1999 e 2000, com 11.548 famílias das capitais brasileiras, mostra que aumentaram as despesas com a manutenção da habitação – aluguel, condomínio, contas de luz, água, gás, telefone, IPTU e móveis em geral (Tabela 3.9) e diminuíram os gastos com alimentação.

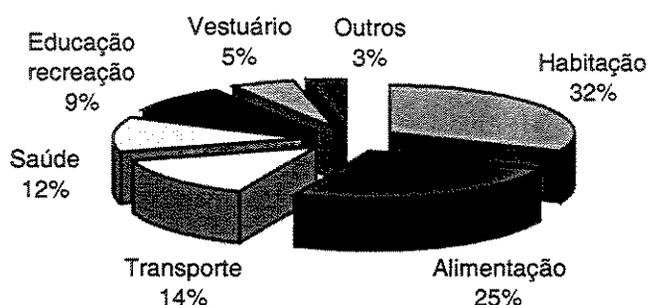
Tabela 3.9 DESPESAS DAS FAMÍLIAS BRASILEIRAS – DADOS DE 1999 e 2000

Habitação	Alimentação	Transporte	Saúde e cuidados pessoais	Educação, leitura e recreação.	Vestuário	Outros
31,14 %	25,12 %	13,94 %	12,01 %	9,22 %	5,07 %	3,45 %

Fonte: FGV, 2001.

Os hábitos das populações pobres trabalhadoras estão relacionados, em grande parte, ao ritmo de seus respectivos empregos. A urbanização acelerada e sem planejamento das cidades brasileiras (que será abordada com mais profundidade no capítulo seguinte) empurrou para uma periferia sem infra-estrutura os loteamentos populares. Estas populações se vêem, quotidianamente, com o problema de sua locomoção até o trabalho, gastando até 14 % de seu orçamento com o transporte (Gráfico 3.9).

Gráfico 3.9 DESPESAS DA FAMÍLIA BRASILEIRA - ANO 2001



Fonte: FGV, 2001.

Estatísticas mostram que o trabalhador das grandes cidades chega a passar de quatro a cinco horas diárias circulando entre residência e trabalho. É comum levantarem de madrugada e retornarem muito tarde para suas casas. O gasto de parte da energia elétrica ocorre pela manhã, e parte à noite para a cocção dos alimentos, banhos e iluminação. O consumo geralmente fica restrito por sua renda.

O desperdício de energia das classes populares poderia ser evitado com a utilização de equipamentos mais eficientes, que já se encontram no mercado brasileiro, mas com preços que impedem o acesso destes setores pobres às melhorias das novas tecnologias. Dados do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) mostram que a economia média de energia obtida com a geladeira comum, em relação às antigas, é de 31%, e da lâmpada compacta em relação à lâmpada incandescente, é de 75% (CEPEL, 2001).

### 3.3 A disponibilidades e o preço da energia

Outro fator a determinar o consumo de energia é seu preço. Existe uma relação direta entre rendimentos e possibilidade de consumo. O preço da tarifa de energia residencial tem feito com que exista uma constante migração no consumo final. Quando ocorre o aumento, os segmentos sociais retraem o consumo, muitas vezes passando para categorias muito abaixo do uso habitual .

Até 1995 a política tarifária residencial para a energia elétrica era dotada de sistemas de descontos que beneficiavam todos os consumidores, independentemente da quantidade de energia consumida mensalmente. Os descontos eram calculados para parcela do consumo até 200 kWh/mês. Para valores maiores, acrescidos a este patamar mínimo, não existia desconto. Assim, para um consumo de 225 kWh/mês cobrava-se um valor maior de tarifa apenas para os 25 kWh excedentes.

A partir de 1995 iniciou-se o processo da privatização do setor de energia elétrica no Brasil e de redefinição da política tarifária. A classe residencial foi desmembrada em *residencial e residencial de baixa renda*, as tarifas para tais classes passaram a ser diferenciadas. Os benefícios de descontos passaram a ser dados para consumos determinados que variam entre regiões e empresas concessionárias. Somente para o consumidor que se enquadrasse dentro do critério *baixa renda*, definido pelas próprias concessionárias, é que receberia desconto e tarifa diferenciada.

A concessionária Copel, no Paraná, estabelece para consumo residencial *baixa renda* o consumidor que tenha um único imóvel com dimensões limitadas de até 50m<sup>2</sup> e ligação monofásica. A Light, no Rio de Janeiro exige que o consumidor seja morador de loteamentos urbanizados, conjuntos habitacionais, casas populares ou favelas. Para a Eletropaulo, em São Paulo, o consumidor deve ter uma renda familiar de até 3 salários mínimos, área construída de até 72 m<sup>2</sup>, carga total de até 6,0 kwh e ligação monofásica (IDEC, 2001).

O estudo feito pelo Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (IDEC) em *Evolução das tarifas de energia elétrica – impactos para o consumidor residencial*, em outubro de 2001,

mostra o impacto da mudança na sistemática de descontos. O aumento foi mais alto para consumos de até 30 kWh/mês e para os que ficavam logo acima do teto para concessão dos descontos (IDEC, 2001). Para quem consome hoje 225 kWh/mês, o preço da energia é o mesmo para quem consome 500kWh (Tabela 3.11).

**Tabela 3.11 TARIFAS RESIDENCIAIS DE ENERGIA ELÉTRICA POR CONCESSIONÁRIA  
ESTADO DE SÃO PAULO 2001 – R\$/kWh**

Concessionária de energia elétrica	Nova Tarifa sem ICMS (R\$/kWh)*		
	até 200	201 a 500	>500
Eletropaulo	0.1804	0.2706	0.5412
Bandeirantes	0.1885	0.2828	0.5655
CPFL	0.2231	0.3347	0.6693
Elektro	0.1931	0.2897	0.5793
Bragantina	0.1934	0.2901	0.5802
Caiuá	0.1872	0.2808	0.5616
Jaguari	0.1948	0.2922	0.5844
Mococa	0.1866	0.2799	0.5598
Nacional	0.1885	0.2828	0.5655
Paulista	0.1803	0.2705	0.5409
Santa Cruz	0.1900	0.2851	0.5701
Sul Paulista	0.1877	0.2816	0.5631
Vale do Parapanema	0.1916	0.2874	0.5748

Fonte: CPFL, 2001 \* Valores em julho 2001.

No que se refere à incidência do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) sobre as tarifas de energia elétrica existem percentuais diferenciados, dependendo da faixa de consumo. Para o IDEC, com o aumento das tarifas elétricas decorrentes do processo de privatização, o ICMS passou a significar importante receita para os estados e um significativo peso para consumidor, especialmente para os de baixa renda. A forma de cálculo previsto na Lei 6.374/89, artigo 33, que dispõe sobre a instituição do ICMS, estabelece que o montante do imposto integra a sua própria base de cálculo.

*“Isso significa que a alíquota do ICMS incide sobre o próprio ICMS (é o chamado cálculo “por dentro”). A forma de cálculo prevista na lei faz com que o percentual estipulado de 18%, por exemplo, seja na realidade de 21,95% e o percentual de 25% resulte no pagamento de mais 33% do valor cobrado pelo consumo da energia. O valor médio de fornecimento de energia pelas distribuidoras aos consumidores residenciais é de R\$ 175,32 / MWh (dados de junho de 2001). Incluída a alíquota de 25%, este valor sobe para R\$ 233,17 / MWh.” (IDEC, 2001, p 10).*

Na cidade de Campinas (SP) para um consumo faturado de 118 kWh, com tarifa de R\$ 0,223130 por kWh, o valor faturado será de R\$ 26,33. O ICMS de 12 % deveria ser de R\$ 3,1596. No entanto ele é de R\$ 3,59. Ao se somar o valor do consumo de R\$ 26,33 com o ICMS de R\$ 3,59 se chega ao total de R\$ 29,92. É sobre este valor que incide a alíquota de 12% para se chegar ao ICMS cobrado, ver cálculos na Tabela 3.12.

**Tabela 3.12 INCIDÊNCIA DO ICMS SOBRE A TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA<sup>4</sup>**

CONTA	quantidade	tarifa	Valores faturados R\$
Consumo faturado	118 kWh	R\$ 0,223130	26,32933
ICMS - 1	12%		12 % de 26,33 = 3,15952
ICMS- 2	12%		12% de 3,1596 = 0,37914
Sub total			26,32933 + 3,15952 + 0,37914 = R\$ 29,87
Valor final ICMS -			29,87 x 12% = 3,5844
Total a pagar			R\$ 26,33 + R\$ 3,59 = R\$ 29,92

Tabulado pelo autor com conta de energia elétrica de dez de 2001. Medidor n° 203004817/ CPFL – Campinas, SP.

Em relação à incidência do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços, no Paraná a isenção se aplica para o consumo de até 30 kWh/mês. Para a Eletropaulo, em São Paulo, esta isenção é para até 50 kWh/mês. Para consumos de 51 kWh/mês a 220 kWh/mês o valor do ICMS é de 12%. Para as contas acima de 220 kWh/mês, incide 25% de ICMS. No Rio de Janeiro, o consumo de até 50 kWh/mês também está isento. Entre 51 kWh/mês e 300 kWh, o percentual é de 18% e, acima de 301 kWh/mês, sobe para 25% (IDEC, 2001).

**Tabela 3.13 TARIFAS RESIDENCIAIS DE ENERGIA ELÉTRICA E CONCESSÃO DE DESCONTOS POR FAIXA DE CONSUMO**

Consumo kWh	Desconto (%)*		Valor – kWh**	ICMS**
	Anterior a 1995	Após novembro 1995		
Até 30-	82	65	R\$ 0,06313	12 %
31-100	55	40	R\$ 0,10821	12 %
101-200	24	10	R\$ 0,16232	12 %
201-220	0	0	R\$ 0,18035	25 %
>220	0	0	R\$ 0,18035	25 %

Fontes: \*DIEESE, 1998; \*\*PROCON, 2001 (valores atualizados até fev 2001).

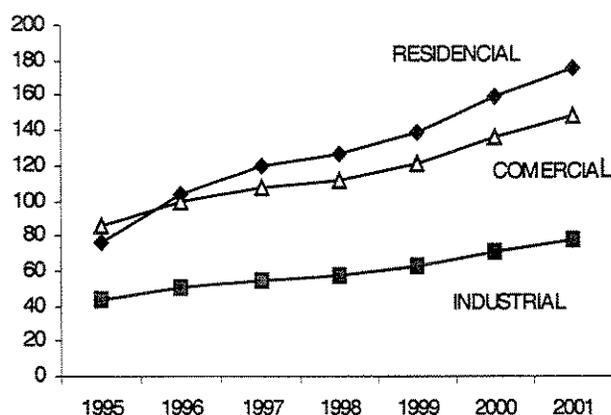
A comparação de tarifas entre as classes de consumidores residencial, comercial e industrial, a partir de 1995, permite verificar a variação percentual do preço da energia elétrica para setor o residencial (Gráfico 3.10). Atualmente a média de preço do MWh para a indústria é

de R\$ 77,37. No Norte do país, por causa dos subsídios, ela chega a custar R\$ 48,00. Para o comércio a energia elétrica custa R\$ 148,33 e para os consumidores residenciais o preço é de R\$ 175,32 (IDEC, 2001).

No estudo do IDEC o aumento acumulado da tarifa residencial no período de janeiro de 1995 a junho de 2001 (variação calculada entre 1996 e junho de 2001) foi 129,85%, enquanto a tarifa média total foi de 99,85%. Para os setores industrial e comercial o aumento foi de 77,49% e 73,41%, respectivamente (Tabela 3.14 e Gráfico 3.10).

**Gráfico 3.10 TARIFAS MÉDIAS DE ENERGIA ELÉTRICA POR CLASSE DE CONSUMO – BRASIL R\$/MWh**  
R\$/MWh

Fonte: IDEC, 2001



**Tabela 3.14 PREÇOS DA ENERGIA – MÉDIA BRASILEIRA – R\$/MWh 1995-2001**

SETORES	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Até junho 2001	Variação acumulada (%)
Residencial	76.26	103.63	119.8	126.19	139.19	158.84	175,32	129,85
Industrial	43.59	50.45	54.61	56.54	63.08	71.09	77,49	77,49
Comercial	85.44	99.62	107.99	111.6	121.62	136.05	148,33	73,61
Rural	55.19	62.21	67.27	69.25	75.47	84.72	93,03	68,56
Poder Público	84.07	98.34	106.1	109.77	119.5	135.51	146,65	74,44
Iluminação pública	51.59	60.31	65.31	68.53	75.49	85.47	92,18	78,68
Serviço público	50.45	57.47	62.65	64.99	70.57	79.23	86,08	70,62
Consumo próprio	69.59	65.92	69.5	70.76	85.83	79.85	75,03	7,82
Tarifa média total	59.58	74.47	82.17	86.59	95.95	107.88	119,07	99,85

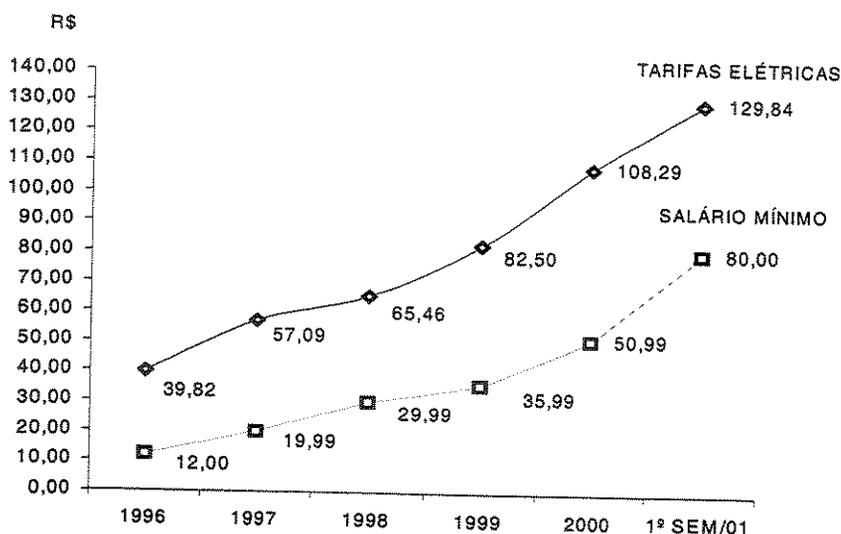
Fonte: ANEEL, apud IDEC (2001).

Comparando-se o aumento percentual das tarifas de energia elétrica residencial de 129,85%, com a da variação do salário mínimo de 80% (Gráfico 3.11), conclui-se que a atual

<sup>4</sup> Tarifa com valor até 30 de novembro de 2001. Em 18 de dezembro o governo federal anunciou o reajuste de 2,9% para a energia elétrica residencial -a ser cobrado na conta de janeiro - nas regiões de racionamento (Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte abastecido pela hidrelétrica

estrutura de preços penaliza os consumidores residenciais, e com maior ênfase os assalariados de baixa renda, que possuem seus rendimentos atrelados às políticas salariais (IDEC, 2001).

Gráfico 3.11 VARIAÇÃO ACUMULADA DO SALÁRIO MÍNIMO E TARIFAS ENERGIA ELÉTRICA MÉDIAS RESIDENCIAIS (%) BRASIL - 2001



Fonte: IBGE, ANEEL, apud IDEC (2001).

### 3.4 A diversidade climática e as características das habitações

Os ganhos e perdas de calor em uma edificação dependem de um conjunto de fatores ambientais. Quando fatores climáticos e soluções arquitetônicas possuem uma relação correta, o emprego da energia passiva (através de técnicas construtivas) leva a melhores condições de habitabilidade e à otimização dos consumos de energia na edificação. No entanto, outras dimensões, como as urbanísticas, econômicas e sociais, determinam também a morfologia das habitações (Mascaró, 1991).

Para manter o conforto humano, tanto físico como psicológico, devem ser controladas a temperatura, ventilação e umidade relativa do ar das habitações. A localização, orientação, forma e altura da habitação, a ação do vento e o ganho de calor radiante, vinculados às características do material e da cor das superfícies que o constituem, são outros fatores que deveriam ser requisitos

---

de Tucuruí). Para a indústria e comércio, o aumento será de 7,9% (MME, 2001).

necessariamente presentes no projeto (arquitetônico) da moradia. Nas regiões de clima quente existe a necessidade de reduzir ao um mínimo a energia ganha durante o verão. Para as regiões frias, como o sul do Brasil, há a necessidade oposta de reduzir, a um mínimo, a energia perdida no inverno (Mascaró, 1996).

Os construtores e autoconstrutores das moradias pobres brasileiras não possuem preocupações com o conforto interno (tema que será abordado no capítulo seguinte). O baixo rendimento familiar, aliado à falta de conhecimento das estratégias para solucionar de forma barata as adversidades das condições climáticas, faz com que haja a necessidade do uso de equipamentos para refrigerar ou aquecer o ambiente. No inverno, são comuns o aumento de consumo de energia com aquecedores. No verão, igualmente, faz-se necessário o uso de ventiladores para manter as condições de bem estar interno. A falta de aproveitamento da iluminação natural, muitas vezes leva o morador a consumir energia elétrica para melhorar o seu conforto visual, um gasto de energia que poderia ser evitado com o desenho e o dimensionamento adequados das aberturas.

### **3.5 O aquecimento de água residencial nos setores de baixa renda**

O aquecimento de água doméstico é feito para os usos finais mais diversificados, como o uso sanitário, nos banhos, na cozinha, para limpeza de utensílios, e na lavagem de roupas em geral. Os usos, formas e energéticos mais utilizados para este aquecimento são analisados a seguir.

#### **3.5.1 A utilização do fogão à lenha e do gás**

O Brasil, enquanto colônia de Portugal, possuía na entrada do século XIX uma população diminuta em relação a suas dimensões geográficas. Por mais de um século, o desbravamento de novas áreas para a agricultura e a pecuária assegurou o suprimento de um recurso energético dominante, a lenha. Utilizada para atender tanto as atividades da produção como as necessidades residenciais, que se limitavam ao cozimento de alimentos e ao aquecimento de água e do ambiente. Com a revogação da proibição das atividades manufatureiras por D. João VI, em

meados de 1850, a economia da colônia modificou-se com o incremento da iniciativa privada em atividades ligadas ao tráfico de escravos e à agricultura. Quase todas as indústrias eram acionadas por máquinas a vapor, supridas de caldeiras nas quais se queimava lenha. O uso da energia hidráulica, com o emprego da roda d'água e a utilização do carvão vegetal para a fundição, acontecia em situações muito particulares (Leite, 1997).

A introdução do gás em fogões para uso doméstico foi promovida a partir de 1892 pela Société Anonyme du Gaz, junto com a chegada do querosene para substituir as lamparinas de azeite e as velas na iluminação dos prédios. Também entre 1879 e 1890 foram realizadas várias instalações de pequeno porte para a geração e utilização da energia elétrica para a iluminação pública, força motriz e tração urbana (Leite, 1997).

No início do século XX, a expansão das atividades industriais trouxe consigo o uso crescente do carvão mineral importado, dos derivados do petróleo e o da energia hidrelétrica. No entanto, o uso de lenha continuava dominante, sendo ela extraída principalmente da exploração dos povoamentos florestais heterogêneos da mata Atlântica<sup>5</sup>. Dados referentes ao ano de 1941 mostram que, àquela época, a lenha ainda representava 73% do suprimento de energia primária no Brasil (Leite, 1997).

O subsídio aos preços de vendas, concedido pelas grandes corporações estatais da Petrobrás e Eletrobrás, e a expansão das redes de distribuição de eletricidade e de gás liquefeito de petróleo, a partir dos grandes centros de produção para as mais afastadas regiões do país, impulsionaram a substituição da lenha pelo gás liquefeito de petróleo (GLP) (Hémery et al. 1993). Nos tempos atuais a lenha foi completamente substituída pelo gás liquefeito de petróleo.

A série histórica do consumo de energia por combustível no setor residencial brasileiro do Balanço Energético Nacional - BEN (2000), mostra o declínio do uso da lenha ao longo das décadas de 70, 80 e 90, com a sua substituição gradual pelos derivados de petróleo (Tabela 3.15).

---

<sup>5</sup> O território economicamente ocupado se estendia a uma distância raramente inferior a 500 km da costa.

Segundo dados do Instituto de Eletrotécnica e Energia Elétrica (IEE-USP, 2001), cerca de 40% da lenha produzida no Brasil é transformada em carvão vegetal. O setor residencial é o que mais consome lenha, depois do carvoejamento, com um percentual de 29%. Geralmente ela é destinada a cocção dos alimentos nas regiões rurais, com um consumo aproximado de 2 metros cúbicos de lenha por mês, para uma família de 8 pessoas preparar suas refeições.

**Tabela 3.15 CONSUMO DE ENERGIA POR COMBUSTIVEL NO SETOR RESIDENCIAL BRASILEIRO 1970-1999**

Fontes	Consumo de energia por combustível 10 <sup>3</sup> tEP					
	1970	1975	1980	1985	1990	1999
Gás natural	0	0	0	0	4	45
Lenha	18832	17716	14787	10629	7862	6031
GLP	1266	1777	2694	3680	4863	5739
querosene	437	372	292	185	125	69
Gás canalizado	99	118	122	144	139	76
Eletricidade	2426	3831	6746	9464	14113	18438
Carvão Vegetal	427	631	810	837	624	423
<b>Total</b>	<b>23487</b>	<b>244445</b>	<b>25451</b>	<b>24939</b>	<b>27730</b>	<b>30821</b>

Fonte: BEN (2000).

Os fogões a lenha são ainda muito utilizados para o aquecimento da água, principalmente no meio rural. Geralmente recipientes com água são colocados diretamente sobre a chapa de ferro, ou a água é aquecida através de serpentinas instaladas no próprio fogão. A possibilidade de dispor de água quente e a utilização do fogão como lareira doméstica no inverno são fatores relevantes quando se trata de diminuir custos na vida familiar.

O GLP em fogões modernos e a lenha em fogões rudimentares apresentam uma diferença de eficiência que vem não somente das características do equipamento, mas das peculiaridades do próprio combustível. A diferença de rendimentos dos diferentes energéticos para os mesmos usos determina um maior gasto com energia das classes pobres em relação às mais ricas. O argumento é justificado pela não participação destes segmentos do ganhos de eficiência proporcionados pelo desenvolvimento de novas formas de produção e de equipamentos (Alvim & Goldemberg, 2001).

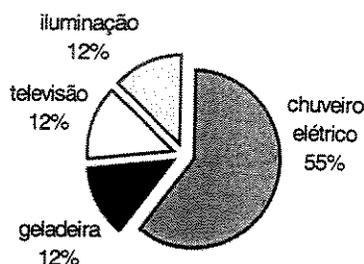
### **3.5.2 A utilização do chuveiro (aquecedor elétrico de passagem)**

A evolução do consumo de eletricidade no setor residencial brasileiro, mostrada no Balanço Energético Nacional da Tabela 3.15, visto anteriormente, evidencia a demanda crescente por este tipo de energia. O crescimento médio no consumo de energia elétrica tem sido de 6% ao ano. Em

1999, correspondia a 28% do consumo total do país, e a 40% do faturamento do setor elétrico (MCT, 2001).

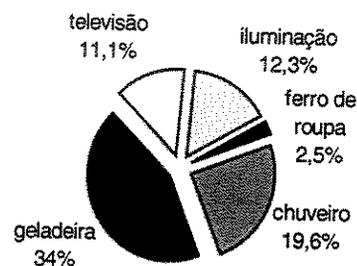
A participação do setor residencial é responsável por 36% desta demanda. O chuveiro elétrico é apontado como um dos equipamentos responsáveis por este percentual, na ordem de 55% da demanda total do setor (Gráfico 3.12). A composição da participação dos eletrodomésticos aponta para a geladeira e o chuveiro elétrico como os grandes responsáveis pelo consumo na moradia, mostrado no gráfico 3.13 (PROCEL, 1989).

Gráfico 3.12 Participação dos eletrodomésticos na demanda residencial



Fonte: PROCEL, 1989.

Gráfico 3.13 Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial



Fonte: PROCEL, 1989.

A participação do aquecimento de água no consumo de energia elétrica, que em 1980 foi responsável por 20% da energia consumida, hoje representa um percentual de 26%. Dados de 1999, divulgados pelo PROCEL, indicam que existem mais de 17,5 milhões de aquecedores elétricos de passagem espalhados por todo país. Esse fato, juntamente com os sistemas de iluminação, contribui para a formação de um pico de demanda de energia no horário em que a população retorna do trabalho e tem o costume de tomar banho, entre 18 e 20 horas.

À medida que vai aumentando a renda, aumenta também o consumo domiciliar de energia e o uso do aquecimento de água. Na *Pesquisa de posse de eletrodomésticos e hábitos de consumo*, realizada em 1989, pelo Procel, o percentual de uso do chuveiro nos segmentos sociais com faixas de consumo entre 0 kWh/mês a 50 kWh/mês, nas regiões mais quentes do Brasil como o Norte e Nordeste, era de apenas 2,3%; já no Centro-Oeste aumentava para 39,7%. No Sul e Sudeste, onde existem temperaturas muito baixas, era em torno de 64% (PROCEL, 1989).

Quando analisada a faixa de consumo entre 101 kWh/mês a 150 kWh/mês, o uso do chuveiro novamente mostrou que as regiões mais desenvolvidas apresentam um percentual distinto dos demais. No Sul 97%, no Sudeste 89% e no Centro-Oeste 81%. Já no Norte e Nordeste as faixas de consumo com mais de 300 kWh, representam 40% e 67%, respectivamente (PROCEL, 1989).

A utilização de aparelhos eletrodomésticos em favelas, levantada pela pesquisa realizada pela Eletropaulo, entre 1984 e 1991 (França, 1999), mostra o crescimento da taxa de uso do chuveiro elétrico (Tabela 3.16). Em 1984, somente 41,7% das residências em favelas possuíam chuveiros; em 1991, 83,6% já utilizavam água aquecida por eletricidade. O aumento do consumo também se deu com outros eletrodomésticos, como a geladeira, que teve um incremento significativo de quase 80%, além do rádio, TV, ferro, liquidificador, máquina de costura e aparelho de som.

**TABELA 3.16 PENETRAÇÃO DOS ELETRODOMÉSTICOS EM FAVELAS**

Aparelho	Ano da pesquisa			
	1984	1985	1987	1991
TV preto e branco	66,7 %	81,6 %	-	-
Ferro elétrico	66,7 %	77,6 %	-	-
Chuveiro	47,9 %	61,2 %	73,5 %	83,6%
Geladeira	41,7 %	59,2 %	64,7 %	79,5 %
Rádio	39,6 %	66,3 %	70,6 %	-
Aparelho de som	19,6 %	30,6 %	20,6 %	-
Liquidificador	17,7 %	45,9 %	58,8 %	-
Máquina de costura	1,0 %	15,3 %	20,6 %	-

Fonte: Eletropaulo, 1985, 1987, 1991. (-) dado não disponível: apud França, 1999.

Em 1997 foi feita uma pesquisa na cidade de Salvador para o levantamento do perfil de consumo de energia residencial, com base na desagregação do consumo total de energia em função da fonte de energia utilizada (eletricidade, GLP, lenha e gás natural), dos usos (iluminação, cocção, refrigeração, condicionamento de ar, lazer, bombeamento e aquecimento) e de fatores que correlacionam o consumo, renda, área construída e número de habitantes por residência. O uso do aquecimento (chuveiro elétrico) tem um percentual similar em todos os níveis de renda analisados, que variou entre 0 e 30 salários mínimos (Santana & Hayashi, 1997).

A análise do consumo de energia elétrica para o aquecimento também diferencia as classes sociais (Tabela 3.17). Apesar do chuveiro representar o maior consumo mensal nas habitações de baixa renda de Salvador (Nunes Filho, 1997), o segmento com ganhos entre 10 e 20 salários mínimos é o que mais consome eletricidade, na ordem de 1 para 10 (Santana & Hayashi, 1997).

**Tabela 3.17 CONSUMO DESAGREGADO DE ENERGIA ELÉTRICA EM RESIDÊNCIAS –POR FAIXA DE RENDA – SALVADOR 1997**

Salário mínimo	iluminação	cocção	Refrig..	Ar condic.	eletrodomésticos	lazer	aquecimento	bomba	n. registros
0-5	21,60	0,08	27,60	0,00	19,20	15,03	16,50	0,00	9
5-10	16,42	1,63	34,57	0,00	16,24	10,91	20,22	0,00	17
10-20	15,73	0,59	37,33	6,61	11,99	9,03	18,60	0,12	59
20-30	15,07	1,36	33,27	9,92	12,86	10,70	16,51	0,30	27

Fonte: Santana & Hayashi, 1997.

Embora o baixo preço de comercialização do chuveiro (R\$ 15,00 = US\$ 6,12), os segmentos pobres não dispõem de água aquecida para a sua higiene pessoal, pois seus rendimentos não permitem o pagamento do serviço de energia elétrica. O aquecimento muitas vezes é feito com a utilização de fogão a lenha ou fogão a gás.

Outra prática adotada, de forma individual ou coletiva, é a compra de energia dos que dispõem de ligações regulares, e a interligação clandestina na rede de distribuição ou nos postes de iluminação pública. Essas ligações, chamadas de “gatos” proliferam nas grandes cidades brasileiras e são responsáveis por uma parcela do consumo de energia elétrica, que gera preocupação para as concessionárias e se constitui num risco para os usuários. (Nunes Filho, 1997; França, 1998).

### **3.5.3 O banho como comportamento cultural**

A utilização do banho para um momento de descanso, relaxamento muscular e reflexões é hábito da maioria da população brasileira. O banho, com água quente, constitui-se em uma necessidade de caráter psicológico que faz parte da cultura brasileira. Ele também é recomendado pelos fisioterapeutas como solução para pequenos problemas tensionais, pela ação da água quente sobre a musculatura. Para as crianças também é momento lúdico, de diversão e prazer. As banheiras ou grandes bacias são transformadas, involuntariamente, pelas crianças em pequenos

laboratórios de experimentações dos brinquedos com a água. O banho acaba sendo um agente criador e formador dos primeiros conceitos físicos e químicos. Existe, assim, uma grande resistência por parte de pais e filhos, ou seja, da população em geral de limitar o tempo de uso do chuveiro.

O aumento de consumo de energia elétrica nas classes sociais com melhor rendimento econômico está relacionado fundamentalmente com a utilização do chuveiro para este fins. Os segmentos populares, pelos baixos rendimentos salariais, no entanto não conseguem fazer a compra desta parcela de energia elétrica, responsável pela obtenção desses benefícios. A utilização da energia solar como fonte geradora do aquecimento de água, pode trazer, sob este ponto de vista econômico, condições para que o banho possa ser usado com este caráter de saúde mental e física.

### **3.5.4 A utilização do coletor solar**

Não foi encontrado um banco de dados que recolhesse informações específicas para o uso de coletores solares para aquecimento de água, em áreas urbanas, pelos setores populares. A sua utilização está restrita à programas experimentais realizados por empresas fabricantes de coletores, em convênio com concessionárias de energia elétrica.

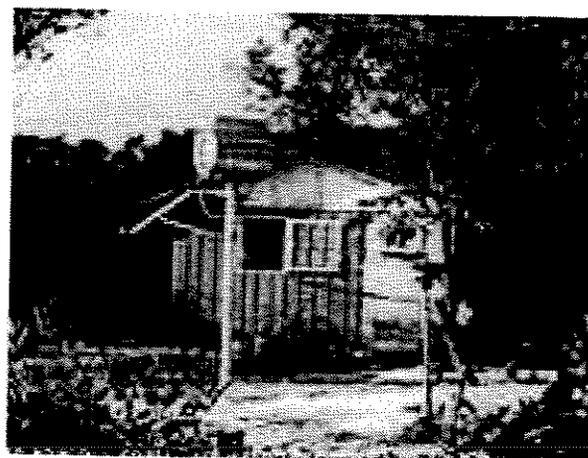
A pesquisa realizada reporta para os seguintes projetos:

- Desenvolvimento de aparelhos de aquecimento de água por energia solar para atender 200 famílias de pescadores na Ilha do Mel, no Paraná. O local, apesar de ser reserva ecológica, recebe nas férias, feriados e fins de semana, número de turista que desequilibra as suas condições de infra-estrutura, com oscilação da demanda de energia. O projeto envolveu um fabricante de coletores solares (Soletrol) e concessionárias de energia: Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL -, Companhia Paranaense de Energia Eletrica - COPEL e Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG. Teve como objetivo reduzir a alta demanda em horários de pico de consumo, ocasionado principalmente pelo uso do chuveiro, e substituir parte da geração de energia elétrica feita a diesel, considerada cara e deficiente. O sistema desenvolvido é formado por coletor plano com 2 m<sup>2</sup> e reservatório

com capacidade de 200 litros, com uma base de sustentação que permite mobilidade para o seu melhor posicionamento. Foi previsto para abastecer residências com 5 ou 6 pessoas (Soletrol, 2001).

▪ O mesmo equipamento foi instalado em 100 residências em um núcleo popular na cidade de Contagem, em Minas Gerais. Fez parte de um projeto (1998) desenvolvido pelo laboratório Green Solar, da Pontifícia Universidade Católica (PUC-MG). A economia de energia elétrica obtida foi de 35% a 50% (Soletrol, 2001).

Figura 3.14 VISTA DO COLETOR SOLAR (1) EM CONTAGEM (2) E NA ILHA DO MEL (3).



▪ Outro projeto piloto desenvolvido foi o de um sistema de aquecimento solar para abastecimento de um bloco de cinco pavimentos, com 20 apartamentos, em um dos prédios populares do Projeto Cingapura, da Av. Zaki Narchi, na cidade de São Paulo. Composto por quatro reservatórios de 1000 litros e quatro baterias de coletores solares foi desenvolvido pela ABRAVA, em parceria com Eletropaulo, Empresa Eluma e Secretaria de Habitação do Município de São Paulo (Agência Energia, 2002).

No capítulo a seguir serão analisadas as formas com que os setores pobres brasileiros, dentro do seu contexto de baixos rendimentos, têm resolvido o problema da moradia. Através desta investigação será possível verificar as possibilidades do uso das práticas construtivas habituais da autoconstrução, para a integração de tecnologia solar de aquecimento de água na habitação.

## **Capítulo 4**

### **A produção da habitação popular**

Saber como o homem, ao longo da história, tem resolvido seu problema de proteção e refúgio, traz para os tempos atuais uma bagagem cultural fundamental, de experiências que servem de reflexão para o planejamento das cidades e da moradia. O consumo de energia, embutido cada vez mais nos diversos processos da edificação, contrasta com as soluções vernáculas. O conhecimento do processo de urbanização do Brasil e as formas que a população de baixa renda tem encontrado para produzir sua habitação estão contemplados no capítulo a seguir. O objetivo é apreender esta dinâmica e somar a ela o legado cultural dos antepassados e os avanços que a modernidade trouxe, para poder propor alternativas que incrementem o bem estar nas moradias das populações pobres.

#### **4.1 O abrigo como meio de proteção e conforto**

As características do entorno físico do planeta Terra são regidas por leis naturais que obrigam os seres vivos a um ajuste mínimo, quer seu meio ambiente seja agressivo ou não. A adaptação natural do homem é débil, comparada com a dos animais, que podem desenvolver mutações ou encontrar defesas apropriadas para enfrentar os impactos agressivos do clima. Existem animais que, para mitigar o impacto do calor excessivo desenvolvem alta transpiração, ou alteram seu ritmo de vida, buscando comida à noite e enterrando-se durante o dia. Outros reduzem o seu metabolismo com o sono, para se preservar do clima frio. Alguns pássaros

regulam a aeração de seu corpo com bolhas de ar entre suas penas, ou migram para locais onde a temperatura é mais adequada para sua sobrevivência (Olgyay,1998).

As dificuldades humanas com seu entorno já eram estudadas por Aristóteles, que acreditava que o clima produzia efeitos no temperamento e na fisiologia do homem. Investigações de Huntington em “Principles of Human Geography” (1951), citado por Olgyay (1998), levavam-no a postular que as condições climáticas ideais para o ser humano alcançar a plenitude de seu desenvolvimento físico e mental eram limitadas: a temperatura deveria estar entre 4,4°C e 21,1°C, o local deveria ser provido de ventos freqüentes para manter a umidade, de chuvas em todas as estações, e de tormentas ciclônicas para a produção de mudanças na temperatura. Estudos recentes, realizados por Hackenberg (2000) com operários brasileiros em suas jornadas de trabalho, mostram que o homem, motivado por fatores psicológicos e sociais (desemprego) é capaz de adaptar-se ou aclimatar-se a condições desfavoráveis, contrariando inclusive a literatura internacional sobre os limites aceitáveis para a zona de conforto térmico.

No entanto, o homem, ao longo de sua história, conseguiu acumular experiências nos refúgios criados para desafiar os rigores ambientais. As soluções sempre estiveram condicionadas à busca por condições de conforto térmico, sejam elas determinadas por paredes ou coberturas. As soluções construtivas estudadas por Jean Dollfus, no mostruário de *habitats* que caracterizam as edificações de todo o mundo, levam-no a afirmar que elas estão relacionadas com muito mais ênfase ao entorno climático do que às fronteiras territoriais. Uma das evidências apontadas é a tipologia comum de coberturas dos assentamentos pesquisados, correlacionadas com as zonas climáticas. Nas zonas áridas é comum a solução de coberturas em abóbada, nas zonas quentes coberturas planas, e nos climas temperados e frios, coberturas inclinadas (Olgyay, 1998).

A harmonia do homem com o seu meio ambiente é a base para as diversas soluções e manifestações culturais e sociais encontradas para dar resposta às exigências e aos rigores dos diferentes situações climáticas do planeta Terra. A habitação, sob esta ótica, pode ser um dos instrumentos capazes de dar proteção e regular a luz, o som, o calor, o frio, a umidade, a radiação e a chuva, para que o homem requeira menos energia para manter seu equilíbrio físico e psicológico.

## 4.2 A conservação da energia como novo parâmetro de avaliação

Com o desenvolvimento tecnológico a produção das moradias incorporou condições artificiais, baseadas na abundância de energias capazes de produzir materiais e combustíveis baratos, que rapidamente passaram a fazer parte do conjunto funcional da edificação. Com a crise de energia que se verificou a partir da década de setenta, a sociedade ocidental foi despertada para a finitude das energias que movem toda a complexa cadeia da vida moderna.

Em busca da satisfação das necessidades humanas, o suprimento das demandas energéticas vem provocando impactos sociais, ambientais e econômicos que a cada ano se agravam, principalmente nos países que apresentam desequilíbrios estruturais em suas matrizes energéticas, como é o caso do Brasil. As soluções criadas para prover conforto e qualidade de vida fizeram com que os padrões de consumo ultrapassassem os limites da sustentabilidade dos ecossistemas, pois a velocidade com que são consumidos os recursos energéticos está além da sua capacidade de reposição.

A partir da década de oitenta, o papel da geração e consumo de energia e seus efeitos negativos na saúde humana e no meio ambiente começaram a ser abordados nos documentos elaborados por especialistas da comunidade científica internacional. Já havia o reconhecimento da relação entre a acidificação das terras, a emissão de gases de efeito estufa<sup>1</sup> e as emissões poluentes provenientes das fontes de energias fósseis, petróleo, carvão e gás (Reddy et al.1997).

Os governos passaram também a reconhecer que a mudança climática poderia pôr em perigo os fundamentos da vida na terra, sejam eles os da disponibilidade de água potável, da produtividade da terra e oceanos, da proteção contra a expansão de epidemias e o da segurança da humanidade em face dos estragos produzidos pelas agressões ao equilíbrio dos fluxos naturais.

Os problemas estruturais e a inadequação de pelo menos um terço das construções em todo o mundo são apontados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como os causadores da poluição *indoor* (WHO, 1999). Substâncias nocivas, algumas cancerígenas, como o formaldeído,

que saem de carpetes sintéticos, e o amianto, presente nas telhas e caixas-d'água, quando pulverizados e inalados podem causar câncer de pulmão. Equipamentos antigos, com presença de chumbo no encanamento, também causam intoxicação.

A quantificação do consumo total de energia, desde a requerida pela natureza, passando pelos processos produtivos, até aquela utilizada no produto final, seja ele o tijolo, a telha, a parede ou o próprio conjunto da habitação e sua manutenção, passou a ser uma abordagem inserida normalmente nos novos conceitos de sustentabilidade, em que a análise do ciclo de vida deve incluir a reposição dos recursos naturais (Odum, 1996; Naredo, 1998; Reddy et al. 1998). Ao contabilizar-se as externalidades, nesta nova era da economia global, na qual se acentuam as políticas de consumo desiguais, este enfoque se apresenta como uma tentativa de procurar por estratégias para minimizar a deterioração da qualidade de vida de povos e nações, buscando o equilíbrio de forças entre meio ambiente e desenvolvimento econômico.

No Brasil, o consumo de energia embutido no processo de produção de um metro quadrado de edificação passou a ser considerado juntamente com a energia usada em todos os processos diretos e indiretos, desde o refino de petróleo, carvão, lenha e eletricidade, até a produção, transporte, fabricação, elevação e colocação de materiais. O conhecimento do consumo final de energia do edifício, incluindo a requerida para a sua construção e a necessária para mantê-lo, tornaram-se fundamentais para a escolha de estratégias visando à redução energética (Fricke, 1999).

Estudos desenvolvidos por Juan Mascaró e Lúcia Mascaró, em 1988, para o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), mostram que somente a fabricação de materiais de uma edificação habitacional padrão<sup>2</sup> consumia 96,41% da energia total gasta na construção do prédio, o equivalente a  $698 \cdot 10^9$  kcal/m<sup>2</sup>. A elevação e colocação de materiais representavam apenas 1,24% ou seja,  $9 \cdot 10^9$  kcal/m<sup>2</sup>. A pesquisa também incluiu a participação do trabalho humano numa avaliação da relação tep/empregado. A construção civil foi apontada como o setor em que o operário incorpora menos energia para a realização de seu trabalho,

---

<sup>1</sup> O efeito estufa é o nome dado à retenção de calor na Terra e o conseqüente aquecimento do globo, causado pela concentração de CO<sup>2</sup> e outros gases na atmosfera.

<sup>2</sup> Produção de edifícios em São Paulo, cujo consumo de energia foi estudado pelo pesquisador Juan Mascaró: *Consumo de Energia e Construção de Edifícios*, São Paulo, Secovi, 1981.

enquanto que os da indústria química e petroquímica necessitam de 20 vezes mais (Mascaró et al. 1988).

Com o desenvolvimento da avaliação pós-ocupacional do ambiente construído, iniciado em 1990 pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU -USP)<sup>3</sup>, independentemente da complexidade ou escala dos edifícios, espaços públicos, infraestrutura urbana, cidade ou região, as edificações passaram a ser analisadas sob um enfoque técnico-econômico. Esta avaliação passou a constituir um dos parâmetros para se medir a eficiência de uma edificação ou de um espaço construído (Orsntein, 1992), desde o projeto e construção até o uso, operação e manutenção do edifício (Mascaró et al. 1988). Os resultados destes estudos se configuram em importantes instrumentos de planejamento estratégico, pois diagnósticos e recomendações, principalmente para as áreas de interesse social, evitam a repetição de equívocos relacionados à inadequação de tecnologias para a construção de moradias populares. Problemas que pautaram a política habitacional nacional implementada pelo antigo Banco Nacional da Habitação (BNH)<sup>45</sup>.

Estudos realizados por Orsntein (1997) quanto ao desempenho construtivo e funcional em 23 conjuntos de interesse social (18 conjuntos com edifícios de apartamentos e 5 conjuntos habitacionais com casas) situados na grande São Paulo, construídos e ocupados nas décadas de 80 e 90, mostram as razões possíveis para as inúmeras deficiências detectadas. Foi verificado que o desempenho técnico-construtivo era insatisfatório. A ocorrência de fissuras, trincas, umidade, infiltrações de água e freqüente desligamento automático da energia eram comuns. Sob o aspecto funcional, o subdimensionamento dos cômodos apresentou-se com regularidade, e tais dimensões estavam aquém dos valores aferidos para as autoconstruções, cujos espaços podem sofrer

---

<sup>3</sup> Em 1990 é iniciada a primeira linha de pesquisa da Avaliação Pós-ocupacional (APO) na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP (FAU-USP). Em 1992 é editado o primeiro livro nacional sobre o assunto: Avaliação Pós-Ocupação do ambiente Construído, de Sheila Orsntein, com a colaboração de Marcelo Roméro.

<sup>4</sup> O Banco Nacional da Habitação (BNH) ao buscar “reduzir o custo da moradia para atender a uma população que vinha se empobrecendo, ao invés de alterar o processo de gestão e produção que encarecia o produto final, apoiando iniciativas que a população já vinha produzindo, optou por rebaixar a qualidade da construção e tamanho da unidade, financiando moradias cada vez menores, mais precárias e distantes... mesmo assim, estas soluções permaneciam inacessíveis à população de renda baixa que, sem alternativas, continuou a autoempreender a construção da casa, de modo cada vez mais improvisada, em loteamentos precários ou em favelas” (Bonduki, 1998, p 320).

<sup>5</sup> O BNH foi o órgão central do Sistema Financeiro da Habitação (SFH) criado por lei federal em 21 de agosto de 1964 para a produção da habitação de interesse social, com recursos do FGTS. O desvirtuamento do uso dos recursos ao financiamento das habitações das populações de baixa renda para as classes média e alta levou à sua extinção, 22 anos depois, em novembro de 1986 (Sachs, 1999).

ampliação ao longo do tempo; as situações mais críticas em termos de áreas úteis disponíveis, referiam-se aos dormitórios e cozinhas.

*“... a avaliação de desempenho técnico-funcional realizada indicou a necessidade urgente de revisão do espaço habitacional de interesse social, proposto para as regiões metropolitanas brasileiras...”* (Orsntein & Cruz, 1995. p. 515).

Investigações com este enfoque de avaliação ainda são relativamente reduzidas mas são importantes para a realimentação de futuros projetos, pois suas constatações poderão ser indicadores de falhas projetuais, técnico-econômicas ou de manutenção que poderão se repetir em empreendimentos futuros (Orsntein, 1997).

A habitação, ao ser vista sob um ponto de vista sistêmico, com preocupações técnicas, econômicas e sociais, deve, ao mesmo tempo, contemplar a adequação ao seu entorno e às reais necessidades de seus ocupantes, onde o bem estar físico e mental deve ser a preocupação fundamental. A demanda de energia deve contemplar decisões que produzam menores impactos, mas primordialmente deve ser eqüitativa, de forma a incluir os que ainda carecem de seus benefícios.

### **4.3 A habitação e a exclusão social**

A dependência da maioria dos países pobres dos processos econômicos globais traz no seu rastro conseqüências comuns, entre elas, a desigualdade na divisão da renda, com o empobrecimento de parcelas consideráveis da população mundial, que se vêem excluídas do atendimento às necessidades básicas de alimentação, saúde, higiene, educação e habitação.

No Brasil, a urbanização entre 1950 e 1980, modificou o perfil do país, que passou de uma predominância rural e agrícola para um país urbano e industrial. Apesar da existência de reservas de solos agricultáveis, a estrutura fundiária, ao impedir o acesso à terra, provocou intenso fluxo migratório para as cidades, principalmente para as grandes metrópoles.

Em 1940, apenas 32% da população era urbana (Bonduki, 1998). Em 1980, 17,1% dos habitantes das cidades eram constituídos por migrantes rurais e 27,8% por populações que haviam mudado uma vez da cidade (Sachs, 1999). As informações produzidas pela Pesquisa Nacional de Domicílios para a década de 90, divulgadas recentemente, mostram que os movimentos migratórios foram menos intensos que nas décadas anteriores. No entanto, em 1999, 15,8% da população brasileira era formada de pessoas não naturais à unidade da federação e 39,3% de habitantes não naturais ao município. Hoje no Brasil 75% da população é urbana (IBGE, 2001).

Mesmo com uma taxa de crescimento econômico elevado na década de 80, os empregos criados não conseguiram absorver a mão de obra disponível. Em 1983, 13 milhões de pessoas eram desempregados ou sub empregados (Sachs, 1999). A política de crescimento econômico e posterior investimento nas áreas sociais apenas garantiu a concentração de renda, com a privatização dos lucros e a socialização dos prejuízos (Bonduki, 1998; Cano, 1999). A expansão do setor informal, desde então, é um componente real, agravado pelas medidas contidas nos sucessivos planos econômicos (Pochmann, 1995). A taxa de desocupação em 1998 era de 9%, em 1999 subiu para 9,6% , em 2001 é de 15,6% (IBGE, 2001). As grandes metrópoles mostram uma realidade assustadora. Em abril de 2001, São Paulo e Porto Alegre tinham uma taxa de desemprego de 13,7%; Rio de Janeiro, 11,3 %; Fortaleza 13,9%; Belo Horizonte, 19,9 %; Recife 25,3%, e Salvador 27,3% (IBGE, 2001).

O adensamento das atividades econômicas em regiões estratégicas, absorvedoras de grandes contingentes populacionais, ao propiciar o crescimento acelerado das cidades se torna um dos fatores responsáveis pelo quadro urbano brasileiro atual, marcado por conflitos e desigualdades sociais. A descontinuidade das ações governamentais, a redução de investimentos habitacionais, a fragilidade ou a ausência de políticas fundiárias, urbanas e habitacionais são apontadas por Chaffun, no documento *Relatório Brasileiro sobre Assentamentos Humanos*, apresentado na 2ª Conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos - Habitat II, realizada em 1996 em Istambul, como alguns dos aspectos que contribuem para a exclusão de uma parcela significativa de brasileiros das condições de habitabilidade. O déficit habitacional em relação aos domicílios improvisados e rústicos (favelas) e o de famílias morando em

coabitação, em 1991, era de 25% nas áreas metropolitanas, 42% nas demais áreas urbanas e 33% nas áreas rurais (Chaffun, 1997).

Mas o leque de estimativas do déficit vai de 10 a 15 milhões de unidades, pois se deve levar em conta o crescimento demográfico, a taxa de urbanização, a substituição de habitações irrecuperáveis e a troca de habitações que chegaram ao fim de sua vida útil (Chaffun, 1997). Para o IBGE, em 1984 o déficit era de 1,2 milhões de unidades; para a Comissão de Inquérito da Câmara dos Deputados, era de 6 milhões. O 2º Congresso Brasileiro da Indústria Imobiliária (maio-1989) e a antiga Secretaria Especial de Habitação e Ação Comunitária do governo federal estimaram-no em 10 milhões de moradias, sendo 70% na faixa de renda de até 3 salários mínimos (Abiko & Concilio, 1995)

A Tabela 4.1, tabulada por Abiko e Concilio (1995), mostra estimativas elaboradas a partir dos dados do PNAD-1990 do IBGE. Com um crescimento populacional médio anual de 2%, a carência de domicílios para o ano 2000 seria de 12,4 milhões de moradias (Abiko & Concilio, 1995). Levantamentos atuais, realizados pelo Sindicato da Construção Civil de São Paulo (SindusCon-SP), apontam para um déficit de 6 milhões de unidades, com 85% dessa população ganhando em média 5 salários mínimos.

**Tabela 4.1 CARÊNCIA ESTIMADA DE DOMICÍLIOS NO BRASIL- 1995**

Tipo de domicílio	Número de domicílios	Carência (%)	Carência estimada domicílios
Casa própria	20.208.290	10	2.020.829
Casa alugada	4.771.132	25	1.192.783
Casa cedida/outra	4.585.649	100	4.585.649
Apto próprio	2.134.394	0	0
Apto alugado	1.143.180	0	0
Apto cedido/outro	314.710	0	0
Quarto ou cômodo próprio	83.787	100	83.787
Quarto ou cômodo alugado	311.749	100	311.749
Quarto ou cômodo ced/outro	106.873	100	106.873
rústico	1.903.659	100	1.903.659
Total	35.563.423	-	10.205.329

FONTE: Abiko & Concilio, 1995.

O censo realizado pelo IBGE, em 2000, mostra que poucas são as administrações municipais que possuem dados sobre a sua realidade. As capitais do nordeste são as que mais desconhecem a situação de carência de sua população. Os dados revelados na tabela 4.2 mostram que em relação aos programas sociais para melhoria das condições de vida das populações carentes, a maioria das capitais brasileiras não informou, ignora ou não dispõe de dados.

Tabela 4.2 CENSO DA POPULAÇÃO FAVELADA E PROGRAMAS SOCIAIS NAS CAPITAIS BRASILEIRAS - 2001

CAPITAIS	DOMICÍLIOS EM FAVELAS	CORTIÇOS	LOTEAMENT. IRREGULARES	PROGRAMAS				
				<i>Oferta de lotes</i>	<i>Material de construção</i>	<i>Regularização fundiária</i>	<i>Urbanização assentamentos</i>	<i>Construção de unidades</i>
Manaus	ignorado	ignorado	118 (1997)	ignorado	ignorado	ignorado	ignorado	ignorado
São Luis -Ma	0 (1998)	sim	Ignorado (1998)	1360	ignorado	ignorado	ignorado	ignorado
Fortaleza	700 (1999)	9 (1998)	não informou	não inform	400	não inform	ignorado	6.000
Recife	500 (1998)	não inf.	29	não inform	não inform	17.153	ignorado	135
Salvador	ignorado	não	20 (1996)	não	Não inf.	4.192	não	não
Belo Horizonte	108.173 (1996)	não	sim	2.959	648	4.530	ignorado	2.959
Brasília	não disponível	não disp.	não disp.	não disp.	não disp.	não disp.	não disp.	não disp.
Campo Grande	50 (1998)	0	10 (1995)	2615	350	não inform	não inform	652
Cuiabá	3.200 (1998)	não	49 (1998)	550	não inform	2.000	não	não nfor.
Rio de Janeiro	256.586 (1996)	ignorado	Ignorado (1995)	ignorado	ignorado	ignorado	ignorado	ignorado
São Paulo 1993	378.863 (1993)	23.688(1993)	2.450 (1998)	não inform	não inform	não inform	1.772	18.896
Campinas	38.758 (1999)		7.590	sim	450	300	330	
Curitiba	55.204 (1996)	712 (1991)	sim	2991	não inform	1.567	não inform	158
Florianópolis	9.500 (1993)	não	sim	sim	não inform	175	não inform	760
Porto Alegre	72.000 (1999)	sim	não inform	sim	ignorado	1500	142	3269

Fonte: IBGE, 2001. Tabulação própria.

Os financiamentos propostos para o ano de 2001, pelo Sistema Financeiro da Habitação (SFH) e implementado pela Caixa Econômica Federal (CEF) para a produção de 2 milhões de moradias, são destinados às populações com renda mensal de até 3 salários mínimos. O tamanho da moradia, de no mínimo 38 metros quadrados, deverá ter um custo médio no valor de R\$ 3.800,00 para autoconstrução e mutirão; para a construção com administração direta, o preço é de R\$ 5.830,00; e por empreitada global, R\$ 7000,00.

Para os empreendedores privados estes custos médios significam a inviabilidade para atender esta demanda. As edificações, sob o ponto de vista do Sindicato da Construção Civil de São Paulo (SindusCon - SP), teriam de estar custando na cidade de São Paulo em média R\$ 20 mil, pois precisam englobar custo do terreno, burocracia, material e a construção (SindusCon, 2000).

#### 4.4 A autogestão da habitação e os efeitos do processo informal de construção

Em São Paulo, os primeiros núcleos de favelas surgiram na década de 40 em função do despejo ocasionado pela Lei do Inquilinato. Essa lei, ao defender o locatário, ao qual permitia o despejo nos casos em que fosse construir uma área maior, gerou uma forte crise de moradia, que

obrigava o despejado e os migrantes a buscar os loteamentos de periferia. Em Salvador e no Rio de Janeiro, a formação dos loteamentos e das favelas teve origem principalmente pela invasão da terra. (Bonduki, 1998).

A ocupação desequilibrada dos espaços urbanos brasileiros gerados pelos processos especulativos do solo urbano configura uma cidade com um grande número de lotes vagos e glebas não urbanizadas, ao lado de áreas densamente preenchidas por edifícios, e outras intensamente tomadas por favelas, que ocupam grandes manchas urbanas. O processo espontâneo de ocupação de imensos vazios urbanos gera uma demanda por serviços e infra-estrutura urbana que requerem intenso aporte de investimentos para resolver o problema da habitabilidade (Chaffun, 1997).

A falta de alternativas para a habitação popular e a falta de lotes urbanos com preços compatíveis com o nível de renda força uma legião de assalariados, desempregados e desesperados contingentes a morar ilegalmente em áreas impróprias para assentamentos, mesmo que tais espaços se configurem em áreas de risco para a sua própria vida. A ocupação de encostas íngremes, áreas inundáveis, beiras de rios e cursos d'água, mangues, áreas de mananciais e de preservação ambiental, sem nenhuma infra-estrutura, é a única opção para as classes com renda baixa de estarem próximas ao centro econômico que lhes garantirá o acesso ao trabalho.

A imprensa brasileira expõe com frequência o drama das famílias que, diante de situações de calamidades como enchentes de terrenos ribeirinhos ou deslizamento de encostas provocado pelos desmatamentos e chuvas, lutam para não abandonar seu espaço duramente conquistado, e que dificilmente será resolvido pelo poder público. Passado o infortúnio climático, novamente se repetirá a tarefa da busca por outro local. A opção nunca será a institucional; será novamente por áreas de risco, ou a invasão de áreas privadas ou públicas, mesmo que o enfrentamento com o aparato jurídico e policial das instituições e a possibilidade de despejo violento passem a ser o seu cotidiano de luta e esperança.

Dentro de um contexto social excludente, as funções urbanas básicas de habitar, circular e de lazer são elementos estruturais que conflitam com o espaço caótico gerado pela necessidade

desesperada do refúgio, vital para a sobrevivência da espécie humana. Os problemas de falta de saneamento básico, drenagem, iluminação pública, abastecimento, equipamentos comunitários e a decorrente degradação ambiental são algumas das conseqüências de uma cidade informal, que vai segregando seus moradores sob as óticas social, cultural e econômica.

O comprometimento ambiental que acompanha a intensidade da concentração urbana desordenada é hoje uma preocupação constante. Os dejetos urbanos (lixo, entulho, esgoto), a depredação das áreas de mananciais, a poluição do ar, a desarticulação da malha urbana, a precariedade dos transportes coletivos e a falta de segurança vão transformando as cidades sem planejamento em verdadeiras trincheiras de conflitos e violência.

As estatísticas do IBGE (2001) mostram que a taxa de domicílios sem condição de saneamento sanitário adequado, em 1995 era de 40%, em 1999 é de 20,2%. No Norte, 85,2% das moradias não possuem saneamento básico; no Nordeste, 77,4%; no Centro-Oeste, 65,3%; no Sul, 55,4%. A Região Sudeste, com um déficit de 20,4%, é a que apresenta melhores resultados. Este percentual, de um total de 54.337.670 domicílios, significa 11.084.884 habitações ou aproximadamente 38 milhões de moradores que estão sujeitos à contaminação e doenças provenientes da exposição a céu aberto de dejetos humanos.

A proporção de residências atendidas por serviços de coleta de lixo passou de 72,1%, em 1995, para 79,9% em 1999; na área urbana este atendimento alcançou 93,7% das moradias. Apesar de parecer um percentual baixo, os restantes 6,3% que não possuem o recolhimento de lixo, do total de domicílios brasileiros, correspondem a 3.423.273 habitações ou aproximadamente 14 milhões de moradores que convivem com condições de vida absolutamente inadequadas.

#### **4.5. A autoconstrução assistida pelo Estado**

No Brasil, a produção em massa de habitações de caráter social, com a construção de grandes conjuntos residenciais, fez parte da primeira fase dos programas desenvolvidos pelo Sistema Financeiro da Habitação (SFH) e pelo Banco Nacional da Habitação (BNH), desde sua

criação, em agosto de 1964. Alicerçada em práticas internacionais de produção industrial e em série, mostrou a sua inadequação por desconsiderar a diversidade das necessidades dos diferentes segmentos da população (Sachs, 1999).

A partir das conferências das Nações Unidas sobre o meio ambiente (Estocolmo, 1972), e sobre a habitação (Vancouver, 1976), e da criação do Centro das Nações Unidas para o Estabelecimento Humano-Habitação (Nairóbi), inicia-se a difusão de novos conceitos e práticas para a habitação. As soluções alternativas, mais acessíveis às populações pobres e com possibilidades de reprodução em grande escala, passaram a contemplar as novas práticas: a volta da autoconstrução e da habitação evolutiva, a negação ao reconhecimento da habitação espontânea, e a integração do grande conjunto habitacional clássico à trama saneada (Sachs, 1999). Dentro deste espírito de reconceitualização da habitação espontânea, da reavaliação das políticas públicas de habitação social e das novas relações que deveriam existir entre poderes públicos e as comunidades urbanas, foram criados no Brasil, numa segunda fase do BNH, três programas de habitação social: o Perfilurb (1975), o Promorar (1979) e o João-de-Barro (1984).

- O Perfilurb tratou de criar condições para favorecer tramas saneadas e incluir núcleos de habitação de um cômodo, com ducha e vaso sanitário.
- O Promorar substituiu o programa anterior e tinha o objetivo de regularizar a ocupação do solo e manter as populações nos locais de origem. Enquanto um programa tentava prevenir o crescimento das favelas, o outro reconhecia a sua existência e a impossibilidade de acabar com elas, apenas realocando as populações pobres para lugares distantes.
- João de Barro foi um programa de autoconstrução assistida pelos poderes públicos, destinado à famílias com renda inferior a 1,5 salários mínimos, moradores de pequenas cidades. Este programa retoma o conceito de ajuda mútua chamado mutirão, e das práticas populares de autoconstrução coletiva, com um enfoque muito claro e determinado da valorização da participação comunitária na produção da habitação, do

uso de tecnologias apropriadas, da necessidade da adaptação dos projetos aos contextos locais e regionais (Sachs, 1999).

Apesar dos esquemas conceituais dos técnicos do BNH não terem permanecido imutáveis, com o reconhecimento da existência da *cidade ilegal* e a impossibilidade de prosseguimento com a remoção dos moradores, a finalidade do BNH se voltou de forma acentuada ao atendimento do mercado das classes média e alta até a sua extinção, em 1986. A escala reduzida das realizações de âmbito social destes programas acabou se constituindo em participações simbólicas dentro do contexto do SFH. No período de 1964 a 1980 os empréstimos aos programas sociais se constituíram em 1,5% do total, com apenas 5.7% beneficiados com empréstimos para a construção da moradia, para uma demanda avaliada pelo próprio BNH, somente entre 1980-1985, de 2,9 milhões de habitações (Sachs, 1999).

#### **4.6 O mutirão como forma de produção da habitação**

Além das zonas de riscos os vazios que se formam entre as zonas urbanizadas e as zonas rurais são as áreas utilizadas pelos empreendedores para formar os novos loteamentos populares. A falta de infra-estrutura, como transporte, escola, postos de saúde, iluminação, água e saneamento e equipamentos de lazer viabilizam o lote barato, pago a prestação. A falta de investimento do poder público, enquanto financiamento e subvenção à moradia, leva a população a buscar estratégias próprias e originais: gerir ela mesmo o processo de construção de seu abrigo.

As casas da periferia, a favela e o cortiço são as soluções que uma imensa parcela da população brasileira pode gerir até a entrada do século XXI. Enquanto a sua força-de-trabalho valer o rendimento mensal atual (salário mínimo) de 75 dólares, elas continuarão a serem executadas sem planejamento, sem auxílio técnico e de forma rudimentar.

- A favela costuma ser definida como aquele abrigo feito com restos de materiais catados pela cidade como madeira, papelão, latas, restos de tijolos, pedaços de zinco, de telhas de cimento amianto, arrançados em uma espécie de caixote, que varia de tamanho conforme a quantia de material coletado ou o rendimento mensal da família.

- Já o cortiço é a denominação dada àquele abrigo precário e insalubre, que está disponível na cidade para ser alugado.
- As casas da periferia ou as casa “sempre por terminar” são aquelas que são construídas conforme os rendimentos da família e estão sempre sofrendo ampliações e sempre inacabadas.

Nos anos 80 surge a forma coletiva de resolver o problema com a moradia. O mutirão enquanto prática social popular foi a única alternativa que a população teve para resolver o seu problema habitacional, sem que o poder público fosse obrigado a investir maciçamente. A habitação autoconstruída é uma prática comum entre as populações pobres, tanto no Brasil como nos demais países subdesenvolvidos. Bonduki (1998) relaciona as diversas denominações dadas a esta prática e os estudos efetuados por Lemos & Sampaio (1978), Maricato (1979), Bonduki & Rolnik (1979), Kowarick (1980), Valadares (1980), para esta forma de construir dos setores populares. Casas domingueiras, casas de periferia, casas próprias autoconstruídas, casa de mutirão e finalmente “auto-emprego da moradia popular”, designação preferida pelo autor Bonduki.

A característica básica deste processo é comum em grande parte das cidades brasileiras. Após a compra do lote o projeto da habitação é esquematizado pelo próprio morador. A compra do material e a construção são feitas de acordo com a renda e a disponibilidade de tempo do autoconstrutor. Geralmente as horas de lazer dos fins de semanas são ocupadas para esta tarefa.

No início da década de 90, 3,7 milhões de habitantes da cidade de São Paulo moravam em casas próprias autoconstruídas, constituindo-se em aproximadamente quatro vezes o número de moradores em favelas (Mocouh et al. 1991).

*“Nas periferias convive-se quotidianamente com casas permanentemente em construção, materiais amontoados nas calçadas, fins de semana ocupados na edificação, manutenção, melhoramento, reforma e ampliação da casa. Como o auto-emprego está alicerçado na contraprestação de serviços, além do trabalho na própria casa, o morador participa da construção de várias outras, num processo que o envolve por anos, transformando-se numa prática cultural e de sociabilidade na periferia”* (Bonduki, 1998. p. 312.)

A construção da habitação pelo próprio morador e proprietário passa pela construção em etapas. Primeiro o elementar – a sala, o dormitório, a cozinha e o banheiro. A água ou vem do córrego ou da bica pública. A energia elétrica, ou não existe ou vem do *gato*<sup>6</sup>. Infra-estrutura sanitária não existe, os dejetos correm pelos valões criados junto à moradia. Os materiais de construção são os mais acessíveis, de baixa qualidade e com grandes problemas de conforto ambiental como tijolo “furado”, tijolo “baiano”, telha de fibro-cimento, telha de zinco, entre outros.

A avaliação pós-ocupação funcional e de conforto ambiental, realizada nestas habitações por Orsntein, Roméro & Cruz (1995), mostra que os autoconstrutores demonstram elevados níveis de satisfação, contrapondo-se ao desempenho negativo identificado pelos avaliadores. A satisfação fica associada ao fato do morador estar construindo a *casa própria*, o fato de o autoconstrutor ser o dono de suas ações; as ampliações e reformas exigidas para a sua satisfação serão feitas em função de seus recursos financeiros. As áreas úteis construídas serão superiores às oferecidas pelo poder público em conjuntos habitacionais, o que lhe garante conforto em relação aos cômodos. Quanto ao desempenho técnico, as soluções espaciais e os sistemas construtivos adotados são deficitários, com problema inclusive de salubridade. A adoção de técnicas de baixo nível tecnológico com processos construtivos pouco racionais contribui para que o produto final tenha um desempenho ruim em termos de qualidade (Orsntein, 1997; Orsntein, Rómero & Cruz, 1997).

#### **4.7 O projeto participativo ou o mutirão autogerido**

O mutirão autogerido está centrado nas discussões que envolvem toda a comunidade com uma equipe técnica, em que coletivamente são definidos princípios para a viabilização da construção da moradia. Esta nova prática tem se desenvolvido com sucesso e de forma pontual em diversas cidades brasileiras, mas de maneira geral é desconhecida da população e de especialistas. São iniciativas formuladas e implementadas por prefeituras, organizações não - governamentais, movimentos sociais, com programas concretos, alicerçados na realidade de cada cidade, região ou comunidade.

---

<sup>6</sup> O “gato” é o termo usado pelos moradores de favelas para designar a ligação clandestina de energia elétrica.

Muitos programas, com os novos e sucessivos mandatários acabam sofrendo problemas de descontinuidade, ação típica da política brasileira, mas se tornam experiências modelos para a solução das populações excluídas do acesso à moradia. Os programas de mutirão e autogestão<sup>7</sup> desenvolvidos pela Prefeitura de São Paulo, entre 1989 e 1992, os de Fortaleza<sup>8</sup>, entre 1989 e 1995, os de Londrina entre 1993 e 1996, entre outros, têm inovado nas soluções adequadas para cada contexto social, desde as soluções urbanísticas adotadas até as de caráter técnico-ambiental, como a utilização de materiais de rejeito da construção civil, reciclados através de moagem e transformados em tijolos, e a pré-fabricação de componentes em argamassa armada (Bonduki, 1997).

Os mutirões autogeridos trazem no seu contexto a intensa participação popular, pois possibilitam o desenvolvimento de atividades de caráter social, paralelas à construção das unidades habitacionais. Além do caráter coletivo, as vantagens se dão pelo processo participativo entre os moradores e a assessoria técnica, que pode neste momento fazer a introdução de inovações tecnológicas, além dos conceitos de racionalização e economia na construção. O projeto, ao contemplar a presença de equipe multidisciplinar, permite a experimentação e o desenvolvimento de tecnologias que facilitam a introdução do conceito de economia de energia, a capacitação tecnológica dos moradores, além das relacionadas às questões de educação, saúde e solidariedade.

A possibilidade de se incorporar um sistema de aquecimento solar de água, dentro deste contexto da autoconstrução ou do mutirão, requer que seja selecionada a tecnologia apropriada. Isto é, que a inovação possa ser transmitida, ensinada e integrada às práticas comuns do construtor popular. Será o assunto do capítulo a seguir. Nele se fará o estado da arte das tecnologias solares que exijam baixos investimentos e que possam ser difundidas através da sua construção pelo próprio morador.

---

<sup>7</sup> Ver experiências em *Habitat – As práticas bem sucedidas em habitação, meio ambiente e gestão urbana nas cidades brasileiras*, organizado por Nabil George Bonduki, 1997, 2ª ed. O livro registra práticas de gestão urbana, recuperação ambiental, programas habitacionais e soluções de trânsito e transporte, desenvolvidas em quinze cidades brasileiras de várias regiões e administradas por diferentes partidos.

<sup>8</sup> O conjunto de programas desenvolvido em Fortaleza foi premiado no 2º Congresso da ONU sobre Assentamento Humano - Habitat II, realizado em Istambul em 1996, como uma das doze experiências que tiveram êxito internacional. Trata-se de um conjunto de programas marcado pela participação popular, com parceria de organizações não-governamentais e órgãos do poder público estadual e municipal.

## Capítulo 5

### **A tecnologia solar de aquecimento de água na habitação**

Estratégias que envolvem as relações entre a tecnologia, clima, arquitetura e os seres humanos, quando corretamente planejadas durante a concepção do projeto da edificação, podem reduzir o consumo de energia e criar condições para melhorar o conforto térmico e a eficiência energética da habitação. Diversas variáveis devem ser articuladas, desde as bioclimatológicas (relação do homem com o clima) até as de caráter cultural e comportamental.

O estudo da habitação e o das tecnologias que venham reduzir o consumo de energia e ao mesmo tempo prover de condições de habitabilidade, com a satisfação das necessidades mínimas de conforto para seus moradores, deve contemplar a realidade social dos países com suas disparidades econômicas, culturais e climáticas.

A necessidade de soluções adequadas à realidade da pobreza de uma parcela considerável da população brasileira foi considerada para a redação do presente capítulo. Ele foi dividido em quatro partes. De início é mostrado como o aproveitamento da energia solar era usado na antiguidade para melhorar a habitabilidade e como evoluiu o aquecimento de água. A seguir é feita uma revisão bibliográfica das tecnologias solares na habitação, enfocando o retorno do uso dos princípios bioclimáticos e sua integração à arquitetura atual. Na parte seguinte é abordado de que forma as tecnologias solares foram introduzidas no país. No último item é apresentado o estado da arte das tecnologias alternativas de baixo custo para o aquecimento de água, que

atualmente estão sendo desenvolvidas nas universidades brasileiras e na Jordânia, Israel, Índia e Brasil.

## **5.1 Dos coletores solares à arquitetura solar**

A história mostra que Ésquilo, em 525-456 AC; Xenofonte em 430-352 AC. e Aristóteles 384-322 AC. 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 antes de Cristo 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 com que hoje é denominado desenho bioclimático. 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, mostram a preocupação com o controle do conforto. Pisos de terra eram usados para reter o calor. Com muros de adobe, de 40 a 50cm de espessura, se obtinham áreas de sombra. Com as casas voltadas para o norte e desníveis dos tetos, os ambientes recebiam o sol no inverno (Rosenfeld, 1993).

O arquiteto Vitrúvio<sup>1</sup>, 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, com privilégio para as habitações usadas no inverno, as áreas destinadas ao banho e os diversos métodos de acumulação de calor. As escavações de Pompéia, Herculano e outras cidades mostram 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 otimizar a calefação interior (Rosenfeld, 1993).

O reconhecimento de que as habitações deveriam ser diferentes para climas distintos e igualmente diferenciados nos diversos países, é percebido pelos escritos do arquiteto Vitruvius:

*“Devemos começar tomando nota dos países e climas nos quais devemos construir, se quisermos que nossos projetos para eles estejam corretos. Um tipo de casa parece apropriado para o Egito, outro para a Espanha... ainda um diferente para Roma, e assim seguido para as terras e países com características diversas”* (Vitruvius, apud Corbella, 1983).

No século II depois de Cristo 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 depois de Cristo, foi incorporada a seguinte lei:

*“Se um objeto é localizado em forma tal que tire os raios solares de um Heliocaminus<sup>2</sup>, 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”* (Corbella 1983; Rosenfeld, 1995).

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 *shoppings centers*. Nas regiões frias esta solução ajuda a economizar energia, no entanto quando transportada para os países de clima quente, o efeito estufa provocado faz com que seja necessária a climatização artificial, gerando grandes gastos energéticos.

Já no final do século XIX, nos povoados do sul da Califórnia, nos EUA, onde se concentrava a maioria da população, não havia nem gás nem eletricidade. A disponibilidade destes energéticos só existia nas grandes cidades, e por um preço muito alto. O aquecimento da água dos povoados se fazia por serpentina em pesados recipientes, nos fogões das cozinhas. No verão o calor tornava esta área insuportável. 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

---

<sup>1</sup> O trabalho de Vitruvius *Dez Livros de Arquitetura* é considerada a maior obra da arquitetura da antiguidade clássica que sobreviveu até a Renascença.

<sup>2</sup> *Heliocaminus* era um tipo de residência aquecida pelo sol.

tanques pintados de negro. Com 30 litros de água, nos finais de tarde, era possível se obter uma temperatura de 40°C (Rosenfeld, 1993).

A eficiência foi melhorada com a introdução de uma caixa de pinho, isolada com feltro e coberta com vidro, conectadas a tanques de ferro pintados de preto. Tinha então capacidade de 30 litros e poderia ser colocado no teto, de forma inclinada e com tanques horizontais. Custavam UR\$ 25, equivalentes a 175 dólares de 1978 (Rosenfeld, 1993).

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. Em 1909 foi solucionado o armazenamento dividindo-se o equipamento em coletor e tanque, já então galvanizado e com isolamento. Durante a 1ª Guerra Mundial havia 600 equipamentos vendidos, e em 1920, 1000 unidades. 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).

De 1935 a 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 e o subsídio e a instalação gratuita de aquecedores elétricos e a gás paralisaram abruptamente a indústria solar. Nos finais dos anos 50 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).

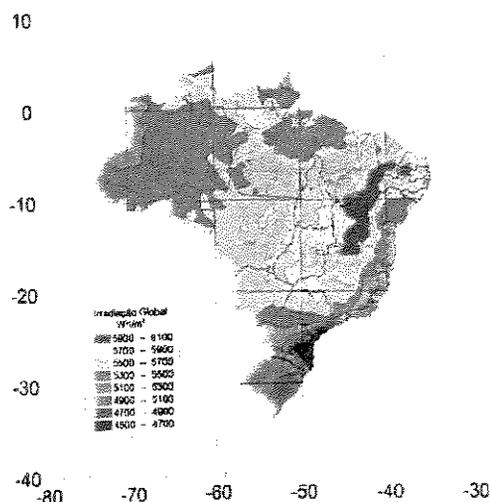
A disponibilidade aparentemente ilimitada de energéticos fez, e ainda faz, com que crises sucessivas aconteçam, ora pelo sua exploração acelerada, gerando escassez e aumento dos preços, ou pelo desenvolvimento de tecnologia que passa a dar competitividade a outras formas de geração de energia. A penetração da energia solar tem-se dado, assim, sempre aliada às crises energéticas das sociedades, fazendo com que novas soluções sejam buscadas e difundidas.

Muitos experimentos acabam fornecendo as informações básicas para o desenvolvimento de sistemas que serão usados muitas décadas mais tarde, aprimoradas pelo descobrimento de novos materiais e novas tecnologias.

### 5.1.1 Princípios do coletor solar

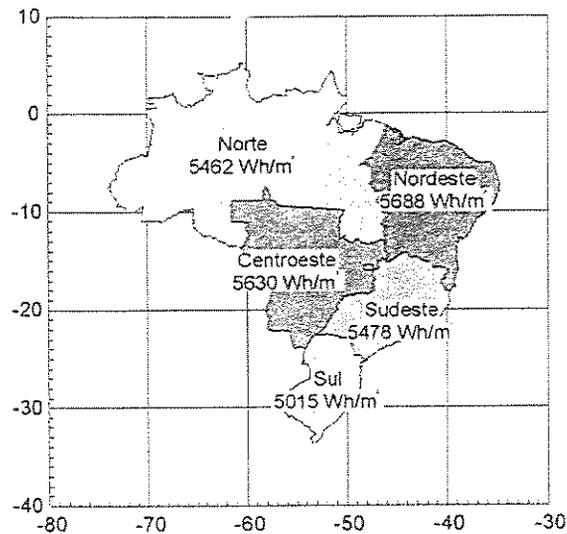
A radiação solar que incide na superfície terrestre pode ser absorvida e armazenada. A energia solar aproveitável é função do tempo de insolação e pode ser estimada através de diversos métodos. Estudos recentes (1998) mostram medidas da irradiação mensal global de cada região brasileira. As Figuras 5.1 e 5.2 mostram a irradiação média anual no Brasil<sup>3</sup>, entre 1995 e 1998. A extensa área verde-clara mostra que aproximadamente 2/3 do território brasileiro apresenta uma irradiação global que varia de 5.550 a 5.900 Wh/m<sup>2</sup> (Colle & Pereira, 1999).

Figura 5.1 IRRADIAÇÃO MÉDIA ANUAL NO BRASIL



Fonte: Colle & Pereira, 1999.

Figura 5.2 IRRADIAÇÃO POR REGIÃO BRASILEIRA



Fonte: Colle & Pereira, 1999.

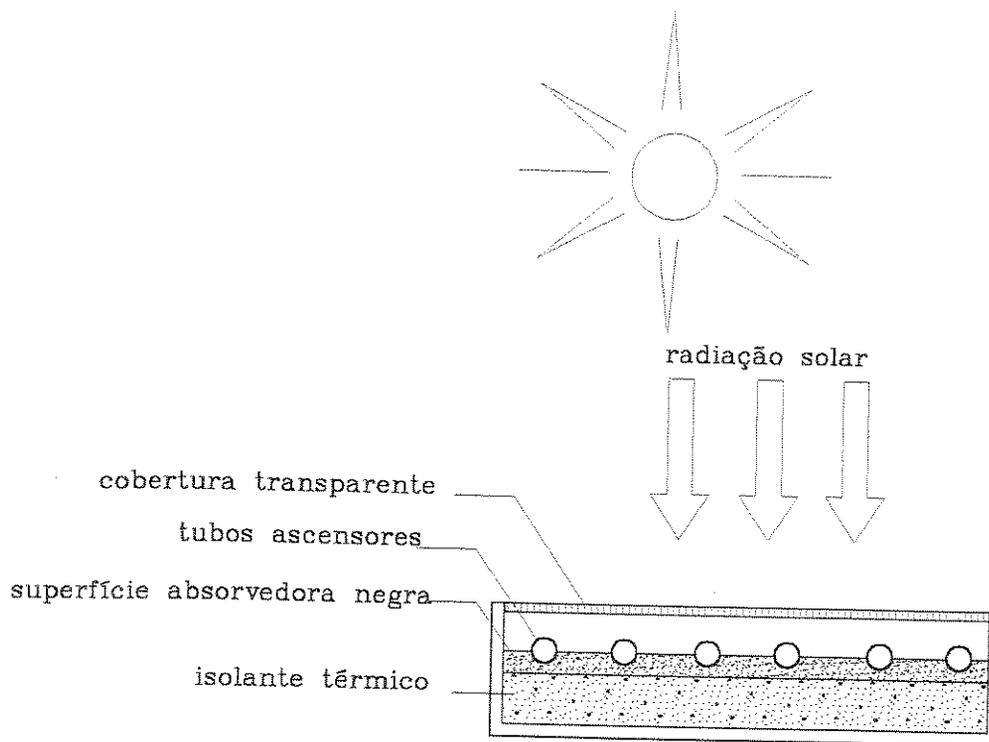
A energia radiante do sol – o calor - pode ser transferido para um determinado meio, que pode ser qualquer material capaz de fazer esta armazenagem. Em um coletor solar para aquecimento de água o princípio de funcionamento é baseado na propriedade de absorção da radiação solar por um material, com a transferência do calor para a água.

<sup>3</sup> A radiação solar média diária mensal, em qualquer ponto do território brasileiro, também pode ser calculada através do programa *Sundata*, baseado nos dados do Censolar (1993). Encontra-se disponível no site do CRESESB: Potencial Solar e Eólico. <http://www.cresesb.cepel.br/abertura.htm>

A placa que absorve a radiação solar poderá ser constituída por materiais com propriedades físicas específicas de condutividade térmica e absorvência, como o alumínio, cobre, concreto, pedra, etc. Como as cores claras refletem melhor a radiação, enquanto as cores escuras a absorvem, a placa de captura poderá ser, se necessário, pintada em uma de suas faces na cor mais próxima do negro.

Para reter a radiação emitida pela superfície absorvedora, esta poderá ser acoplada ou envolvida em uma lâmina transparente de vidro ou algum tipo de polímero, como os polyesters semicristalinos. Os tubos por onde circulará a água poderão de ser de cobre, PVC, etc.

#### CONFIGURAÇÃO TÍPICA DE UM COLETOR SOLAR PLANO PARA LÍQUIDOS



Fonte: Kreith & Kreider, 1978

O conhecimento dos fatores que determinam a eficiência de um coletor é importante para a tomada de decisão do dimensionamento do sistema e do tipo de resultados que se queira alcançar. Muitas vezes, um sistema de menor desempenho pode representar redução no investimento,

possibilitando a segmentos pobres usufruir água aquecida para o banho e para outros fins, como lavagem de louça.

As variáveis a serem consideradas são:

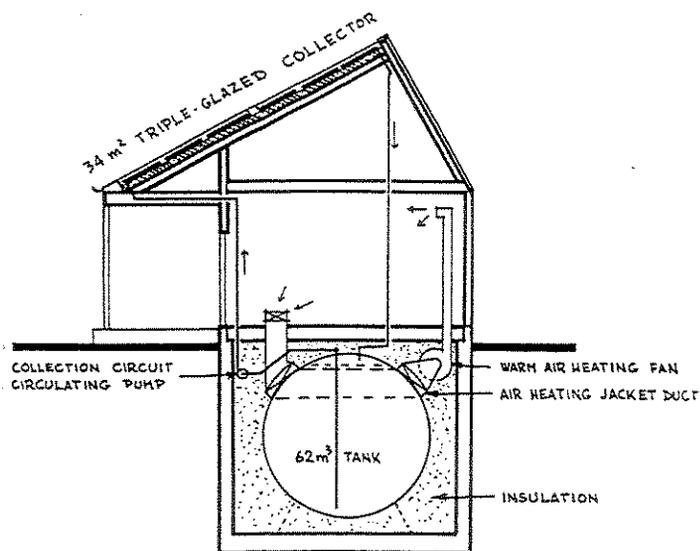
- Fatores climáticos: intensidade da radiação solar, temperatura ambiente, velocidade e direção dos ventos, temperatura e regime de escoamento do fluido de trabalho.
- Fatores físicos dos materiais empregados: transmitância, reflectância, emissividade e absorptância da cobertura transparente; absorptância e emissividade da superfície de absorção; condutividade térmica dos materiais da placa e dos tubos de circulação da água.
- Fatores geométricos: tipo da placa de absorção e do acoplamento da placa e tubos, espessuras da placa e tubo e espaçamento entre tubos; distância da placa na cobertura e artifícios para reduzir convecção normal (Babtista Filho, 1981).

### **5.1.2 A energia solar na arquitetura**

No século XX, as investigações envolvendo a energia solar na arquitetura iniciaram-se em 1938 no Massachusetts Institute of Technology – MIT, nos Estados Unidos, com o desenvolvimento de uma série de estruturas solares, o MIT House I, II, III e IV. Em 1978 retomaram-se as pesquisas com a construção do MIT House V, e em 2002, com o MIT House VI.

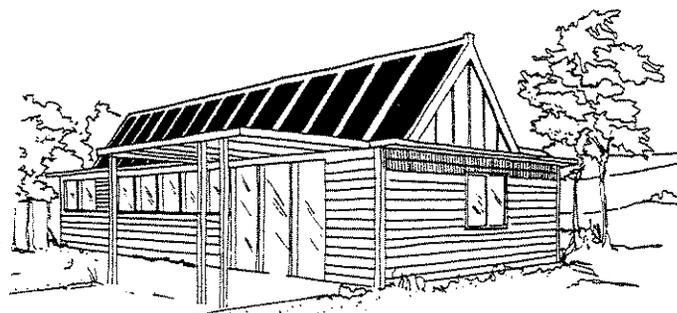
O MIT Solar House I foi projetado por Godfrey L. Cabot e construído em 1939 em Cambridge, Massachusetts (Figura 5.2). Este coletor de água possuía cobertura tripla de vidro de 34 m<sup>2</sup>. O armazenamento, feito em tanque de aço de 63 m<sup>3</sup>, localizava-se interior de uma construção feita na base do protótipo. O aquecimento do ambiente se fazia pela circulação de ar quente obtido pelo contato com o tanque, alcançando temperaturas entre 50°C a 90°C, conforme a variação anual da temperatura. O resultado da pesquisa mostrou que, por o tanque ser muito grande, se tornava antieconômico o projeto (Magnoli, 2002). Foi demolido em 1946 para instalação do MIT Solar House II. Esta nova estrutura solar foi construída em 1947 com o objetivo de testar uma parede vertical que se constituía de um tanque com faces pretas, vidros duplos e triplos, com parte contendo água e outra sal, para o estoque de calor latente (Szokolay 1978).

Figura 5.3 DETALHE DO MIT SOLAR HOUSE I



Fonte: Szokolay, 1978

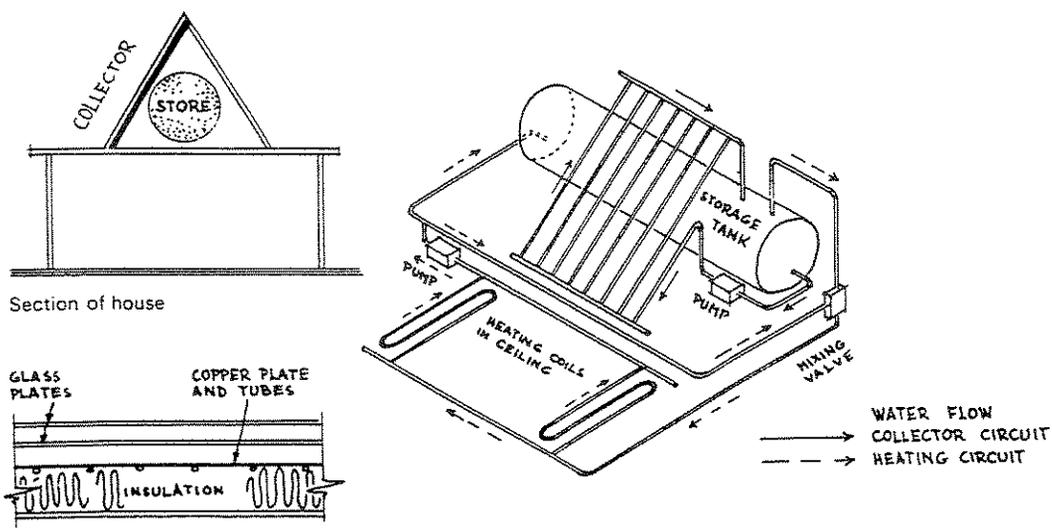
Figura 5.4 VISTA DO MIT SOLAR HOUSE III



Fonte: Szokolay, 1978

Em 1948, em Lexington, a estrutura do MIT House II foi transformada para abrigar o MIT House III (Figura 5.4). Esta nova experiência foi desenvolvida por August L. Hessenscherdt. Possuía um coletor de água com tubos de cobre conectados por múltiplas mangueiras e com proteção dupla de vidros. O estoque da água foi feito num tanque de aço de 4,5 m<sup>3</sup>, colocado no teto do protótipo, junto ao coletor. Foi usado apenas para o aquecimento do ambiente, que se obtinha pela circulação da água quente nos canos. A contribuição solar total foi de 82%, dos quais 49% feitos pelo sistema e 33% pelas janelas, cuja área de 17 m<sup>2</sup> correspondia a 47% das paredes. A eficiência medida do coletor alcançou a ordem de 43% (Duffie & Beckman, 1991).

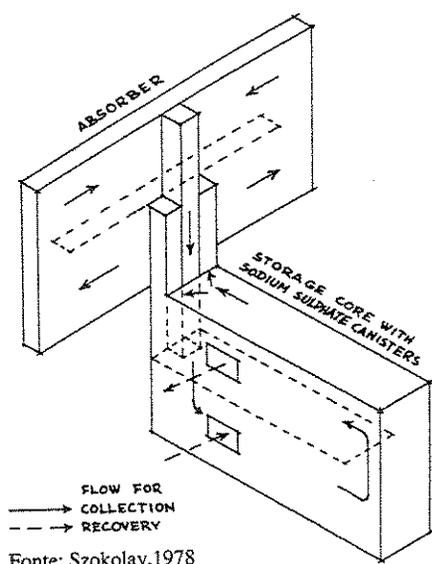
Figura 5.5 DETALHE DO MIT HOUSE III



Fonte: Szokolay, 1978

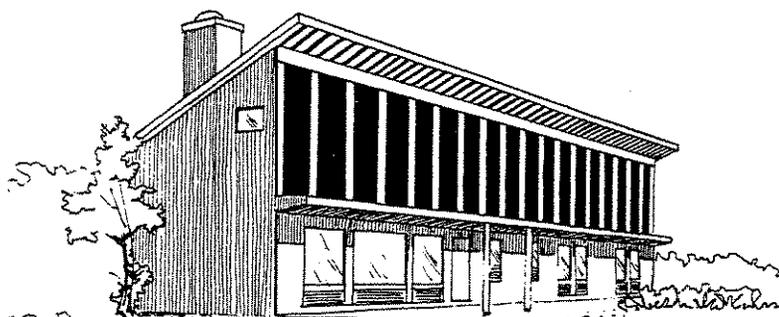
Telkes, Raimond e Peabody, em 1948, realizaram uma experiência em Dover, Massachusetts, onde foi utilizada a face vertical de uma residência para abrigar um coletor feito de lâminas de alumínio (Figura 5.6). O aquecimento do protótipo era obtido pelo calor de fusão do decahidrato de sulfato de sódio, estocado em caixas de metal, com uma capacidade para 9 dias. No entanto o ar obtido era inadequado e após cinco anos de uso, o sistema foi removido porque o desempenho do sistema foi gradualmente sendo deteriorado (Szokolay, 1978).

Figura 5.6 DETALHE DO SISTEMA DO DOVER HOUSE



Fonte: Szokolay, 1978

Figura 5.7 VISTA DO DOVER HOUSE

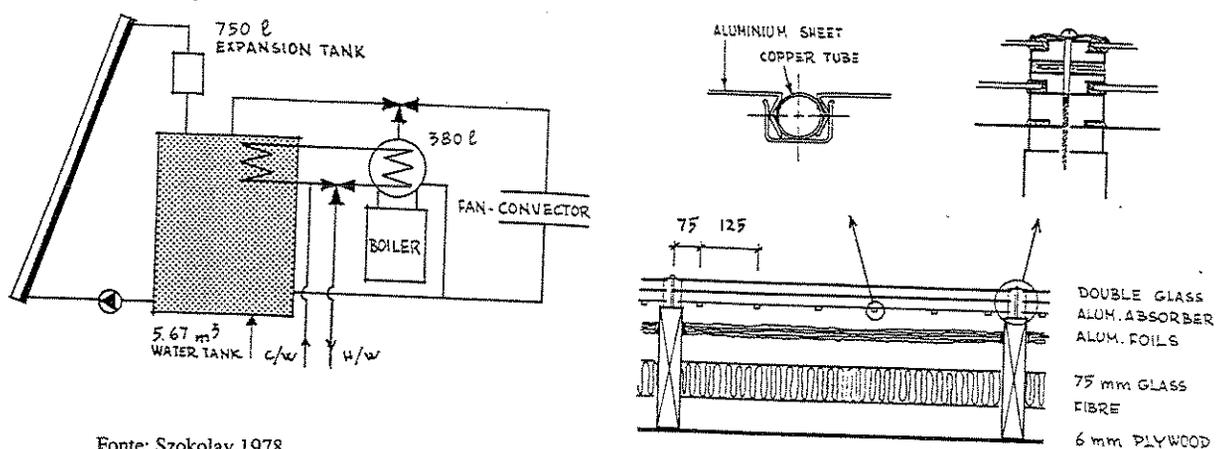


Fonte: Szokolay, 1978

Em 1955, Bliss construiu e fez medições completas do desempenho de todo o aquecimento solar de uma casa no deserto do Arizona. Com a medição do fluxo de ar quente armazenado em uma cama de pedra, ele concluiu que a construção do sistema não representava uma ótima economia e que era preciso o incremento de uma pequena energia auxiliar para que se baixasse o custo do sistema (Duffie & Beckman 1991).

Edward J.W. Curtis em 1956 projetou em Rickmansworth, Londres, um coletor numa parede de janelas de 28 m<sup>2</sup>, usando “plyglass” e vidros duplos. Para o aquecimento era usado o ganho solar obtido pelas janelas (com um ventilador montado na cobertura), as quais eram fechadas durante os períodos de verão. Não foram feitas medições no sistema. Existe apenas o relato do autor que mostrou satisfação com os ganhos econômicos obtidos nos 18 anos, com o consumo médio anual de eletricidade (Szokolay, 1978).

Figura 5.8 DETALHE DO COLETOR DO MIT SOLAR HOUSE IV



Fonte: Szokolay, 1978

O MIT House IV (Figuras 5.8 e 5.9) foi construído seis anos depois do MIT House III. Projetado por Engebretson e o Dept. of Mechanical Engineering- MIT em 1954 e concluído em 1959, também em Lexington. Aqui o coletor de água foi construído com lâminas de alumínio, tubos de cobre e vidros duplos, com uma área de 60m<sup>2</sup>.

Figura 5.9 VISTA DO MIT SOLAR HOUSE IV

Fonte: Szokolay, 1978

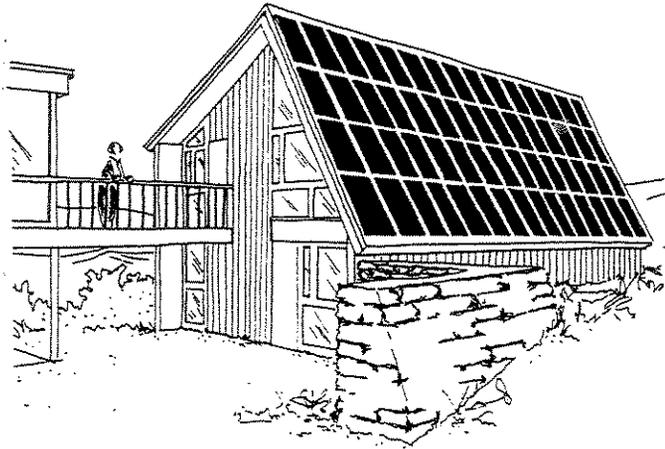
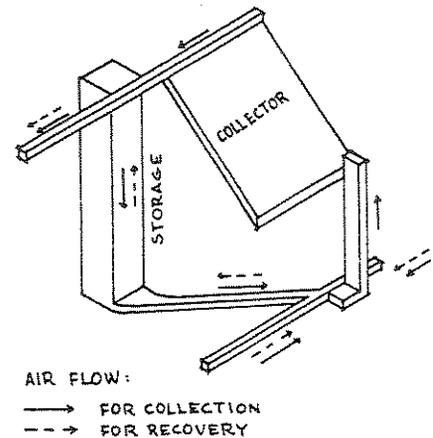


Figura 5.10 SISTEMA DO DENVER HOUSE

Fonte: Szokolay, 1978



O estoque foi armazenado em um tanque de aço de 5,67 m<sup>3</sup> e servia como pré-aquecedor de um ebulidor de 380 litros cuja energia era à óleo. A eficiência medida do coletor foi de 40,8% e a da radiação obtida de 32,6%. Devido à onerosa manutenção e problemas com a ruptura dos vidros, goteiras e corrosão do alumínio, o sistema foi abandonado dois anos depois. Os resultados obtidos com os programas do MIT, no entanto, tornaram-se métodos padrões para cálculos do desempenho de coletores, usados até os dias de hoje (Duffie & Beckman 1991; Szokolay, 1978).

Em 1959 George L. G. Löf desenhou para a sua casa em Denver, no Colorado, onde mora até hoje, junto com Wakil e Chiou, um sistema de aquecimento solar usando um coletor de ar coberto com vidro duplos e simples. Para o estoque foram criados uma cama de rocha, com dois cilindros de fibras com capacidade de 7 m<sup>3</sup>. O aquecimento do ambiente se dava pela circulação do ar. A água doméstica era pré-aquecida e dispunha de dispositivo que acionava o aquecimento do reservatório com energia de gás. O desempenho do sistema foi estudado para o primeiro ano de operação, e medido novamente entre 1976 e 1978. O dado significativo da experiência é que durante os 18 anos de funcionamento ele praticamente não precisou de manutenção. Na segunda medição foi observada uma melhoria de 78% em relação ao original, atribuída à ruptura do vidro da face interna, problema este que não existe nos coletores mais modernos. A experiência mostrou que o sistema pode operar por muitos anos e com pouca manutenção desde que exista um bom projeto e uma boa execução (Szokolay, 1978; Duffie & Beckman 1991).

Harry E. Thomason construiu em Washington, DC, três residências: Thomason House I, II e III. A primeira, em 1959, e a terceira, em 1963, foram construídas para seu uso. A Segunda, em 1960, para o uso de suas crianças. Todas possuíam o mesmo sistema, somente com mudanças nas áreas de coleta. A primeira tinha um coletor de água com 78 m<sup>2</sup> de área de alumínio corrugado. No início foi revestido com uma lâmina de plástico, depois de dois anos trocado por vidro. O estoque da água em tanque de aço foi incrustado na rocha, fornecendo ar quente obtido pelo contato com o tanque aquecido. Possuía ainda o efeito da radiação, convecção e evaporação (Szokolay, 1978).

Durante a década de 60, vários sistemas de estruturas solares foram construídos e testados experimentalmente. A partir de 1970 os resultados sobre os coletores passaram para a indústria, que iniciou a produção, em escala comercial, tanto de sistemas que usam o ar como dos que usam o líquido 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).

A preocupação com o homem inserido nestas estruturas tecnológicas fez com que outros grupos de pesquisadores investigassem as diversas variáveis que determinam as condições de conforto interno e do entorno destas habitações. A possibilidade de provê-las de estratégias que unam as tecnologias solares com os antigos conceitos bioclimáticos, trouxe para os tempos atuais conceitos renovados do aproveitamento do uso solar.

Victor Olgyay e seu irmão Aladar, nos EUA, já nos anos 50, iniciaram as pesquisas que avaliavam a interação entre o homem, o edifício e o meio natural. Posteriormente passou a chamar-se de *arquitetura solar*, *arquitetura passiva* e por último *arquitetura bioclimática*. Em 1962 foi publicado *Design with Climate*, transformando-se, até os dias de hoje, em um referencial para a concepção arquitetônica que respeita o ser humano e seus aspectos ambientais. A publicação para a língua espanhola, só aconteceu recentemente, em 1998, depois de 10 anos da morte de seu autor e após intensas negociações dos editores.

A busca das condições que mais satisfaçam o homem com relação às suas sensações térmicas levou P. O. Fanger (*Thermal Comfort*) em 1970, na Dinamarca, a realizar estudos em câmaras climatizadas. Seus modelos são utilizados até hoje e encontram-se normalizados através da International Organization for Standardization -ISO 7730 de 1997.

Com o avanço das pesquisas muitos estudos foram realizados, não mais em câmaras climatizadas, mas em situações reais do cotidiano. Givoni, em 1976, publicou *Man, Climate and Architecture*, com estudos envolvendo a estreita relação que o homem mantém com o seu entorno ambiental, capaz de variar para cada país, cultura, raça, hábitos, entre outros, e determinar desta forma soluções arquitetônicas diferenciadas.

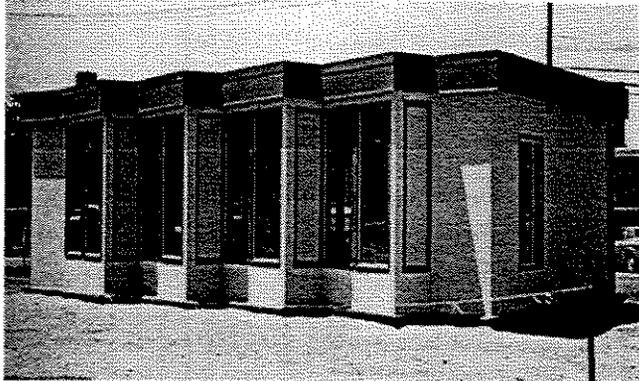
Szokolay em 1975, com a publicação de *Solar Energy and Building* e Shurcliff em 1978, com *Solar Heated Building of North America e World Solar Architecture*, são outros investigadores que iniciaram a compilação de uma variedade de construções onde a arquitetura também é utilizada como elemento definidor da conservação de energia e satisfação do homem (Duffie & Beckman, 1991).

Em 1978 o Massachusetts Institute of Technology (MIT) retomou os estudos das casas solares com a construção do MIT House V. Tratou-se de um sistema cuja arquitetura envolvia materiais com novas propriedades termo-físicas. Foram introduzidas janelas com elementos transparentes e reflexivos - filmes fixados nos vidros com transparência para a visibilidade e penetração da radiação solar, mas com reflexão da radiação infravermelha - para direcionar e modular a iluminação, além de telhados para o controle e armazenamento do calor. Os resultados mostraram que era possível se obter a auto-suficiência em aquecimento, na ordem de 62%. Seu defeito, no entanto, constituiu-se no alto custo dos materiais, que inviabilizou a produção em massa (Magnoli, 2002).

Recentemente (2002), as pesquisas com a arquitetura solar no MIT foram impulsionadas, com a elaboração do projeto do MIT House VI. Trata-se de uma concepção que envolve o uso de diversos componentes construtivos, semitransparentes e opacos, com a função de obter

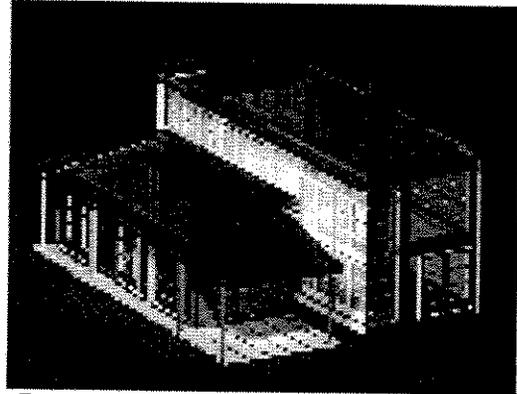
aquecimento (painéis solares) e geração de energia elétrica (painéis fotovoltaicos). O projeto (em andamento) tem o objetivo, também, de diminuir o tempo de “*payback*” (Magnoli, 2002).

Figura 5.11 MIT HOUSE V



Fonte: Magnoli, 2002.

Figura 5.12 MIT HOUSE VI



Fonte: Magnoli, 2002.

## 5.2 A tecnologia solar no Brasil

As atividades de pesquisa de tecnologias com energia solar no Brasil iniciaram-se em 1970, com instituições universitárias e institutos de pesquisas desenvolvendo atividades nas mais diversas áreas, desde as áreas da agricultura, com secadores de alimentos, irrigação e bombeamento de água, destiladores, refrigeradores, até as que envolvem a habitação, com experiências nas áreas de condicionamento ambiental e aquecimento de água. As pesquisas com conversão fotovoltaica (conversão de energia solar em elétrica através de células de silício) só começaram a partir da década de 80, com programas nas áreas de tecnologias do silício mono e policristalino, e filmes finos de silício amorfo (Chambouleyron, 1985).

As tecnologias solares efetivamente implantadas no Brasil foram a de células fotovoltaicas e a de coletores planos para aquecimento de água. O levantamento efetuado até 1981 apontava para a existência de 80 indústrias produtoras de equipamentos solares no Brasil. As pesquisas feitas a partir desta data mostraram que das 39 localizadas no estado de São Paulo, 25 já não existiam mais. As que ainda atuavam, em sua maioria, possuíam um baixo nível tecnológico, com repercussões negativas no mercado consumidor (Ennes, 1985).

No que se refere aos sistemas fotovoltaicos em domicílios privados, os primeiros a serem implantados foram no final de 1992, através de um projeto de cooperação internacional. Estes sistemas são usados atualmente para disponibilizar o atendimento de pequenas quantidades de energia elétrica em algumas habitações pobres, em localidades isoladas do meio rural. Trata-se de uma alternativa cara, considerando-se o referencial tradicional de energia, mas, internalizando todos os custos, ainda representa uma solução viável para o atendimento da população rural dispersa (Zilles et al., 2000).

Algumas das linhas de ações, propostas em 1988, no Programa Nacional de Energia Solar para o Ministério de Minas e Energia, eram o estímulo ao estabelecimento de legislação que garantisse o direito à utilização da energia solar e a redução de custos dos seus equipamentos e sistemas. Com o intuito de aumentar a capacidade do País nesta área foi proposto o incentivo ao fomento da pesquisa e desenvolvimento tecnológico junto a universidades, centros de tecnologia e empresas privadas (MME-Pro-Solar, 1988).

A análise econômica comparativa dos sistemas solares e convencionais, apontada pelo relatório Pro-Solar, mostrou 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 representava um avanço, tanto em termos de estratégia energética, como dos relevantes benefícios sociais, principalmente às populações mais carentes (MME-Pro-Solar, 1988).

O programa, no entanto, nunca foi implantado. Passados 14 anos, o Balanço Energético Nacional ainda não é capaz de evidenciar o uso desta fonte energética pela população, apesar do custo atual da energia, tanto a elétrica como a do gás, principalmente para as populações de baixa renda. Em Israel, Áustria, Grécia, Alemanha, Coréia do Sul, Japão e Turquia a energia solar para aquecimento de água é utilizada em grande escala, com equipamentos, em muitos desses países, subsidiados pelo governo ou pelas companhias energéticas.

Nas tabelas a seguir, estão relacionados dados estatísticos da utilização de coletores solares térmicos planos para aquecimento de água e da potência instalada de energia fotovoltaica, nos

países de maior utilização. Os dados foram coletados, no final de 1999. São expressos em área de coletores (m<sup>2</sup>) por 1000 habitantes, e em MW para a energia fotovoltaica (Galdino, 2001).

**Tabela 5.1 USO DE COLETORES SOLARES NO MUNDO**

Países	m <sup>2</sup> / 1000 hab	Países	m <sup>2</sup> / 1000 hab
Israel	67,1	Alemanha	5,1
Áustria	17,5	Suíça	4,4
Grécia	15,2	China	3,2
Coréia do Sul	10,8	Dinamarca	2,6
Japão	7,9	Índia	2,0
Turquia	6,8	Holanda	1,9
<b>Brasil*</b>			<b>0.012</b>

Fontes: Galdino, 2001; \*Procel, 2001<sup>4</sup>

**Tabela 5.2 POTÊNCIA INSTALADA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO MUNDO**

Países	Potência instalada (MW)	Países	Potência instalada (MW)
Japão	205,3	Suíça	13,4
EUA	117,3	México	12,9
Alemanha	89,5	Holanda	9,2
Austrália	25,3	França	9,1
Itália	18,5	Espanha	9,1

Fonte: Galdino, 2001.

Dados de 1999, do Programa de Combate ao Desperdício de Energia (Procel), revelam que existe uma área instalada de dois milhões de metros quadrados de placa plana para aquecimento de água, com estimativas de instalação, por ano, de 200 mil m<sup>2</sup>. A falta de referência aos setores de uso, industrial, comercial ou residencial, impede a avaliação do índice de penetração na moradia.

O Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito<sup>5</sup> (CRESESB) registra para o ano de 2001 a existência de 19 empresas brasileiras atuando nesta área, já com tecnologia mais eficiente e controle de etiquetagem estabelecido pelo Inmetro/Procel, que exige a produção de equipamentos com garantia de qualidade e eficiência.

A Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA) registra em seu Departamento de Aquecimento Solar 22 empresas associadas, treze empresas em Minas Gerais, sete em São Paulo, duas no Espírito Santo, uma no Paraná e uma no Rio Grande do Sul (ABRAVA, 2001).

<sup>4</sup> Dado calculado a partir da informação do Programa de Combate ao Desperdício de Energia (Procel, 2001) que divulga no site: <http://www.mct.gov.br/energia/economia6.html> (7 dez 2001) a existência de dois milhões de coletores instalados no Brasil. População brasileira atual (IBGE, 2001) 169.590.693 habitantes.

No Brasil as tecnologias de aquecimento solar de água para uso em residências, possuem penetração nas habitações de padrão aquisitivo elevado, situando-se na faixa da população com renda capaz de adquirir um equipamento que varia entre R\$ 1.599 (US\$ 644,7)<sup>6</sup> e R\$ 3246,00.

Com a crise no abastecimento de energia elétrica, a partir de maio de 2001, o governo incluiu na linha de crédito já existente - *Programa Materiais de Construção*<sup>7</sup>- da Caixa Econômica Federal (CEF), a possibilidade do financiamento de aquecedores solares, a juros anuais de 6% mais Taxa Referencial de Juros (TR<sup>8</sup>). Foi a primeira ação governamental de estímulo ao uso destes sistemas através de financiamentos.

Pesquisas realizadas entre 11 empresas fabricantes de Campinas, em julho de 2001, mostraram o valor mínimo de R\$ 1.599,00 (US\$ 644,7) para o sistema de aquecimento com reservatório de 200 litros. No preço estava incluído: reservatório de aço inox de 200 litros, 2 placas coletoras de alumínio dobrado, com dimensões de 1m x 2m, mais o material para instalação - em torno de R\$ 300,00 (US\$ 120,96) - e a mão de obra - em torno de R\$ 200,00 (US\$ 48,39).

Pesquisas realizadas em dezembro do mesmo ano revelaram a presença, no mercado, de coletores com preços mais competitivos. Tratam-se de aquecedores solares, com capacidades entre 120 e 200 litros, projetados para servir pequenas residências. O preço para o sistema com 200 litros de água aquecida variava entre R\$ 800,00 e R\$ 1.200,00.

### **5.3 Soluções tecnológicas de baixo custo no Brasil**

O acesso ao conforto, traduzido por um incremento de energia na moradia, para uma grande parcela da população pobre brasileira, passa por soluções que requeiram investimentos baixos, pois seus rendimentos ficam absorvidos pelas necessidades básicas da alimentação.

---

<sup>5</sup> O CRESESB é um centro de referência mantido pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e sediado no Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL). O objetivo do centro é divulgar e fomentar o desenvolvimento das energias solar e eólica no Brasil.

<sup>6</sup> Dólar em julho de 2001: R\$ 2,48.

<sup>7</sup> Programa de financiamento apenas de materiais de construção para populações de baixa renda. Tem um valor limite de R\$7.000,00.

<sup>8</sup> TR é uma taxa remuneratória.

A magnitude dos índices de exclusão social - 28 % das famílias brasileiras vivendo com até dois salários mínimos (visto no capítulo 6) - parece tornar irrealizáveis planos de ação para a redução da miséria. No entanto, programas com tecnologias alternativas de baixo custo podem diminuir a necessidade de uso das formas convencionais de energia e contribuir significativamente para minimizar as condições de baixa qualidade de vida destas populações. Trazem, ainda, a vantagem de reduzir o investimento governamental em geração de energia com usinas e linhas de transmissão e distribuição.

O aquecimento de água na habitação de baixa renda, como visto no capítulo 3, representa aproximadamente 19,6% (Procel, 1989) do seu consumo de energia elétrica e em torno de 5% a 10% do rendimento familiar. A introdução de tecnologias solares que suprissem esta demanda de energia, mesmo que as temperaturas alcançadas para o aquecimento da água sejam mais baixas que a usual para o banho, representa uma economia substancial para as populações pobres.

Os coletores para aquecimento de água de uso doméstico podem ser parte integrante da estrutura do prédio, como teto, telhado, parede, etc. Alguns esforços têm sido feito para colocá-los inseridos neste conjunto, mas a literatura mostra que é mais freqüente a utilização da placa de metal para absorver a radiação solar, apesar dos estudos mostrarem a quantia significativa de energia requerida para a produção destes coletores (Nayak et al. 1992).

Borges analisa o custo do ciclo de vida econômico, expressado pelo custo anual, para alternativas de investimento em sistemas de aquecimento, através de conceitos de engenharia econômica. Os fluxos de caixa são relativos a duração do investimento, despesa e vida útil operacional de um equipamento. O autor mostra que maior eficiência técnica não necessariamente é a que traz maior economia (Borges, 2000).

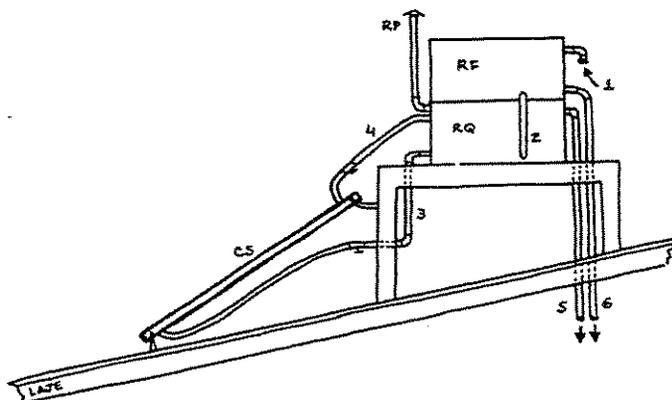
O programa computacional, *Síntese otimizada de sistemas de aquecimento solar de água*, desenvolvido por Borges, evidencia a competitividade de placas coletoras de menor desempenho térmico e a contrapartida na diminuição do custo de aquisição pelo dimensionamento otimizado. A diferença de custos entre um sistema convencional de aquecimento e um sistema solar mostra a lucratividade do investimento em energia solar (Borges, 2000).

As soluções tecnológicas de baixo custo são definidas neste estudo como práticas que persigam uma eficiência térmica conjugada a baixos investimentos para o contexto econômico e social das populações alvo, que são as de renda mínima. Assim, essas soluções devem considerar a utilização de materiais alternativos e de baixos preços, bem como a possibilidade de redução do custo da mão de obra para a sua fabricação, instalação e possibilidade de difusão do uso, por treinamento nas comunidades, escolas, associações ou outras formas de gestão social. Com este enfoque foram reunidas algumas pesquisas mais recentes realizadas por universidades brasileiras, de coletores para o aquecimento de doméstico de água, que se chamou de coletores solares alternativos.

### 5.3.1 Aquecedor solar das moradias da Mineração Jundu

Trata-se de um aquecedor solar projetado e fabricado pela empresa Mineração Jundu, na cidade de Descalvado - São Paulo, para ser utilizado no aquecimento de água para o banho, em 60 moradias de seus funcionários. Este sistema foi desenvolvido com materiais alternativos aos tradicionais, para reduzir os custos de fabricação (Figura 5.13).

Figura 5.13 ESQUEMA DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DAS MORADIAS DA MINERAÇÃO JUNDU



Fonte: CPFL, 1989. CS: coletor solar; RF: reservatório de água fria; RQ: reservatório de água quente; Rp: respiro do reservatório água quente; 1: entrada de água da rua; 2: água fria do RF para o RQ; 3: água fria para o coletor; 4: água quente para o reservatório; 5: água quente para o misturador; 6: água fria para o misturador.

O sistema é formado pelo coletor solar, reservatório de água fria e quente, e tubulações para a água, que funcionam por circulação natural baseado no princípio do termo-sifão. A placa absorvedora é fabricada a partir de duas chapas de aço galvanizadas, paralelas, com as bordas dobradas e vedadas por silicone. Os reservatórios de água quente (com isolamento térmico de *fibra-vid*) e fria são cilindros justapostos construídos com chapa de aço e pintados para proteção contra corrosão. As tubulações de água fria são em PVC. As de água quente em mangueira do tipo cristal e mangueira flexível de polietileno, sem isolamento térmico (CPFL, 1989).

Pelo uso de materiais alternativos (material galvanizado comercial ao invés de alumínio e cobre), alguns problemas se apresentaram no decorrer do tempo pela falta de manutenção, como a corrosão. Também foi observada a falta de limpeza nas coberturas de vidro, o que contribui para a diminuição da eficiência do sistema. Embora não haja dados sobre o desempenho e rendimento térmico, esta solução alternativa, desenvolvida em 1980, quando da visita de técnicos em 1989, continuava funcionando e atendendo aos objetivos de fornecimento de água quente. Para os moradores entrevistados, o sistema funcionava bem e era capaz de satisfazer as necessidades do banho tomado à tarde no inverno, e durante todo o restante do ano. Somente no período da manhã nos meses de inverno, o chuveiro elétrico era acionado, e mesmo assim, na posição “verão” (Oliva et al. 1989).

### **5.3.2 Equipamento de aquecimento solar de água - CEMIG**

Trata-se de um equipamento de aquecimento solar de água, de fácil fabricação, constituído de materiais encontrados em casas comerciais de construção e serralherias, projetado pelo Departamento de Utilização de Energia da Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG em 1993<sup>9</sup>. O equipamento é composto por um cilindro de chapa de ferro, uma caixa isolante que o envolve e uma cobertura de vidro transparente, instalado no telhado ou no chão da moradia.

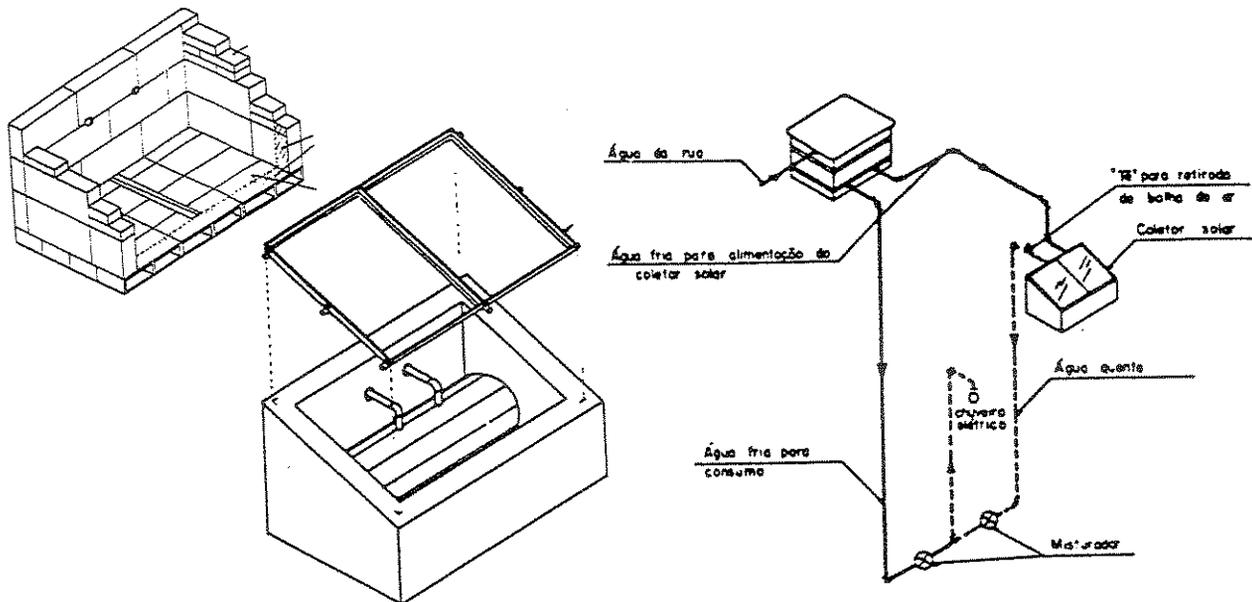
Para uma radiação solar média de 4650 Wh/m<sup>2</sup> o equipamento projetado para uma média de 2 a 3 banhos diários, com uma vazão máxima de 3 litros/minuto e duração aproximada de 6

---

<sup>9</sup> A concessionária possui um manual para construção e montagem do sistema.

minutos, prevê a economia média de 20 a 35 kWh/mês. O preço cotado para o sistema com um reservatório de 80 litros foi de US\$ 91,3 (CEMIG, 1993).

Figura 5.14 VISTA EM PERSPECTIVA DO COLETOR SOLAR CEMIG



Fonte: CEMIG, 1993.

O cilindro a ser fabricado com chapa de ferro galvanizado (n° 16 a n° 18), poderá ter dimensões variadas e deverá ser pintado de preto-fosco. O manual propõe 33 cm de diâmetro por 90 cm de comprimento, com tubos de entrada da água fria e saída da água quente, soldados no cilindro.

A caixa isolante poderá ser de bloco de concreto celular, tijolo cerâmico ou bloco de concreto, rebocado interna e externamente. Para evitar a diminuição do desempenho do sistema nos meses de inverno e aumentar a captação da radiação solar, é prevista a colocação de espelho no lado interno da caixa. Um vidro comum, liso, de 3mm de espessura é utilizado para cobrir a caixa, evitando perdas por convecção, provocadas pelo vento, e pela radiação proveniente do reservatório térmico.

A instalação hidráulica também é simplificada. A tubulação de água quente e fria poderá ser de PVC quando o sistema for usado em conjunto com o chuveiro elétrico, visto na figura 5.8. A água quente que sai do coletor é imediatamente utilizada no chuveiro.

### **5.3.3 Pré-aquecedor solar para chuveiro de potência reduzida**

Trata-se de um pré-aquecedor solar de água desenvolvido para operar de forma integrada com chuveiros elétricos de menor potência<sup>10</sup>. Seus estudos iniciaram em 1991 num convênio estabelecido entre a Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, a Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL e fabricantes de equipamentos solares. Seu objetivo foi o de desenvolver uma tecnologia de aquecimento complementar ao chuveiro elétrico, que pudesse ser acessível à população de baixa renda e contribuir ao mesmo tempo para a redução da demanda de potência no horário da curva de carga do sistema elétrico da concessionária (Oliva & Borges, 1996).

O projeto constou de quatro fases: definição do protótipo em laboratório (1991), teste de campo em escala piloto (1995), teste em escala de demonstração (1996) e repasse da tecnologia ao mercado (Oliva & Borges, 1996; CPFL-UNICAMP, 1994).

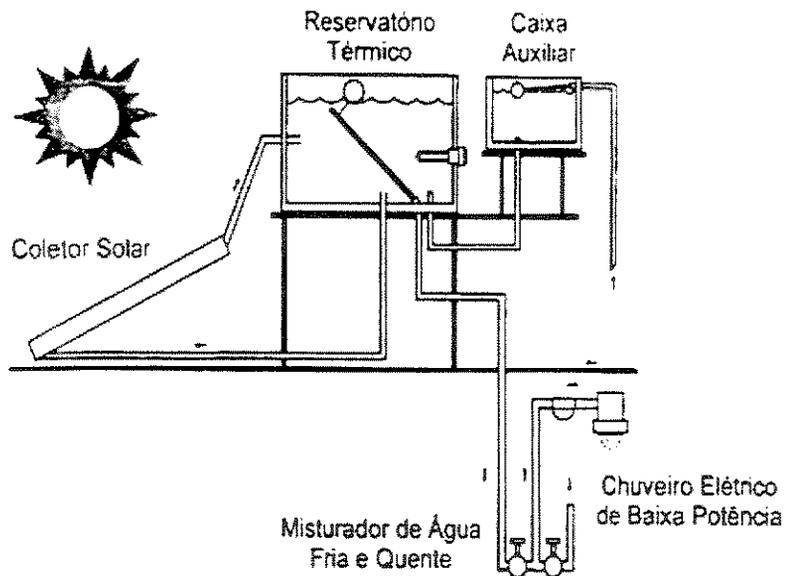
O coletor solar é constituído por tubos de cobre e aletas de alumínio pintado de preto, com caixa de alumínio coberta com vidro e isolada térmicamente com poliuretano expandido. A ligação com o reservatório é com cobre (Figura 5.15). O sistema se baseia em um modelo de aquecedor solar convencional, porém subdimensionado, cuja energia auxiliar, quando necessária, será fornecida pelo próprio chuveiro elétrico.

No *Pré-aquecedor solar de água para chuveiros de potência reduzida* (como foi denominado) a temperatura de pré-aquecimento é de 30°C, a partir da qual um termostato controla a resistência elétrica no interior do reservatório. Para economizar energia, o interruptor poderá ser acionado pelo usuário, que poderá desligar o dispositivo de energia complementar à noite, nas épocas quente ou conforme os hábitos familiares (CPFL-UNICAMP, 1994).

---

<sup>10</sup> Chuveiros de potência reduzida limitam a vazão da água.

Figura 5.15 ESQUEMA DO SISTEMA DO PRÉ-AQUACEDOR SOLAR DE POTENCIA REDUZIDA



Fonte: Convênio CPFL-UNICAMP, 1994.

As vantagens apontadas pelo estudo, em relação aos sistemas convencionais de aquecimento solar, foram as seguintes:

- consumo de energia elétrica complementar menor, pois a resistência elétrica do reservatório térmico raramente é acionada, devido aos níveis de energia solar incidente na região da concessionária (CPFL- São Paulo);
- aumento da eficiência térmica do sistema, em função da menor temperatura da água no reservatório e assim da água que vai para os coletores solares;
- perdas térmicas menores e possibilidade do uso de isolamentos mais baratos, pois a água no reservatório fica armazenada numa temperatura próxima da do meio ambiente.

A avaliação econômica preliminar, dimensionada para uma família de 4 a 5 pessoas, chegou a valores entre U\$400 a U\$580 (Tabela 5.3). Para a concessionária de energia, os resultados indicaram que o protótipo poderia economizar a energia a um custo de até 90% menor que o de fornecer essa mesma energia, num tempo de “*pay-back*” de 4 anos, mesmo que o investimento na aquisição do equipamento fosse feito totalmente pela empresa (Convênio UNICAMP-CPFL, 1993; Oliva & Borges, 1996).

**TABELA 5.3 COMPARAÇÃO DE ALGUMAS ALTERNATIVAS DE AQUECIMENTO RESIDENCIAL DE ÁGUA**

Alternativas	Potência (kW)	Investimento (a) US\$*	
		P/consumidor (b)	P/concessionária (c)
Chuveiro elétrico	4,4 a 6,5	10 a 40	880 a 1300
Aquecedor solar	3,0 a 4,0	1000 a 1500	200 a 800
Pré-aquecedor solar	1,7 a 2,0	400 a 580	340 a 400

Fonte: Convênio UNICAMP-CPFL, 1993, Oliva & Borges, 1996. a- Considera sistemas para residências com 4 a ou 5 pessoas; b - preços médios de mercado em 1993; c- valores de investimento para a CPFL baseados em custos marginais de 1991, para o horário de ponta com duração de 3 horas.

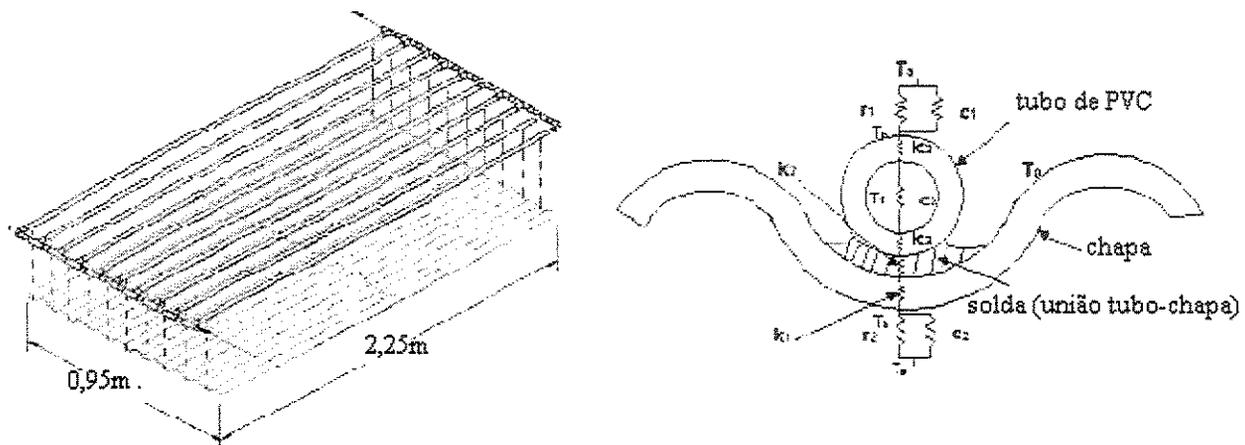
Fabricantes de equipamentos, em 1996, já haviam começado a colocar no mercado aquecedor solares de baixo custo<sup>11</sup>, segundo a idéia proposta por este projeto. No entanto, a efetiva difusão do uso de novas tecnologias, segundo os autores, passa por uma série de ações integradas, que devem ser desenvolvidas de forma conjunta por entidades governamentais, financeiras, normativas e das empresas fabricantes, e por um programa nacional de incentivo às energias alternativas (Oliva & Borges, 1996).

#### **5.3.4 Coletor solar sem cobertura**

Geralmente os coletores são desenvolvidos para aquecimento de água de uso doméstico ou industrial com temperaturas de cerca de 60°C. Uma das causas da eficiência alcançada na conversão é obtida pela proteção da cobertura transparente, que reduz as perdas por convecção e irradiação.

Os pesquisadores Mveh, Krenzinger e Prieb, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2000), desenvolveram um coletor solar de pequeno custo, para ser utilizado sem cobertura transparente. Os autores desenvolveram estudos teóricos e experimentais, seguindo os mesmos princípios dos coletores tradicionais. O coletor criado constitui-se em uma telha de cimento amianto (208mm x 95mm) sobre a qual foi montada uma grade formada por tubos e conexões soldáveis de PVC (20mm de diâmetro, espaçamento de 75mm e união com conexões “T” de 25mm). Uma impermeabilização asfáltica foi aplicada sobre todo o conjunto para, segundo os pesquisadores, aumentar a absorção da radiação solar, proteger os tubos de PVC da degradação pelos raios ultravioletas e servir como solda, melhorando o contato térmico entre telha e tubo (Figura 5.16).

Figura 5.16 COLETOR SEM COBERTURA E ESQUEMA DAS RESISTÊNCIAS TÉRMICAS



Fonte: Mven et al, 2000.

Para cálculo da eficiência, o procedimento experimental básico adotado consistiu em colocar o coletor em operação com radiação solar operando em regime quase permanente, realizando-se medidas da radiação, da temperatura do fluido, vazão do fluido, temperatura ambiente e velocidade do vento. Assim foram calculadas a energia útil e a eficiência para diversos valores de temperatura do fluido. Os resultados apontados pelos autores mostram que *“a teoria dos coletores planos é plenamente aplicável a coletores sem cobertura, adequados à produção de um modesto aquecimento de água”* (Mven et al, 2000).

### 5.3.5 Telha como coletor solar

O trabalho desenvolvido por Alencar e Saglietti, na Unesp de São Paulo, trata de uma telha de cobertura residencial que atua simultaneamente como um coletor solar. O protótipo foi desenvolvido a partir de uma telha de cimento amianto, com canos de cobre, chapas de alumínio e vidro, como mostra a Figura 5.17.

O quadro abaixo mostra a comparação de rendimento do coletor padrão em cobre com o de estrutura de cimento amianto.

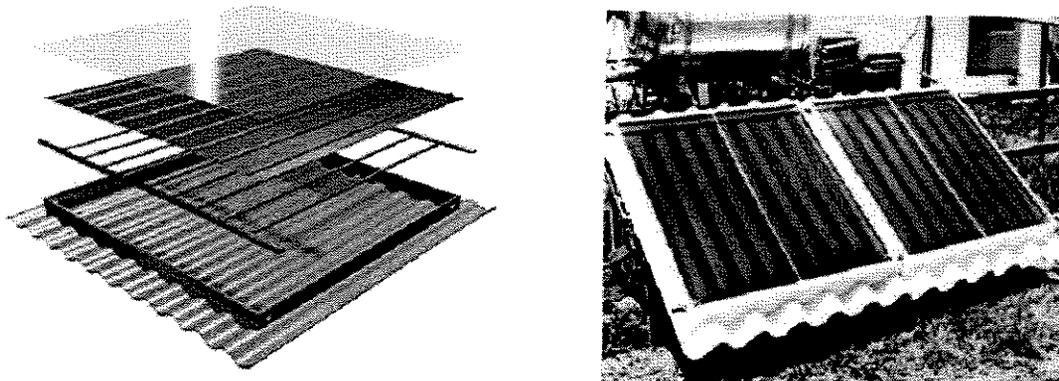
<sup>11</sup> O subdimensionamento do sistema permite diminuir custos.

Tabela 5.4 RENDIMENTO E CUSTO COLETOR DE TELHA

Dia	Rendimento médio Coletor padrão	Rendimento médio Coletor de amianto
8/12/98	46,46 %	37,95%
9/12/98	71,62%	63,10%
12/12/98	62,46%	59,13%
média	62,46%	53,39%
Custo/m2	R\$ 215,00*	R\$ 90,00*

\* preços cotados em dezembro de 1998. Dolar comercial dez 98 = R\$ 1.20  
Fonte: Alencar & Saglietti, 2000.

Figura 5.17 PROTÓTIPO DA TELHA COMO COLETOR SOLAR



Fonte: Alencar & Saglietti, 2000.

Em relação ao rendimento energético, o coletor padrão obteve um desempenho superior a 50%, mesmo em dias de baixa insolação, considerada pelos autores como *muito bom*. O mesmo não foi alcançado pelo protótipo desenvolvido. No entanto, os modelos construídos e testados são de fácil construção e adaptação aos telhados, possuindo simplicidade de execução e baixo custo. O custo do protótipo de cimento amianto ficou com um percentual de 60% menor do que o coletor disponível no mercado. As pesquisas continuam sendo realizadas (Alencar e Saglietti, 2000).

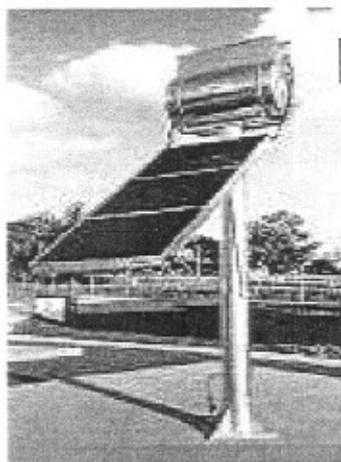
### 5.3.6 Aquecedor solar com reservatório acoplado

Este sistema de aquecimento de água é composto por coletor solar com placa absorvente de metal, próximo ao reservatório. Foi desenvolvido na década de setenta por pesquisadores australianos (Duffie & Beckman, 1991).

No Brasil, uma indústria nacional (Soletrol) em convênio com companhias de energia, (CPFL, CEMIG e COPEL) desenvolveu sistema semelhante para ser instalado nas habitações de

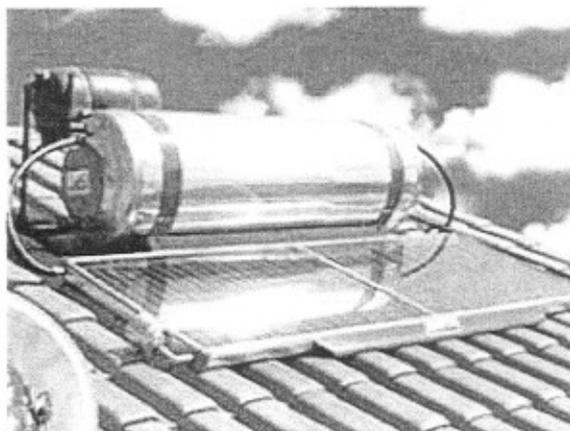
pescadores, na Ilha do Mel, no Paraná (Figura 5.18). Possui reservatórios de 200 litros e área de placa coletora solar de 2 m<sup>2</sup> (2m x 1m x 0,70m).

Figura 5.18 COLETOR SOLAR COM SUPORTE



Fonte: Soletrol, 2001

Figura 5.19 COLETOR SOLAR COMPACTO



Fonte: Soletrol, 2001

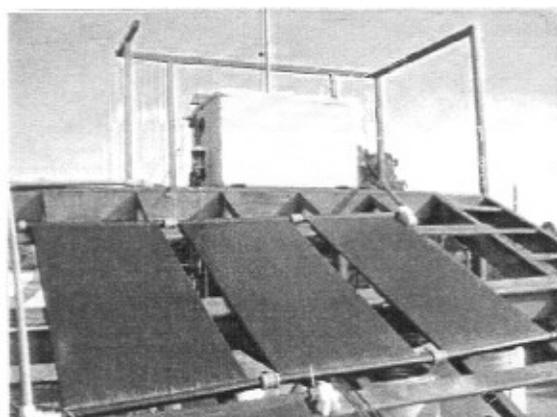
Outro sistema fabricado pela empresa é o do reservatório colocado junto às placas coletoras (Figura 5.19). Possui caixa externa de 200 litros ou 300 litros; aletas internas feitas em chapas de alumínio; tubulação interna, em cobre; vidros lisos e isolamento térmico em lã de vidro. O reservatório térmico é feito em inox, cobre ou polipropileno. Isolamento térmico em poliuretano (Soletrol, 2001). O equipamento, denominado comercialmente de *coletor solar compacto*, foi recentemente colocado no mercado. Em julho de 2001 o seu preço de venda variava entre R\$ 1260,00 (US\$ 508,00) e R\$ 1525,00 (US\$ 614,90)<sup>12</sup>. Em dezembro a empresa comercializava em maior quantidade o sistema com 3 placas e reservatório de água quente de 300 litros, no valor de R\$ 1393,00. O sistema, com reservatório de 200 litros, pela baixa comercialização não constava na lista de preços do vendedor consultado.

### 5.3.7 Aquecedor solar de baixo custo - ASBC

O Aquecedor Solar de Baixo Custo – ASBC – desenvolvido por Woelz e Contini (2001), para as populações de baixa renda, é composto por um sistema que permite que a sua construção seja feita pelo próprio morador.

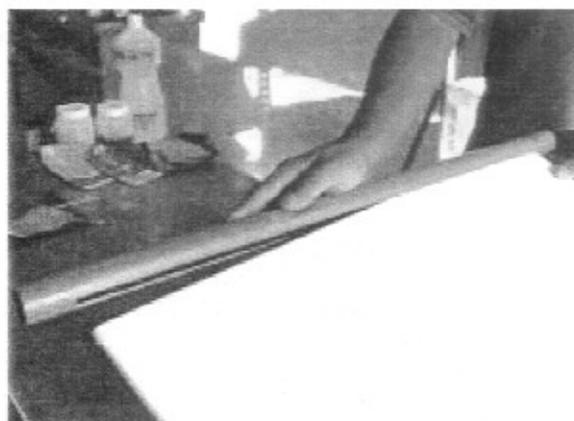
O coletor é composto por três placas, em perfil de forro de PVC modular interligadas com tubos e conexões de PVC marrom, pintadas de preto (Figuras 5.20, 5.21, 5.22 e 5.23). As placas possuem isopor na sua base para o isolamento junto à cobertura. As placas coletoras são ligadas em paralelo, com pequena inclinação para deixar a saída de retorno da água quente mais alta que sua extremidade, oposta no tubo superior. O filme de água de pequena espessura – 10 mm- por apresentar pequena inércia, é capaz de apresentar respostas térmicas mais rápidas, no início e no final do dia. As temperaturas alcançadas na saída do chuveiro foram entre 40°C a 41°C (Woelz & Contini, 2001).

Figura 5.20 COLETOR SOLAR ASBC



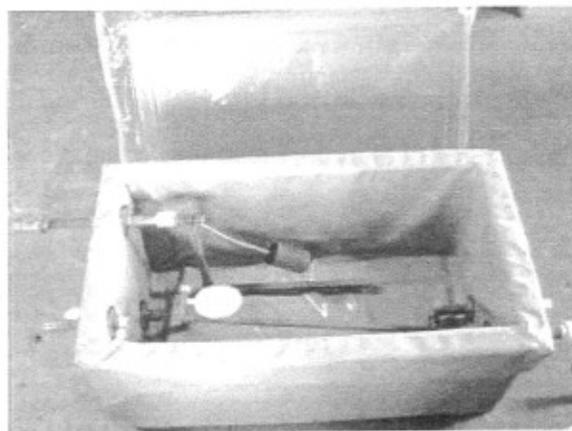
Fonte: Woelz & Contini, 2001

Figura 5.21 DETALHE DA EXECUÇÃO DA PLACA



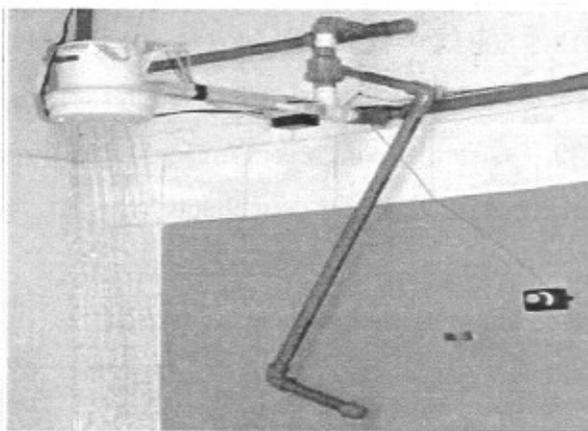
Fonte: Woelz & Contini, 2001

Figura 5.22 DETALHE DA CAIXA D'ÁGUA



Fonte: Woelz & Contini, 2001

Figura 5.23 DETALHE DA INSTALAÇÃO DO CHUVEIRO



Fonte: Woelz & Contini, 2001

<sup>12</sup> Valor do dólar comercial em jul 2001: US\$2.48.

O reservatório é constituído por uma caixa de isopor de 180 litros (volume útil de 160 litros) adaptada para servir de estoque de água quente. O volume representa 5 banhos de 9 minutos, ou 4 banhos de 11 minutos, com vazão de 3,5 litros/min. O sistema funciona por termo-sifão. O custo, apenas do coletor com três placas, em janeiro de 2002, era de R\$ 67,00. O da caixa de isopor, de R\$ 30,00<sup>13</sup> (Woelz & Contini, 2001).

As instalações hidráulicas são de PVC marrom soldável, com três configurações possíveis para uso no chuveiro. A primeira é a de embutir a tubulação na parede com um novo registro para a água quente; a segunda é uma tubulação que fica aparente e na terceira é adaptado um comando que fica à altura da mão do usuário, servindo para regular a entrada da água quente. Foi previsto, também, a opção da instalação de um controlador de potência do tipo *dimmer*.

### 5.3.8 Pré-aquecedor de material reciclado - SOLPET

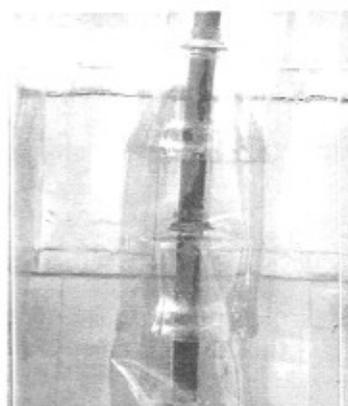
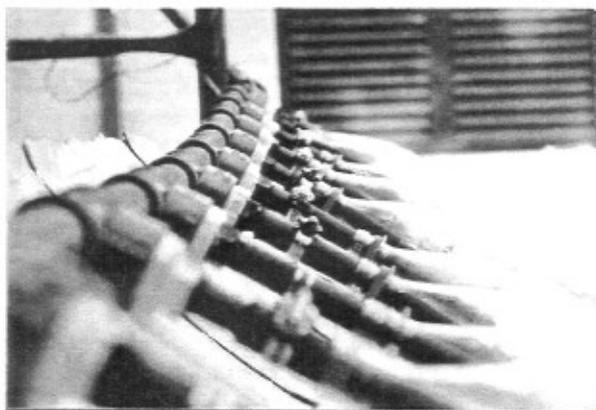
O estudo desenvolvido por Borges (2001) propõe a utilização de embalagens recicladas de PET e de embalagens de leite para a construção de um pré-aquecedor solar de água, a ser usado em casas populares. Foi denominado de SOLPET: *Pré-aquecedor solar de água de material reciclado e pequeno investimento para casas populares*.

O coletor se constitui em uma malha de tubos de polietileno preto envolvidos por garrafas de PET, fixados sobre em um painel (1,5m x 2,0m usado para testes) de embalagens de leite. O PET por ser transparente tem a função de proporcionar o efeito estufa. A superfície aluminizada voltada para cima funciona como superfície refletora. O coletor foi elaborado com 72 caixas de leite recicladas, 110 garrafas de PET e 20 metros de tubos de polietileno preto (1/2"), montado sobre uma moldura de madeira com tirantes de alumínio, com inclinação de 33°, orientada para o norte. Dutos de PVC marrom, de 25 mm, unem a placa coletora ao reservatório de 500 litros.

---

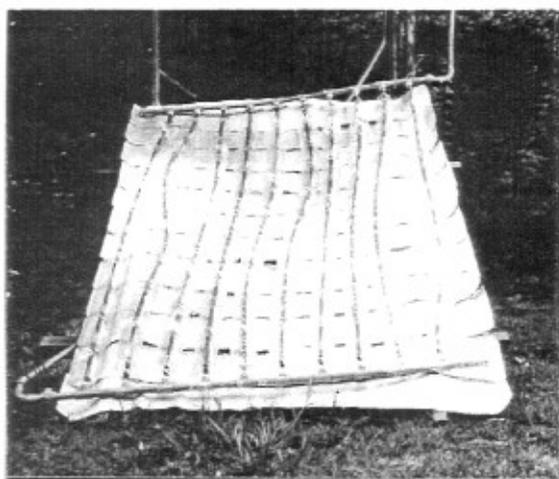
<sup>13</sup> O preço da caixa de cimento amianto de 250 litros (sem tratamento para isolamento) em jan 2002: R\$ 28,00.

Figura 5.24 DETALHE DOS TUBOS ASCENSORES DE POLIETILENO E GARRAFAS PET



Fonte: Borges, 2001.

Figura 5.25 PLACA COLETORA SOLAR SOLPET



Fonte: Borges, 2001.

Figura 5.26 VISTA DO SISTEMA SOLPET



Fonte: Borges, 2001.

O desempenho do sistema foi avaliado por modelamento – programa *F-Chart*<sup>14</sup>, para o fornecimento de água para uma família de 4 pessoas com demanda diária de 300 litros, fornecidos pela caixa d'água. O consumo estimado foi de 125 litros, por pessoa, consumidos em banhos e limpezas diversas. Os resultados alcançados foram os seguintes:

- Os testes efetuados mostraram que a fração solar (parcela de energia de aquecimento que passa a ser fornecida pelo sistema solar) para uma placa de 6m<sup>2</sup> (3,0m x 2,0m) é da ordem de 51% para uma temperatura de 40° (Tabela 5.5).

<sup>14</sup> A metodologia *F-chart* é utilizada para projeto e estimativa de desempenho de sistemas térmicos movidos a energia solar. Por não necessitar de rotinas de simulação numérica é muito utilizada por engenheiros, arquitetos e fabricantes para projetos de aquecedores para edificações de pequeno e médio porte. Os dados necessários são os meteorológicos médios mensais e as características técnicas e de custo dos equipamentos (Borges, 2001).

- Os custos para a construção da placa de 6 m<sup>2</sup> é de R\$ 107,00 (agosto 2001), excluindo as flanges para conexão na caixa-d'água. O autor considerou que o sistema de tubulações e reservatório já exista nas habitações.
- A economia de energia elétrica com o pré-aquecedor é de no mínimo R\$ 21,00 mensais, para o gasto total em aquecimento da moradia, levantado como de R\$ 42,00. A economia proporcionada é de 50% no consumo anual de energia elétrica. O retorno do investimento é de aproximadamente 5 meses (Borges, 2001).

**Tabela 5.5 ENERGIA DE AQUECIMENTO (FRAÇÃO SOLAR) FORNECIDA PELO SOLPET**

Área da placa coletora (m <sup>2</sup> )	Fração solar anual	
	Fornecimento de água 30°C	Fornecimento de água 40°C
2	46%	23%
3	50%	30%
6	93%	51%
9	100%	81%

Fonte: Borges, 2001.

#### **5.4 As investigações com o concreto como coletor solar**

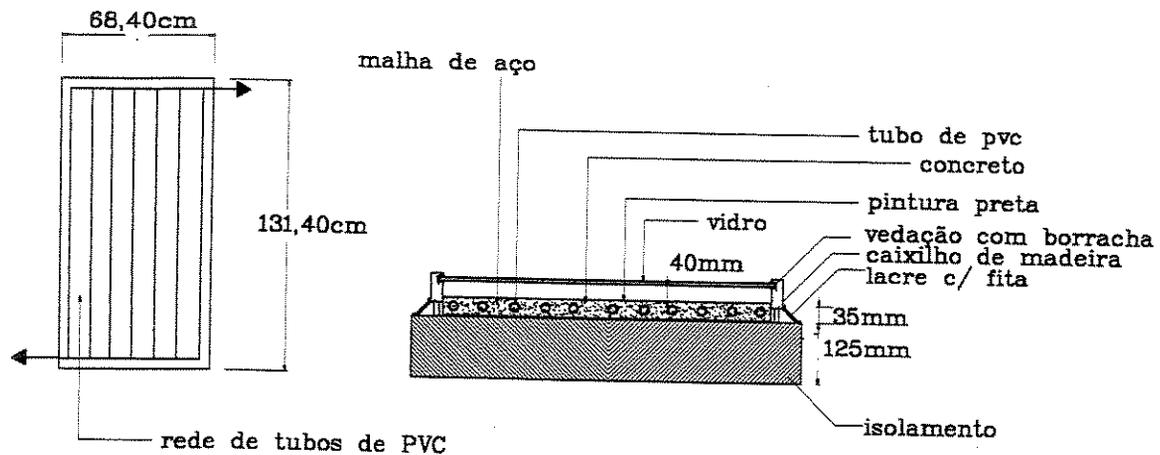
Já em 1984 Kustcher et al. haviam listado um grupo de propriedades necessárias para que os materiais das placas coletores tivessem um baixo custo. O material ideal deveria ser barato e acessível, fácil para se fazer a forma, forte para o manejo, estável para temperaturas de até 205°C e para a exposição prolongada à radiação ultravioleta, não poroso, pouco pesado e anticorrosivo (Sokolov et al, 1992).

Estudos sobre o aquecimento de água com rede de condutores inseridos em concreto foram estudados por Nayak al. (1989) e Bopshetty et al. (1992) na Índia, Sokolov & Reshef (1992) em Israel, Jubran et al (1994) e Chaurasia (1999) na Jordânia, e por Borges (2000) no Brasil. Investigações sobre o uso do concreto como coletor solar mostram-no como de bom desempenho térmico e econômico, capaz de ser competitivo com os sistemas de placas coletoras de metal.

### 5.4.1 Coletor de concreto Nayak, Sukhatme, Limaye e Bopshetty – Índia - 1989

Nayak, Sukhatme, Limaye e Bopshetty em 1992, no Indian Institute of Technology em Bombay na Índia, projetaram e pesquisaram o desenvolvimento de coletores solares feitos em concreto para o provimento de água quente doméstica. O sistema experimental foi considerado, pelos autores, com um desempenho razoavelmente bom, mas menos eficiente que os coletores planos de metal. Mesmo com a obtenção de temperaturas baixas ele pode, no entanto, ser utilizado para o aquecimento de água e do ar ambiente.

Figura 5.27 ESQUEMA DO COLETOR SOLAR DE CONCRETO DESENVOLVIDO NO INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY EM BOMBAIM – INDIA- 1989



Fonte: Nayak et al. 1989.

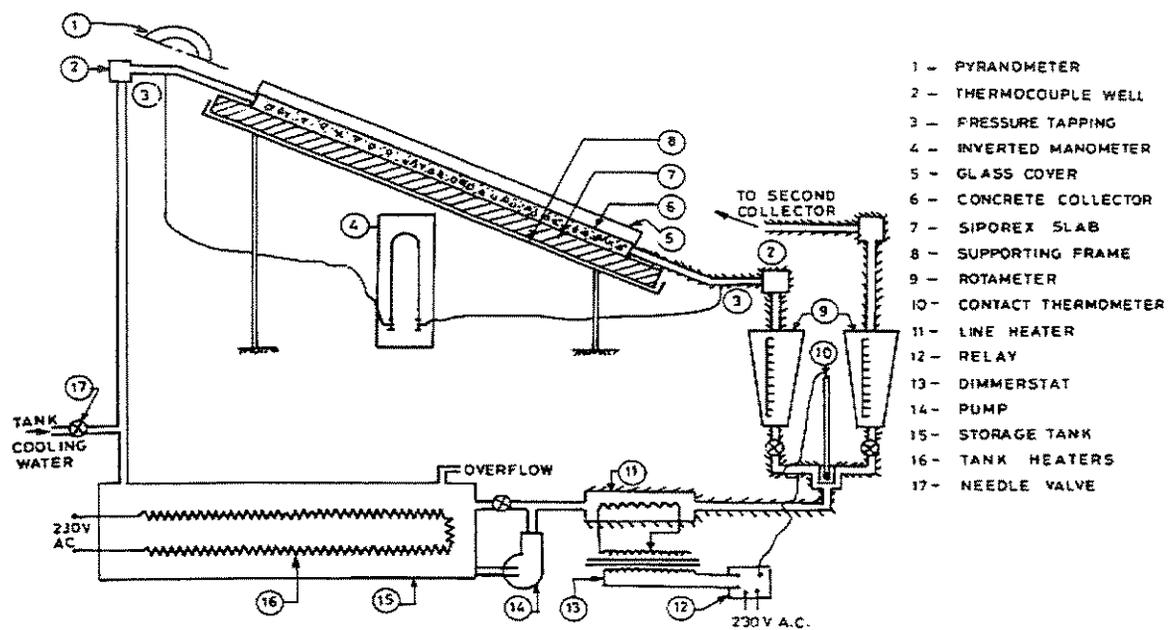
O coletor proposto para teste (Figura 5.27) foi feito com uma camada de concreto de 35mm de espessura, com um traço de 1:3:0,6 (uma parte de cimento, três de areia e 0,6 de pedra britada). Inserido nele, foi colocada uma malha de tubos de PVC de 20mm, envolta por duas telas de aço galvanizado para dar reforço ao conjunto estrutural. A superfície exposta à radiação foi pintada com uma fina camada de tinta preta, para agir como absorvedor. Para reduzir as perdas de energia foi colocada uma janela de vidro de 3mm, a uma distância de 40mm acima do concreto. Para o suporte foi usada uma placa de concreto celular<sup>15</sup>. (possui baixa condutividade térmica).

<sup>15</sup> Concreto celular é o concreto leve fabricado a partir de uma mistura de cimento e materiais silicosos, da qual resulta a formação de cálcio (composto químico de elevada porosidade). Possui grande resistência mecânica e satisfatória estabilidade dimensional. Condutibilidade térmica: 0,040 kcal/h.m<sup>2</sup>.°C a 0,046 kcal/h.m<sup>2</sup>.°C (Guedes, 1982)

Para a rede de tubos foi usado um espaçamento entre 60mm e 150mm, testados para diferentes vazões e temperaturas do fluido.

O coletor foi testado para diferentes espaçamentos dos tubos de PVC: 60mm, 100mm e 150mm. Um reservatório de 200 litros foi colocado debaixo da estrutura, com uma pequena bomba para a circulação da água e dois tipos de arranjos para a vazão da água: em serpentina e paralelo.

Figura 5.28 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DO COLETOR SOLAR DE CONCRETO DESENVOLVIDO POR NAYAK, SUKHATME, LIMAYE E BOPSHETTI EM BOMBAY NA ÍNDIA.



FONTE: Nayak et al, 1989.

A experiência, segundo os autores, envolveu muitos cálculos para estudar os efeitos da variação da temperatura de entrada do fluido, as vazões e a eficiência diária do coletor. Também dados da temperatura ambiente e a irradiação solar foram usados para que pudessem chegar ao seguinte resultado:

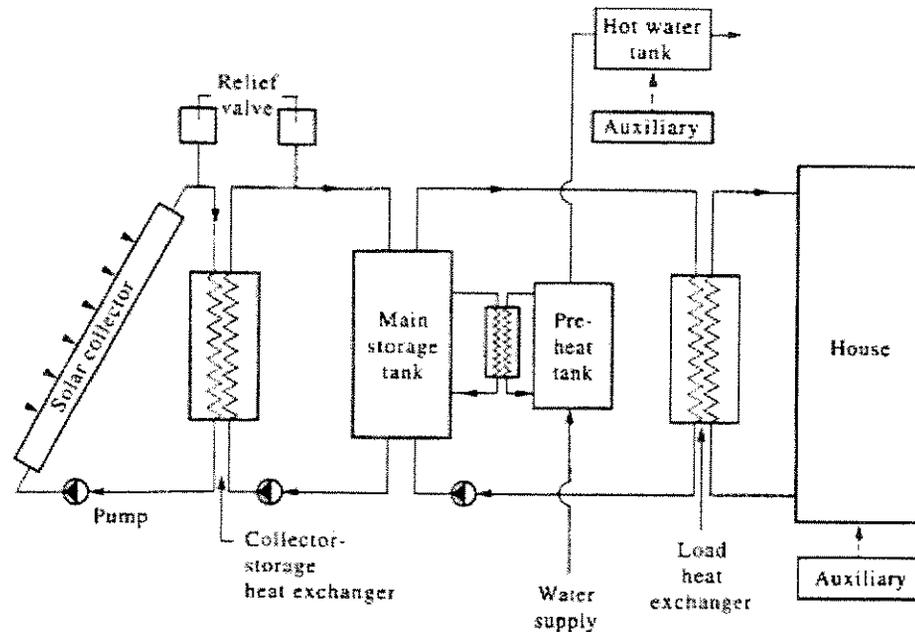
- O coletor testado com espaçamento de 6 cm, operando com uma taxa de vazão de 1,21 litros por minuto, resultou no melhor desempenho térmico. A eficiência diária do coletor foi de 37%, para uma temperatura de entrada de 50°C, uma insolação

diária de 23.8 MJ/m<sup>2</sup> e temperatura média ambiente de 34°C (Nayak et al. 1989, Bopshetty et al. 1992).

#### 5.4.2 Avaliação computacional do coletor de concreto – Jordânia - 1994

O sistema de aquecimento solar de água em residências é amplamente usado na Jordânia. Trata-se de um sistema simples de transferência de água aquecida pelos coletores para um tanque (Figura 5.29), servindo de pré-aquecimento para o reservatório de água quente convencional, o qual é dotado de energia auxiliar. (Jubrans et al., 1994).

Figura 5.29 CONFIGURAÇÃO DE DUFFIE E BECKMAN PARA O SISTEMA DE AQUECIMENTO PARA AMBIENTE E ÁGUA RESIDENCIAL - SHDHW.

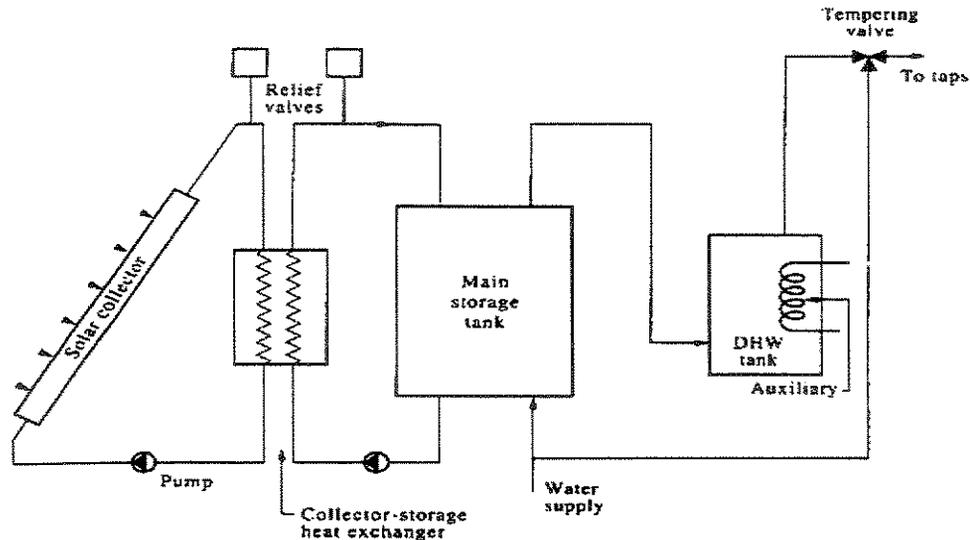


Fonte: Jubrans et al. 1994.

Jubrans, Al-Saad e Abu-Faris na University of Jordan em Amman, na Jordânia, com o uso do programa *F-chart*, avaliaram os resultados para três tipos de sistemas de aquecimento solar, com três tipos de coletores de concreto (modelos A, B e C) e um coletor convencional solar metálico. Foram denominados de *aquecimento de ambiente e sistema de aquecimento de água doméstico* (SHDHW - Figura 5.29) *sistema doméstico de água quente* (DHW – Figura 5.30), e *sistema de aquecimento solar de piscina* (SPHS). O sistema seguiu o modelo desenvolvido por

Duffie and Beckman, para aquecimento de água com painel solar: reservatório de água e bomba para a circulação do fluido conectado com tubos, controlados por dispositivos automáticos.

Figura 5.30 CONFIGURAÇÃO DE DUFFIE E BECKMAN PARA O SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA -DWW



Fonte: Jubrans et al. 1994.

Para a realização da avaliação computacional com o uso de placas de concreto, o referencial meteorológico foi o do ano de 1989 da cidade de Amman, baseado na coleta de dados de um ano. Nos três coletores de concreto testados, com dimensões de 1350mm x 650mm, foram usadas coberturas transparentes (vidro de 4mm) afastadas 40mm da placa absorvedora. Foram usados três tipos de tubos: G.S.P. (modelo A), tubos térmicos (modelo B) e PVC (modelo C). O consumo de água quente requerida foi calculado em função de uma típica família jordaniana - 6 pessoas, consumo de 300 litros/dia (50 l/pessoa/dia) com uma temperatura de 60°C. O aquecimento do ar interior da habitação, com área construída de 221 m<sup>2</sup>, foi calculado para uma variação de temperatura entre 0°C e 22°C.

Os autores relatam que quando se associa energia auxiliar ao sistema de aquecimento solar se obtém um melhor desempenho do sistema. Assim os custos finais ficam dependentes da configuração de energia auxiliar projetada para cada sistema. Os custos por metro quadrado das placas coletoras de concreto foram estimados tendo como referência os preços dos materiais utilizados e da mão de obra da Jordânia (Tabela 5.6 a seguir).

**Tabela 5.6 TIPOS DE COLETORES**

Modelo de coletor	Dimensões mm	Material dos tubos	Custos em JD*/m2	Energia auxiliar	Custo energia aux.
A – coletor de concreto	1350x670	G.S.P	35	eletricidade	0,05 JD/kWh
B– coletor de concreto	1350x670	Tubo térmico	28	óleo	0,075 JD/litro
C– coletor de concreto	1350x670	PVC	25	óleo	0,075 JD/litro
Coletor convencional metálico	-	-	55	-	-

FONTE: Jubran et al, 1994.

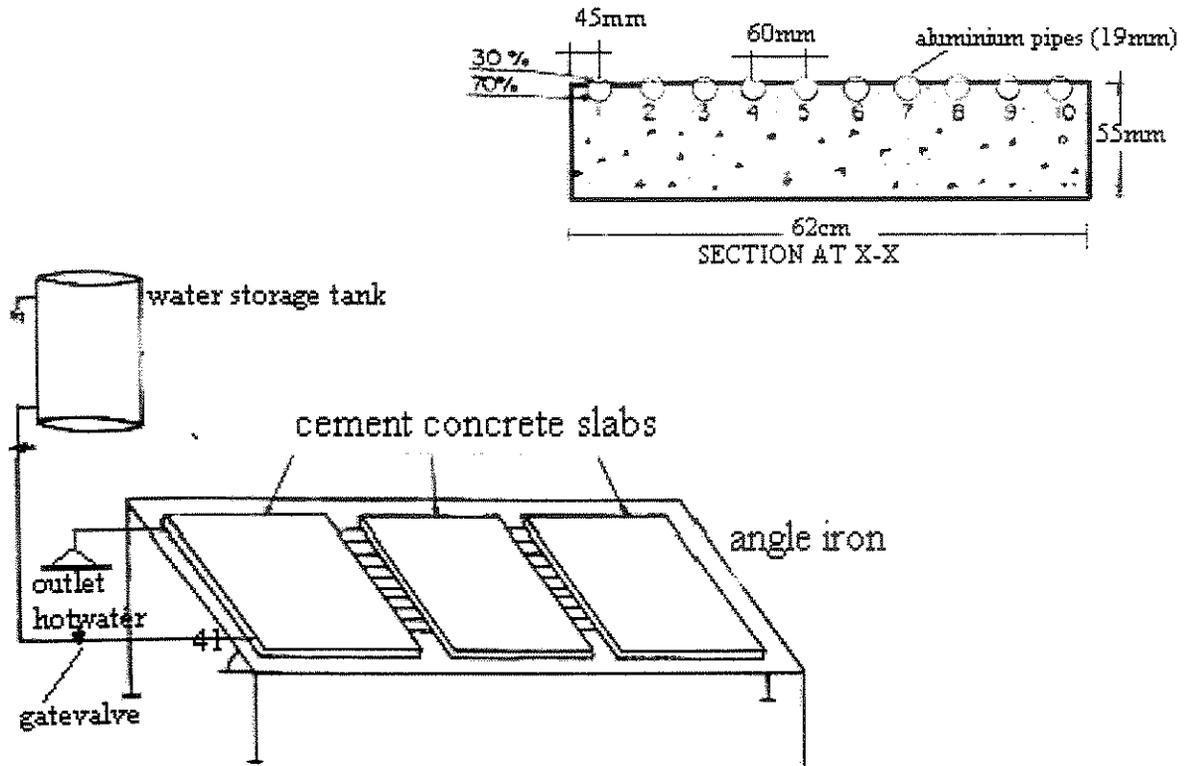
As investigações apontaram para os seguintes resultados:

- os modelos de coletores de concreto rendem, mensal e anualmente, altas frações solares (parcela de energia de aquecimento que passa a ser fornecida pelo sistema solar) em relação aos coletores convencionais de metal. O sistema de aquecimento solar com o concreto do modelo A tem a mais alta fração solar entre todos os coletores testados;
- quando o coletor de concreto foi usado com os sistemas SHDHM, a média da contribuição foi de 49 a 63%, para áreas coletadas de 55 e 88 m<sup>2</sup> respectivamente. Estes valores representaram um aprimoramento de cerca de 19% sobre o coletor metálico convencional;
- a análise econômica mostra que os custos do sistema de aquecimento usando os coletores de concreto são menores que os coletores metálicos testados. O ciclo de vida analisado também é melhor (Jubrans et al, 1994).

#### 5.4.3 Coletor de concreto Chaurasia – Índia - 1999

Chaurasia (1999) testou durante cinco anos, de 1994 a 1999, no Central Arid Zone Research Institute em Jodhpur, na Índia, placas coletoras de concreto com uma rede de tubos de alumínio inseridas no concreto. As placas, com dimensões de 1720 mm x 620 mm x 50mm, foram conectadas em série. Os tubos de alumínio foram arranjados paralelamente ao comprimento para reduzir o número de juntas do PVC (de alta densidade). Com espaçamento de 60 mm entre eles, foram inseridos 70% dos tubos no concreto. Os restantes dos 30% foram expostos diretamente ao sol, sem cobertura de vidro (Figura 5.31) O sistema foi testado com três placas, com uma área absorvedora de 3,18 m<sup>2</sup>, sem isolamento na base.

Figura 5.31 ESQUEMA DO COLETOR SOLAR DE CONCRETO COM TUBOS DE ALUMINIO



Fonte: Chaurasia, 1999.

Os resultados obtidos foram os seguintes:

- nos testes com as diferentes inclinações, horizontal, vertical e a do angulo ótimo, o estudo mostrou que a máximo aquecimento obtido foi dado pela latitude de Jodhpur -  $26^{\circ}+15^{\circ} = 41^{\circ}$ , para o dia típico do mês de novembro. As máximas temperaturas obtidas abrangeram os meses de janeiro a março, com  $43^{\circ}\text{C}$  a  $58^{\circ}\text{C}$ ;
- a experimentação mostrou que a temperatura obtida pelo coletor solar foi incrementada de  $2^{\circ}$  para  $5^{\circ}$  quando pintada com uma simples camada de tinta preta, em relação à superfície absorvedora não pintada;
- de 25 a 40 litros de água quente, com temperatura de  $36^{\circ}\text{C}$ , podem ser obtidos, por metro quadrado de área para os meses de inverno (o volume coletado de água quente, com uma temperatura de  $36^{\circ}$ , para cada placa foi de 56 litros);
- a água da cidade de Jodhpur (com um conteúdo de sal de 600 ppm), usada de 1994 a 1998, não apresentou corrosão nos tubos de alumínio (espessura de 1mm). A corrosão apresentada foi observada no quarto ano, em um dos reservatórios de água aquecida,

que foi feito em ferro galvanizado. Também foi observado vazamento ocasional nas juntas de PVC e o alumínio, o que foi corrigido com um adesivo;

- custo do metro quadrado do coletor solar de concreto chegou a US\$ 45, contra US\$125, do coletor solar com placa de metal (Chaurasia, 1999).

#### 5.4.4 Dimensionamento e desempenho do coletor de concreto – Borges –Brasil - 2000

Estudos realizados por Borges (2000), através de simulação, para o fornecimento de água quente a 40 °C com placas coletoras de concreto, mostraram a sua competitividade em relação aos sistemas tradicionais de aquecimento solar com placa de metal. Nas Tabelas 5.7 e 5.8, o autor avalia sete variáveis de decisão, iniciais, para formular através de programa computacional (uso do modelo de simulação numérica em regime transiente de Morrison e Braun), o dimensionamento que traz vantagens tecno-econômicas para os dois tipos de sistema.

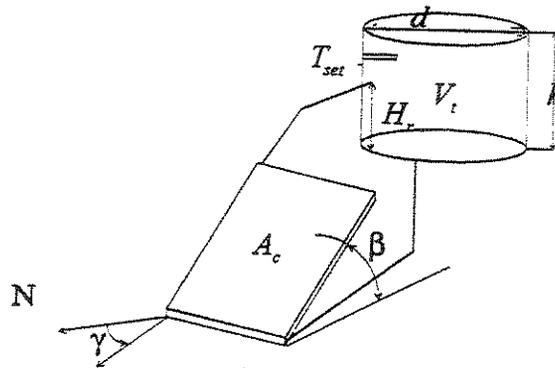
Tabela 5.7 DIMENSIONAMENTO DAS PLACAS COLETORAS COM REDUÇÃO DA T DE ÁGUA QUENTE (40°C)

<i>Variáveis de decisão</i>	<i>Sistema tradicional</i>		<i>Sistema com placa de concreto</i>	
	<i>Início</i>	<i>Otimizado</i>	<i>Início</i>	<i>Otimizado</i>
Área da placa coletora	5,75 m <sup>2</sup>	4,93 m <sup>2</sup>	9,35 m <sup>2</sup>	7,44 m <sup>2</sup>
Volume do reservatório	0,26 m <sup>3</sup>	0,33 m <sup>3</sup>	0,29 m <sup>3</sup>	0,36 m <sup>3</sup>
Fator de forma (d/h)	0,52	0,52	0,52	0,52
Altura relativa do retorno das placas	60 %	77%	91,73%	90,61 %
Inclinação da placa coletora	22°	26°	22,74°	24,00°
Azimute da placa coletora	2,30°	2,30°	2,73°	3,06°
Diâmetro interno do reservatório	0,56 m	0,56 m	0,58 m	0,62 m
Altura interna do reservatório	1,07 m	1,17 m	1,11 m	1,20 m
Temperatura ajustada no termostato do RT*	18 °C	16 °C	18 °C	18 °C

FONTE: Borges, 2000. \*RT = reservatório térmico. T= temperatura

Mesmo que a área da placa coletora de concreto seja maior que a tradicional, o seu dimensionamento otimizado fez com que houvesse uma redução no investimento inicial e no período de retorno. Para o caso estudado, de um volume de água aquecida de 330 litros, o custo anual do sistema, com placa de metal é de 206 US\$/ano. Para um volume um pouco maior de 360 litros (0,36 m<sup>3</sup>) da placa de concreto o custo é de 185 US\$/ano. O desempenho anual da placa de concreto é muito próximo da placa convencional e o seu custo anual é 10% menor (Borges, 2000).

Figura 5.32 ESQUEMA DO SISTEMA E AS VARIÁVEIS DE DECISÃO



Fonte: Borges, 2000

Tabela 5.8 DESEMPENHO DAS PLACAS COLETORAS COM REDUÇÃO DA T DE ÁGUA QUENTE (40°C)

Variáveis de decisão	Sistema tradicional		Sistema c/ placa de concreto	
	Início	Otimizado	Início	Otimizado
Função-objetivo	234 UR\$/ano	206 UR\$/ano	223,38 UR\$/ano	185,41 UR\$/ano
Fração solar anual	89 %	93 %	88,7 %	93,21 %
Energia elétrica auxiliar total	1,26.10 <sup>6</sup> kJ	8,14.10 <sup>5</sup> kJ	1,37.10 <sup>6</sup> kJ	7,78.10 <sup>5</sup> kJ
Parcela de Q <sub>tot</sub> consumida no horário de ponta	42 %	39 %	42 %	39 %
Energia elétrica consumida p/aquecedor de passagem	1,25.10 <sup>6</sup> kJ	8,14.10 <sup>5</sup> kJ	1,37.10 <sup>6</sup> kJ	7,76.10 <sup>5</sup> kJ
Investimento inicial	1191 UR\$	1133 UR\$	1080 UR\$	1007 UR\$
Gastos com energia sistema convencional	551 UR\$/ano	551 UR\$/ano	551 UR\$/ano	551 UR\$/ano
Economia solar anual	316 UR\$/ano	345 UR\$/ano	327 UR\$/ano	365 UR\$/ano
Período de retorno do investimento	3,1 anos	2,8 anos	2,79 anos	2,41 anos

Fonte: Borges, 2000. \* Custos relativos a dez de 1996. T= temperatura

A temperatura de ajuste no termostato do reservatório térmico é outra variável importante. Quando ajustada para temperaturas menores de fornecimento de água, o desempenho do sistema é maior. Para uma placa coletora de concreto com 7,44 metros quadrados em que a temperatura do termostato esteja ajustada para 18°C, Borges mostra que a parcela de energia elétrica consumida anualmente, pelo resistor, é de  $6.53 \cdot 10^4$  kJ<sup>16</sup>; para a temperatura 40°C. Para uma placa com 6,74 metros quadrados, é de  $1.60 \cdot 10^3$  kJ.

O estudo de Borges viabiliza a construção de placas coletoras de concreto, principalmente quando o objetivo é de se obter temperaturas que contemplem as necessidades básicas de uma

<sup>16</sup> 1 kWh= 3.600 kJ.  $6.53 \cdot 10^4$  kJ = 18,13 kWh;  $1.60 \cdot 10^3$  kJ = 4kWh

família, que é o da higiene pessoal. As dimensões do sistema de aquecimento tornam-se o requisito fundamental, para poder suprir a demanda desejada com custo reduzidos.

O capítulo apresentado mostra que existem soluções competitivas com as formas tradicionais de aquecimento de água para as moradias populares. Se vistas sob o ponto de vista econômico existe a possibilidades de uso de alternativas que podem ser implementadas com baixos investimentos, principalmente se a tecnologia for executada pelos próprios moradores. Este fato abre a perspectiva de que, inclusive em regiões isoladas, as comunidades possam ser treinadas para a construção da tecnologia apropriada para a sua situação peculiar.

Para as populações pobres urbanas, que tem resolvido a sua questão habitacional por meio da autoconstrução ou de processos de construção por mutirão, os sistemas apresentados podem estar incorporados no projeto e planejamento da construção, e incluídos no orçamento familiar. O tema abordado no capítulo a seguir visa estudar os condicionantes para o uso de um destes sistemas – o de aquecimento de água com placa coletora de concreto – na estrutura da habitação.

## Capítulo 6

### A cobertura como coletor solar

O uso de coletores solares em habitações populares no Brasil está restrito a experiências efetuadas por empresas de aquecimento solar e de forma isolada da concepção arquitetônica. São equipamentos independentes, colocados em posicionamento técnico adequado, mas estranho ao contexto da habitação. Tornam-se mais um, entre tantos elementos e equipamentos tecnológicos, a fazer parte do cotidiano da vida moderna e compor a grande poluição visual em que se transformaram as cidades que não legislaram o uso do espaço público e aéreo.

No Brasil não existem experiências com a integração de coletores solares à concepção arquitetônica. O que se verifica nas residências de classe média são equipamentos apenas depositados sobre os telhados, geralmente com inclinações diferentes da cobertura, demonstrando que o planejamento de aquecimento foi feito posteriormente, e sem preocupação de compor o conjunto plástico ou estético.

A integração do coletor solar à estrutura do prédio ou da habitação pressupõe que o projeto arquitetônico seja estudado para este fim. Já nos estudos do *partido geral*<sup>1</sup> deverão ser definidas quais as superfícies da edificação que oferecerão as condições ideais para o aproveitamento de sua capacidade solar passiva.

Com estes parâmetros estabelecidos, é possível trabalhar com os componentes estruturais da moradia, para que eles passem a ser também os agentes do acréscimo de energia para a melhoria da habitabilidade e, ao mesmo tempo, definidores de um projeto arquitetônico energeticamente eficiente. Com a seleção das partes em que há uma maior incidência da radiação solar, elas poderão ser usadas como estruturas absorvedoras e transformadoras de energia, através da aplicação dos princípios dos coletores solares de Duffie & Beckman (1983).

Neste capítulo são analisados os fatores que dão condições ao aproveitamento do processo solar passivo e que permitem o desenvolvimento de soluções para o aquecimento de água na moradia. A seguir, é feito um estudo de caso, em Campinas, com uma proposta de coletor solar integrado à concepção arquitetônica.

## **6.1 As potencialidades energéticas da edificação**

Para a introdução de tecnologias solares no contexto habitacional de baixa renda faz-se necessário o conhecimento dos diversos fatores que irão influir na adoção do seu uso, sejam eles econômicos, técnicos, políticos ou sociais. O contexto bio-climático (inclui o potencial solarimétrico), a adequação dos materiais, dos processos construtivos, o conhecimento das diversidades regionais e culturais, as características comportamentais, a realidade social das comunidades envolvidas, são alguns dos condicionantes que devem ser estudados para que uma nova tecnologia seja implantada com êxito.

No Brasil, o estudo da habitação passa por um processo intenso de pesquisa, com a incorporação de investigações nas áreas de eficiência energética e conforto ambiental. A conceituação das diversas variáveis que influenciam o desempenho térmico e energético das edificações tem sido estudada para a realidade nacional. Pereira (UNICAMP-1985), Roriz, (UFSC-1985), Basso (USP-1985), Satler, J. Mascaró, L. Mascaró (UFRG-1985), Orsntein, Roméro (USP-1992), Lamberts e Rutkway (UFSC-1995), Labaki, Januzzi e Kowaltowski (UNICAMP-1992), são alguns dos investigadores que a partir da década de 1985 começam este

---

<sup>1</sup> Dá-se o nome de partido geral aos primeiros esboços que o arquiteto desenvolve e que contempla todas as variáveis que interferem e participam da tomada de decisão na criação do projeto arquitetônico.

trabalho junto às instituições de ensino superior, nas áreas de pós-graduação. Fazem parte também deste movimento os diversos congressos nacionais chamados de “*Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído*” (ENCAC), que a partir de 1990 iniciaram a publicação das experiências brasileiras realizadas nesta área, contribuindo para reafirmar a importância da interação da arquitetura com clima, biologia e tecnologia.

Uma vertente destas pesquisas tem como foco principal o estudo do desempenho dos componentes do projeto da arquitetura, com a análise dos condicionantes físicos capazes de maximizar o armazenamento de calor durante o inverno e minimizá-los durante o verão, reduzindo o consumo de energia de outras fontes. O conhecimento das potencialidades energéticas de cada elemento que constitui a edificação contribui para a definição de projetos arquitetônicos comprometidos com a eficiência energética e melhoria do conforto.

### **6.1.2 Os condicionantes naturais**

O Brasil, com sua ampla extensão territorial, seu posicionamento na borda ocidental do Oceano Atlântico e a diversidade topográfica de seu relevo, apresenta uma grande diversidade de macrossistemas atmosféricos, continentais e oceânicos. As interações entre eles imprimem uma diversidade climática que abrange vários regimes, desde o equatorial ao subtropical, com diferenciados tipos e subtipos de climas impostos pelas implicações geológicas (IBGE, 1996). Situado entre os trópicos de Câncer e de Capricórnio, possui climas diferenciados, desde o úmido, subúmido, semiárido, árido até montanhoso.

Apesar de os vários regimes de chuvas, temperatura, umidade e ventos serem típicos de determinadas regiões, encontram-se caracterizações climáticas comuns, em vários pontos do país. Recentemente (1998) foram realizados estudos para definir as diversas zonas climáticas homogêneas, que não necessariamente estavam definidas pelas divisas territoriais dos estados brasileiros.

O documento - Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social (*Thermal performance in buildings - Brazilian*

*Bioclimatic Zones and Building Guidelines for Low-Cost House*) - elaborado em 1998 pela Comissão de Estudo de Desempenho Térmico de Edificações, do Comitê Brasileiro de Construção Civil da ABNT<sup>2</sup>, propôs a divisão do Brasil em zonas bioclimáticas, relativamente homogêneas quanto ao clima, para formular um conjunto de recomendações tecno-construtivas. O intuito foi de otimizar o desempenho térmico das edificações, em cada condição climática brasileira.

Figura 6.1 MAPEAMENTO DAS CÉLULAS CLIMÁTICAS BRASILEIRA

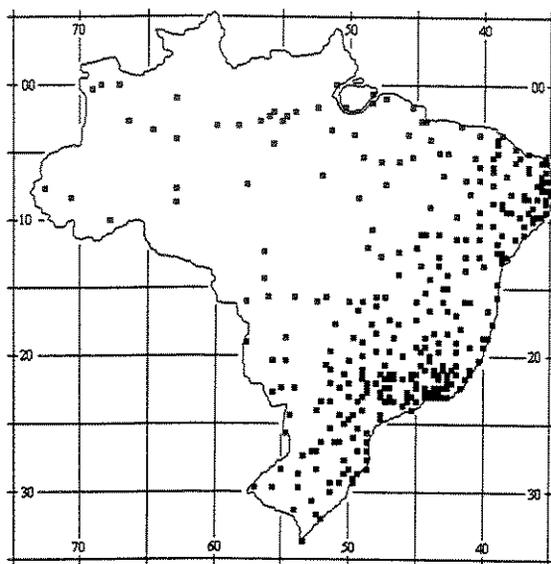
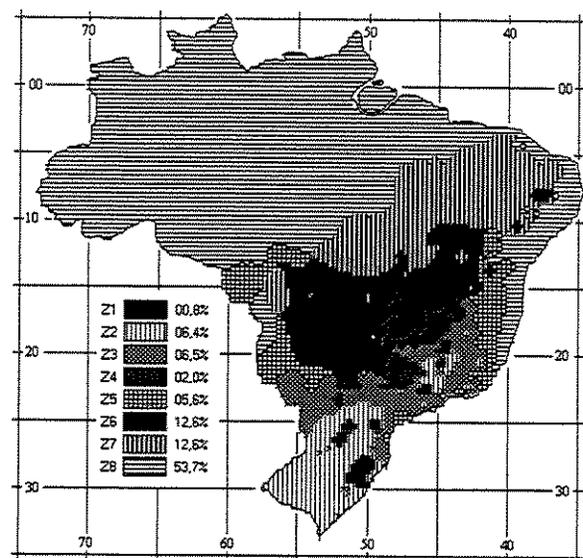


Figura 6.2 MAPEAMENTO DAS ZONAS BIOCLIMÁTICAS BRASILEIRA



Fonte: ABNT in: Labee-UFSC, 1998. \* Os percentuais especificados em cada zona bioclimática referem-se à proporção existente, daquele clima, em relação ao país.

O estudo envolveu a pesquisa das diversas variáveis climáticas - médias mensais das temperaturas máximas e mínimas, médias mensais da umidade relativa do ar - de 6500 células na quais foi dividido o território brasileiro (Figura 6.1). O zoneamento bioclimático<sup>3</sup> (Figura 6.2) foi feito a partir da adaptação da Carta Climática de Givoni – contida em *Comfort, climate analysis*

<sup>2</sup> O projeto de Normalização do Conforto Ambiental está ainda sendo apreciado e em fase de votação pela ABNT. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros). Os projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos CB e ONS, circulam para Votação Nacional entre os associados da ABNT e demais interessados. Ver no site <http://www.Labee.ufsc.br/conforto/normas/index.html> as demais normas em estudo para Iluminação Natural, Térmica e Acústica.

<sup>3</sup> Definido como região geográfica homogênea quanto aos fatores climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano.

*and building design guidelines* da obra *Energy and Building* de julho de 1992, sobre a qual foram registrados e classificados os climas de cada ponto do território. Com esta metodologia foram criadas oito diferentes zoneamentos bioclimáticos e formuladas as diretrizes construtivas para as habitações populares inseridas neles (Labee-UFSC, 1998).

A definição das diversas variáveis climáticas e normalização dos parâmetros necessários para o conforto propicia que as habitações das populações pobres brasileiras tenham soluções econômicas, baseadas nos princípios da arquitetura bioclimática. Ao mesmo tempo, ao regular as estratégias para o emprego de padrões arquitetônicos adequados ao clima, aos regionalismos culturais e às tipologias construtivas energeticamente eficientes, contribui para a busca do conforto ambiental da moradia e também para a redução de consumo de energia.

### **6.1.3 O processo solar passivo**

Os efeitos da radiação solar nas construções têm lugar através de dois caminhos principais: pelas janelas, com a absorção do calor pelas faces internas de paredes e pisos, e pelas paredes, telhados e cobertura, pela absorção do calor nas diversas faces dessas estruturas. Este calor será em parte transferido para fora, geralmente por convecção, e em parte transferido, por condução, para dentro pelos materiais utilizados nestas faces.

Os componentes construtivos das habitações, ao armazenarem o calor solar, e também o calor interno durante o dia, evitam que a moradia ou edificação perca com facilidade o calor para o exterior no período noturno. Assim, os diversos elementos da construção, tais como as paredes, janelas e coberturas podem ser construídos para armazenarem grandes estoques de energia térmica ou com estratégias adequadas para cada situação. Nos climas desérticos é comum manter-se a edificação fechada durante o dia para evitar o ganho de calor externo, conservando a temperatura alcançada à noite, com o resfriamento da massa térmica da edificação. Nos climas frios diversas estratégias podem ser adotadas, desde vedações com elevada inércia térmica até o aquecimento solar na edificação. Nos climas quentes podem ser empregados desde paredes e coberturas refletoras até o controle da ventilação e sombreamento da edificação.

O uso e o controle da inércia térmica dos materiais é uma das estratégias usadas na chamada arquitetura bioclimática (Pereira, 1985). A combinação dos diversos elementos que compõe o projeto com as tecnologias construtivas possibilita que se consiga consumir menos energia, e, ao mesmo tempo, maximizar o conforto para seus ocupantes.

Para que sejam otimizados os princípios físicos da absorção, transmissão, reflexão e emissão dos componentes construtivos da moradia é necessário que as tipologias habitacionais contemplem soluções, a partir de sistemas construtivos que maximizem a eficiência destes processos. O apêndice 1 mostra a transmitância térmica<sup>4</sup>, a capacidade térmica e o atraso térmico de algumas paredes e coberturas usadas nas habitações brasileiras, demonstrando o quanto é possível melhorar a qualidade ambiental interna, com o conhecimento e uso adequado dos componentes estruturais e de vedação.

#### **6.1.4 As adequações culturais e econômicas**

O emprego de soluções coerentes do ponto de vista da adequação da habitação às características do clima local está condicionado a diversos fatores. A interação das questões sociais, culturais, materiais, técnicas e econômicas faz com que o resultado reflita o grau de desenvolvimento das comunidades, sociedade ou nação. As questões culturais, no entanto são muitas vezes determinantes.

No sul, na região de imigração alemã é comum o uso da reprodução estética da solução usada nos países de origem, como a inclinação acentuada dos telhados, usada para o corrimento rápido da neve. Nas cidades médias do sertão nordestino, grande parte das moradias resulta de processos espontâneos de autoconstrução com soluções vernáculas capazes de se adequar ao clima local, quente e seco. Estas moradias, embora humildes, se enquadram em uma arquitetura que respeita e se adapta às condições climáticas, respondendo com uma arquitetura tipicamente tropical (Veloso, 1999).

---

<sup>4</sup> *Transmitância térmica* (U) é o inverso da resistência térmica total; *Capacidade térmica* ( $C_T$ ) é a quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um componente, por unidade de área; *Atraso térmico* ( $\varphi$ ) é o tempo que transcorre entre os momentos de ocorrência

As estatísticas realizadas pelo censo de 1991 no Brasil mostram que em aproximadamente 79% das moradias, utilizava-se a alvenaria de tijolo cerâmico para a vedação das habitações, e somente em 14% utilizam a madeira. Nas favelas do município de São Paulo (Tabela 6.1), pesquisa realizada pela Eletropaulo em 1993, registra que 97% dos domicílios possuem cobertura com telhado ou laje (França, 1999).

**TABELA 6.1 EVOLUÇÃO DO TIPO DE CONSTRUÇÃO EM FAVELAS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**

Tipo de construção dos domicílios	1973	1980	1987	1993
Com paredes externas de alvenaria	1,3	2,4	50,5	74,2
Com cobertura de telhado e/ou laje	73,7	88,0	98,1	97,1
Com piso de terra batida	46,3	17,7	7,4	4,5
Sem banheiro ou com banheiro coletivo	65,8	44,3	13,6	7,5
Sem janelas	-	17,0	18,5	12,2

Fonte: Eletropaulo, in: França, 1999.

Pesquisas realizadas em 1995 por Roméro, Cruz & Orsntein em 50 habitações autoconstruídas pela população de baixa renda, na periferia do município de São Paulo, mostraram que a tipologia predominante para as vedações, em 53% das habitações, foi a de blocos cerâmicos, seguida pela de blocos de concreto (44%) e de tijolos maciços (7%). Quanto ao revestimento destas paredes, 46% tinham massa grossa, 16% massa fina, 12% pintura, 10% massa única e 28% não possuíam nenhum tratamento. No que se refere, aos revestimentos internos, mais da metade dos cômodos (54%) possuía algum tipo, e apenas 6% não havia ainda recebido algum tratamento. Estavam pintadas apenas 36%.

Ao observar-se a transmitância, capacidade e atraso térmico de cada uma destas paredes, mostradas na Tabela A (em anexos), constata-se a precariedade do conforto interno destas habitações, responsáveis pelo aquecimento e resfriamento inadequados.

Quanto ao tipo de cobertura utilizada na moradia brasileira (Tabela 6.2), 54,9% utilizam o telhado recoberto com telha de barro, 21,1% a laje de cobertura e 19,4% telha de cimento amianto (IBGE, 1996). Nas habitações autoconstruídas há uma reversão destes índices: 69% usam predominantemente a laje como tipologia de cobertura e apenas 31% coloca telhado sobre a laje (Tabela 6.3).

---

da temperatura máxima do ar no exterior e no interior da edificação quando se verifica um fluxo de calor através de um componente construtivo

**TABELA 6.2 MATERIAL UTILIZADO NA COBERTURA DAS HABITAÇÕES BRASILEIRAS - 1991**

Material da cobertura	domicílios	%
Telha de barro	18.780.401	54,9
Laje de concreto	7.315.294	21,1
Telha de cimento amianto	6.735.892	19,4
Palha	947.302	2,73
Zinco	535.789	1,54
Madeira aparelhada	293.711	0,85
Material aproveitado	48.491	0,14
total	34.656.889	100

Fonte: IBGE, 1996.

**TABELA 6.3 TIPOLOGIA DA COBERTURA DAS HABITAÇÕES AUTOCONSTRUÍDAS- SÃO PAULO - 1995**

Tipologia da cobertura	domicílio	%	Atraso térmico $\phi$ (horas)*
Laje com impermeabilização	10	20	-
Laje sem impermeabilização	24	49	2,7
Somente telhas de fibrocimento	6	13	0,2
Somente telhas cerâmicas	2	4	0,3
Laje com telhado	7	14	3,6
Outros	1	3	-

Fonte: Roméro, Cruz & Orsntein, 1995. \*rTabulação própria

Na análise da relação entre tipologia construtiva e a renda familiar do autoconstrutor (Tabela 6.4), verifica-se que a laje pré-fabricada, como cobertura e os blocos cerâmicos como vedação são usados independentemente da renda familiar. A pesquisa mostra que, apesar do desconforto da temperatura interior, existem outras prioridades a serem satisfeitas a partir do momento em que a moradia já se encontra protegida da ação das intempéries.

**Tabela 6.4 TIPOLOGIA X RENDA FAMILIAR NAS HABITAÇÕES AUTOCONSTRUÍDAS EM SÃO PAULO- 1995**

Tipologia construtiva	Salário mínimo		Total habitações
	> 3-10	>10	
Bloco cerâmico c/ laje e telha	3	1	6
Bloco cerâmico c/ laje	9	5	15
Bloco cerâmico c/ telha	1	0	3
Bloco de concreto c/ laje e telha	1	0	3
Bloco de concreto c/ laje	9	3	16
Bloco de concreto c/ telha	3	2	7
Total	26	11	50

Fonte: Roméro, Cruz & Orsntein, 1995.

O concreto armado é o elemento estrutural utilizado pelo autoconstrutor e encontrado em 100% dos casos pesquisados. Cerca de 49% das coberturas são feitas com pré-lajes e 69% utilizam a laje como cobertura da casa.. As habitações apresentam custos reduzidos, compatíveis com a renda familiar dos seus moradores. O baixo nível tecnológico, a forma como são concebidos, construídos e mantidos não impede de ser constada a satisfação dos moradores, por

---

submetido a uma variação periódica da temperatura do ar no exterior (ABNT, 1998).

haverem conseguido atender às necessidades básicas de abrigo para a família (Roméro et al., 1995).

## **6.2 Proposta da cobertura como coletor solar**

Como o uso da estrutura de concreto como teto é pratica comum em 83% das habitações populares autoconstruídas em São Paulo (69% simplesmente laje e 7% laje com telha - Orsntein et al. 1995), a proposta é que seja dada a este forro (teto) a inclinação adequada para receber a melhor incidência solar, criando-se nele as condições para a execução de coletores solares.

Embora o desempenho térmico das placas coletoras de concreto seja menor que os coletores tradicionais, que utilizam tubulação de cobre e chapa de alumínio para a absorção do calor (Nayak et al.1989), este sistema de aquecimento de água por apresentar vantagens econômicas é uma alternativa válida para as populações pobres.

Será estudado, a seguir, a integração desta tecnologia na habitação popular da cidade de Campinas. Para isto será feito, inicialmente, uma breve caracterização dos aspectos sócio-econômicos da cidade e da moradia popular, para então propor o sistema de aquecimento de água com coletor de concreto na cobertura da moradia.

### **6.2.1 A cidade de Campinas**

Campinas está localizada no Estado de São Paulo e é pólo de uma região metropolitana formada por 22 cidades e 2,2 milhões de habitantes. Se situa a 100 km da capital, São Paulo. A região administrativa de Campinas<sup>5</sup>, como é chamada esta imensa conurbação, é composta por 90 municípios com área de 27.079 km<sup>2</sup>. Possui 4.850.002 habitantes, com um PIB estimado em torno de 6% do PIB nacional. A Região é a responsável por 10% de toda a produção agro-industrial de São Paulo, assim como é a primeira colocada no País quanto ao uso de sementes de alta qualidade e mecanização agrícola. 9% do Produto Interno Bruto (PIB) e 17% da produção industrial do Estado de São Paulo saem da Região de Campinas (Seplan, 2001).

### 6.2.1.1 Os aspectos sócio-econômicos

Dados recentes do Censo 2000, divulgados pelo IBGE (2001), mostram que a cidade de Campinas possui 967.921 habitantes, com apenas 16.097 moradores pertencentes ao meio rural. Possui 50% da população economicamente ativa e uma renda per capita de US\$ 10.700 (a renda *per capita* brasileira, com dados de 1998, é de US\$ 4.509). Trata-se de um centro econômico onde os setores de Serviço e Comércio contribuem com uma taxa maior que o segmento industrial. Há um total de 17 mil empresas ligadas ao Setor Terciário, responsável pela ocupação de 65% da mão de obra campineira (Seplan, 2001).

A participação de Campinas no consumo de eletricidade, em relação ao Estado, em todos os setores da economia, é de 17,22% (BESP, 1996). Em relação às demais regiões administrativas do Estado, a cidade é líder no consumo de eletricidade no setor residencial. Dados do Relatório Econômico 2000, da Associação Comercial e Industrial de Campinas, mostram que o consumo de energia elétrica cresceu 6,41% em 2000, comparado com o ano de 1999<sup>6</sup>. O consumo residencial é responsável por 36% do gasto de energia, a indústria consome 27%, o setor comercial responde por 25%, a iluminação pública 3,4% e o poder público 4,7% (BESP, 1996).

Em relação à escolaridade, os dados de 2001 do IBGE mostram que 61,56% (595.706 habitantes) da população não frequentam a escola, 26% não têm instrução, 37% (360.193 habitantes) possuem entre 1 e 6 anos de estudo, e apenas 10,31% (99.884 pessoas) têm formação universitária, com 13 a 16 anos de estudo.

### 6.2.1.2 A cidade e o fluxo migratório

Campinas cresceu 1,42% na última década, saltando de uma população com 847.595 habitantes em 1991, para 968.172 em 2000. Dados da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE) mostram que, do crescimento absoluto de 120.577 habitantes que Campinas

---

<sup>5</sup> Área Total 798 km<sup>2</sup>; altitude 680 metros; coordenadas geográficas: latitude S 22° 53' 20"; longitude: W 47° 04' 40". Clima: temperatura média outubro a março: 22°C a 24°C; abril a setembro: 18°C a 22° C. Umidade relativa do ar: outubro a março: 77%; abril a setembro: 65% (IBGE,2001).

<sup>6</sup> Os dados da CPFL de 1999 mostram os valores de 781,5 MWh/ano de consumo residencial, e 595,6 MWh/ano e 735,2 MWh/ano respectivamente para os setores industrial e comercial.

teve, apenas 11,6% foi formado por migrantes. A tendência atual de redução de crescimento reforça a previsão dos demógrafos de aumento de crescimento das cidades instaladas no entorno de Campinas, como Hortolândia, Indaiatuba e Vinhedo. Este processo, chamado de interiorização, leva a população das cidades médias a crescerem muito mais depressa que as metrópoles, incentivadas principalmente pelo refluxo de investimentos e transferência do setor produtivo para as cidades vizinhas. Em Campinas, a redução da participação do componente migratório está ligada ao custo de vida, à questão habitacional e à oferta de emprego. A facilidade de aquisição de terrenos nas cidades vizinhas permite que o indivíduo more nas cidades do entorno e trabalhe em Campinas.

### **6.2.1.3 O crescimento da população de baixa renda**

A intensa industrialização verificada na região de Campinas, a partir de 1980, trouxe consigo grande crescimento urbano, a exemplo da realidade brasileira vista no capítulo quatro, com as formas já citadas de acomodação de espaços para morar, o do aproveitamento de áreas mais baratas para a implantação dos loteamentos populares e a invasão e ocupação de áreas livres, públicas e privadas.

A Secretaria da Habitação do município já conteve 16 invasões, somente durante os três primeiros meses de 2001, mas as ocupações existentes continuam sendo foco de conflitos. A maior é a ocupação da Fazenda Taubaté, conhecida como complexo Oziel-Monte Cristo, localizada às margens da Rodovia Santos Dumont, na cidade de Campinas. Possui uma área de mais de 1 milhão de metros quadrados e conta com 116 proprietários, com nove deles detendo 75% do espaço (Sehab, 2001).

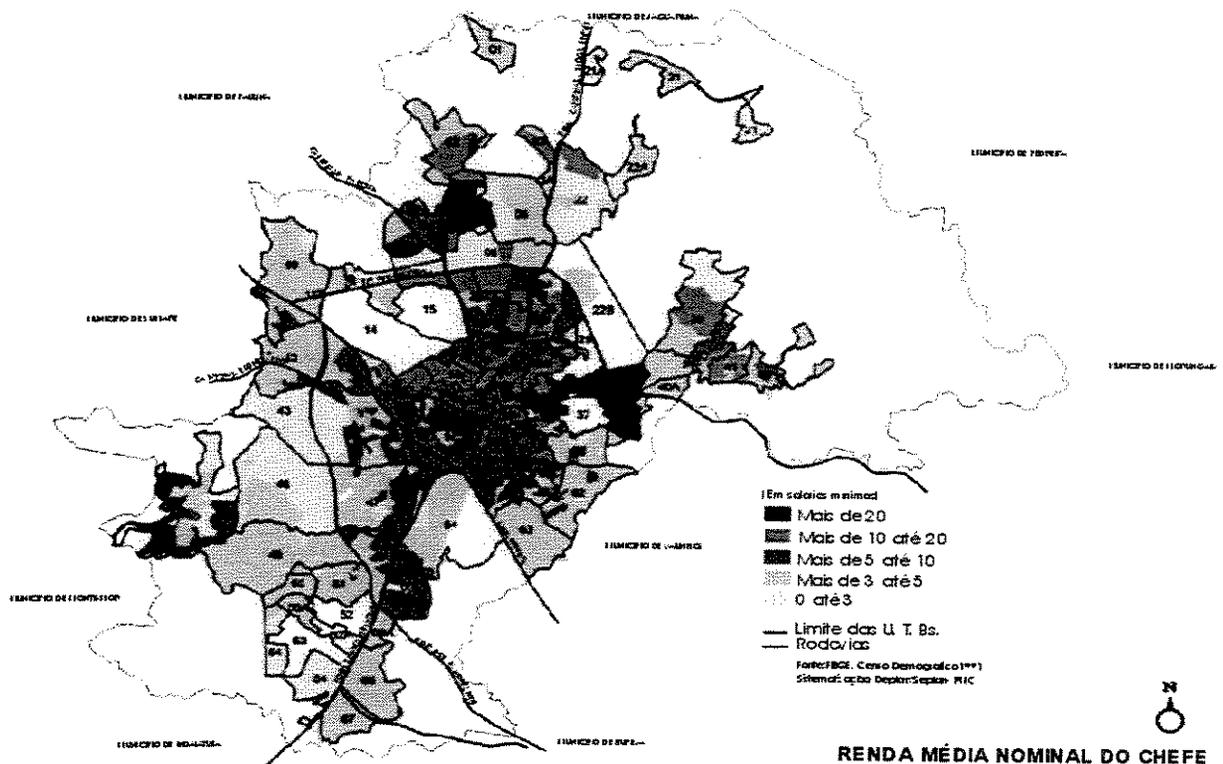
A invasão teve início em fevereiro de 1997, quando o MST e movimentos populares da cidade deram início ao processo de ocupação. Na época 1.130 famílias ocuparam a área. Hoje mais de 6 mil famílias, cerca de 35 mil pessoas, vivem irregularmente no local. A área atualmente possui água, luz, transporte coletivo, escola, igreja e um posto de saúde, recentemente instalado próximo ao bairro. A área até o momento continua em litígio, com a prefeitura tentando fazer da

ocupação, uma área habitacional para famílias de baixa renda. A prorrogação, por de mais dois anos, de um decreto de interesse social vai destinar 895,4 mil metros quadrados para a implantação de moradias populares (Sehab, 2001).

#### 6.2.1.4 A localização da população pobre

Os dados do censo de 1991, da Prefeitura Municipal de Campinas, apontavam aproximadamente 30% de habitantes classificados como moradores de classe média baixa, com um ganho entre um a dez salários mínimos. Sobre a população morando em favelas, os dados de 1996 revelaram um incremento de 6,8% em relação a 1991, com 88.093 pessoas morando em condições sub-normais na região. A cidade de Campinas participa com 10% deste total (Tabela 6.5). Atualmente, somente o complexo Oziel-Monte Cristo abriga uma população de 35.000 habitantes (Sehab, 2001).

Figura 6.3 MAPA DA RENDA MÉDIA NOMINAL DO CHEFE DA FAMÍLIA EM CAMPINAS- 1997



FONTE: Sehab, 2001.

**Tabela 6.5 POPULAÇÃO FAVELADA NA REGIÃO ADMINISTRATIVA E NA CIDADE DE CAMPINAS 1991-1996**

ano	Região de Campinas	Cidade de Campinas	% população favelada/população. urbana
1991	63.449	16.224	8 %
1996	88.093	21.169	10 %
1999		38.758*	
2001		160.000**	

FONTE: IBGE, 1996; \* IBGE, 2001; \*\*Cohab-Campinas, 2001.

Ao distinguir a localização do chefe da família e sua renda em salários mínimos, o censo evidenciou que os distritos de São Joaquim Egídio e Nova Aparecida eram os que possuíam as menores rendas, concentradas nos bairros Jardim Garcia, Campos Elísios, Jardim Monte Alto, Campo Grande, Jardim Florence e Parque Valença (Gráfico 6.3).

#### **6.2.1.5 O déficit habitacional da moradia popular**

Segundo dados da Cohab-Campinas (2001), o déficit habitacional alcança o valor de 40 mil unidades, com cerca de 160 mil pessoas vivendo irregularmente na cidade, em área de risco, favela ou ocupação.

Com o objetivo de estabelecer uma política habitacional para o município, a Cohab-Campinas vem desenvolvendo diversas ações no sentido de resgatar a sua missão, ser empreendedora de projetos habitacionais para a população de baixa renda, principalmente na faixa de 1 a 5 salários mínimos. Ações de incentivo a todas as formas de produção de habitação de interesse social, como a autoconstrução, mutirões, cooperativas e empreendimentos públicos e privados que possam ser objetivo de parcerias, tem sido implementadas para evitar que áreas públicas sejam alvo de ocupações na cidade (Cohab-Campinas, 2001).

#### **6.2.2 A casa popular de Campinas**

Pesquisas realizadas por Kowaltowski et al. (1995) sobre a forma de morar, hábitos sociais e culturais da população de baixa renda na área urbana de Campinas, trazem importantes elementos de análises para os estudiosos da habitação. A predominância de populações de renda baixa leva à existência de 97 bairros com moradias feitas por autoconstrução e 33 conjuntos habitacionais populares. Nesses bairros foram investigadas as condições físicas da moradia, as

reformas e alterações realizadas e pretendidas, bem como os níveis de satisfação e preferência quanto à tipologia da construção.

### 6.2.2.1 A densidade habitacional

A pesquisa verificou que a família dos bairros populares é composta por um número de pessoas por casa que extrapola os dados estatísticos *per capita* da família brasileira, recenseada pelo IBGE em 1999. O número médio de brasileiros vivendo em uma unidade habitacional é de 3,6 habitantes, e da casa popular campineira é de 4,35 e 4,17 habitantes, conforme tabelas 6.6 e 6.7. O fato de haver 2 a 3 casas ocupando o mesmo terreno faz com que o número médio de pessoas por lote, passe a ser de 5,26 para autoconstrução e 4,47 para os conjuntos habitacionais (Tabelas 6.6 e 6.7).

**Tabela 6.6 CONDIÇÃO DE OCUPAÇÃO DA MORADIA POPULAR - CAMPINAS 1995**

Tipo de Bairro	Pessoa por casa (%)					Casa por lote(%)				Tempo de moradia – anos (%)				
	<3	3-4	5-6	7-8	>8	1	2	3	>3	<1	1-2	2-5	5-10	>10
Autoconstrução	14	42	32	9	3	58	35	3	3	8	6	20	25	41
Conjunto habitacional	6	52	34	6	2	92	7	0	0	45	1	12	40	0
Total	20	92	64	15	5	-	-	-	-	13	7	32	65	41
%	10%	46%	33%	8%	3%						5%	22%	45%	28%

Fonte: Kowaltowski et al, 1995.

**Tabela 6.7 DENSIDADE HABITACIONAL E CONDIÇÃO DE OCUPAÇÃO**

Indicador	Tipo de bairro	
	Autoconstrução	Conj. habitacional
Número médio		
Pessoas/lote	5,26	4,47
Casas/lote	1,14	1,07
Pessoas/domicílio	4,35	4,17
Cômodo/domicílio	4,37	4,05
Pessoas/cômodo	0,95	1,03
Inquilinos/lote	2,9	1,75
Área média construída/hab	20,10 m2	14,28m2
Lotes com inquilinos	14	4

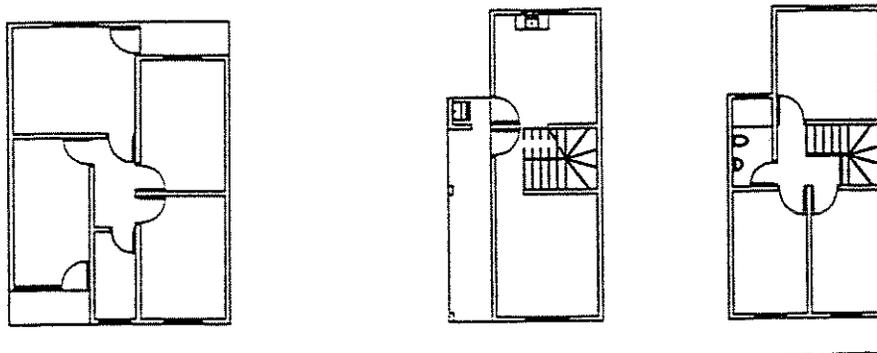
Fonte: Kowaltowski et al, 1995.

A relevância de se conhecer estes dados está na possibilidade da quantificação da energia mínima necessária para o bem estar dos moradores da habitação. Serve também para verificar a taxa de área livre que resta para o lazer da família dentro do lote e para a absorção das águas pluviais no próprio terreno.

### 6.2.2.2 Aspectos espaciais e construtivos

A estética das casas pesquisadas por Kowaltowski et al. (1995) nas moradias das populações de baixa renda em Campinas, surge do formato simplista da planta, com o aproveitamento de componentes arquitetônicos existentes no mercado, e a busca de segurança da família dentro da casa. Aliados a estão está a falta de recursos, de conhecimentos técnicos e a impossibilidade de soluções em lotes cuja orientação não foi otimizada em relação ao conforto térmico das construções. O universo pesquisado mostra que a área construída mínima que traz satisfação a seus ocupantes é de 85 m<sup>2</sup>. A cozinha com 13 m<sup>2</sup>, sala com 14 m<sup>2</sup>, quarto com 11 m<sup>2</sup>, quarto de casal com 12,50m<sup>2</sup>, banheiro com 4 m<sup>2</sup>, área de serviço com 12 m<sup>2</sup> e circulação com 4m<sup>2</sup>. O abrigo de carro e área de serviço não possui uma dimensão padronizada.

Figura 6.4 TIPOLOGIAS DE MORADIAS PREFERIDAS PELOS AUTOCONSTRUTORES



A planta (projeto CA10-T) de formato quadrado com área de 70,16 m<sup>2</sup> e o sobrado (projeto CA5E-T) com 93,44 m<sup>2</sup>, fazem parte dos oito projetos básicos desenvolvidos por Kowaltowski, Mikami, Ruschel e Oliveira, para compor uma metodologia de projeto para a autoconstrução com recursos de CADD.

Fonte: Kowaltowski et al. 1995.

Existe uma insatisfação dominante quanto às dimensões do projeto que não consegue acomodar os anseios da família. Os resultados da pesquisa mostram que 82% das reformas se relacionam ao aumento de área dos cômodos existentes ou da construção de novas dependências. As construções extras representam 25% da área principal, geralmente feitas para abrigar parentes da família, depósitos, estabelecimentos comerciais ou de serviços. O abrigo de carro ocorre em 46% do universo pesquisado.

A repetição de modelos de casas, culturalmente conhecidos, faz com haja a predominância de um tipo específico de moradia construída pelas populações que realizam a autoconstrução. Trata-se de uma moradia de formato quadrado, com dois dormitórios, sala, cozinha e banheiro situada logo após o recuo de ajardinamento, e com uma das laterais no limite do lote. A segunda tipologia mais encontrada é a da moradia colocada na divisa do fundo do lote. No entanto, o sobrado faz parte do imaginário destas populações (34%), constituindo-se num ideal desejado e pretendido, mas apenas 3% efetivamente o constrói (Kowaltowski et al. 1995).

A insatisfação e rejeição dos moradores dos conjuntos habitacionais à tipologia das edículas - projeto de casa implantada no fundo ou na lateral do lote - está relacionada ao fato dessa casa, ao ser geminada nos lados e fundos, partilhar paredes e telhados. Esta volumetria, além das falhas construtivas comuns encontradas nessas tipologias, desagrada às populações.

Nos bairros de autoconstrução a evolução da construção sem planejamento prévio transparece na moradia, sempre com constantes intervenções, num círculo vicioso de reformas, demolição, reconstrução. As alterações estão diretamente relacionadas com o tipo de casa e a familiaridade com o processo construtivo, que facilita as modificações. As que mais sofrem intervenções são as do tipo edículas (100%), que no seu projeto original é de 40 m<sup>2</sup>. As soluções encontradas para o aumento de área acabam comprometendo a funcionalidade e o conforto do ambiente da planta original, com quartos escuros, mal ventilados e abafados. Foi recomendada pelos pesquisadores a exclusão desta solução de novas propostas de casa popular, por ter sido considerada a tipologia de avaliações mais negativas em todos os aspectos de conforto térmico, luminoso, acústico e funcional (Kowaltowski et al. 1995).

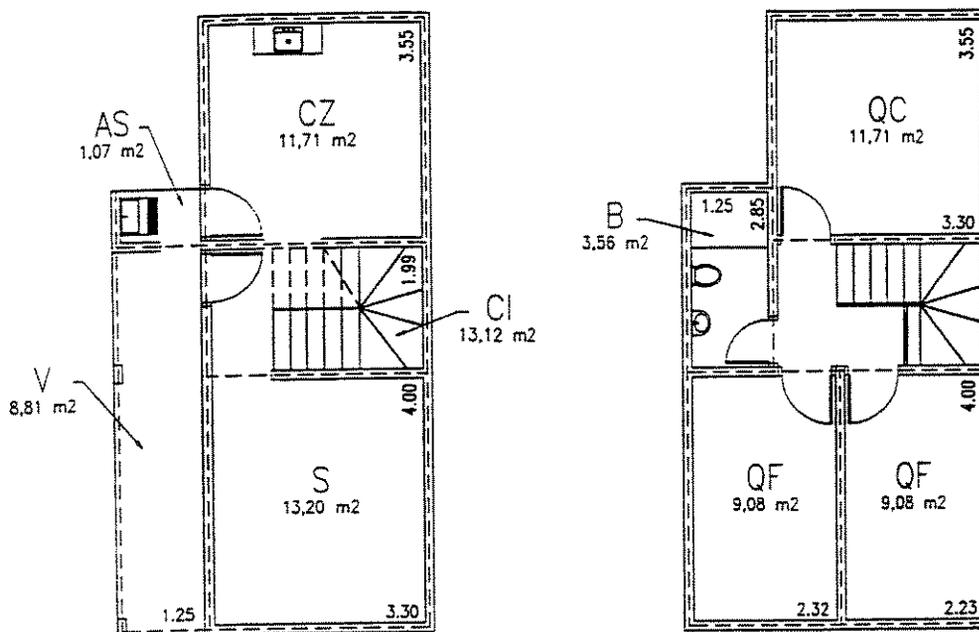
Para as populações de baixa renda, o conhecimento dos elementos arquitetônicos que auxiliam a obtenção do conforto ambiental é praticamente nulo. Fatores de controle da temperatura interna, como o uso de isolante térmico, influência do tipo de material, espessura e cores de paredes, ou controle da ventilação entre forro e telhado não fazem parte das práticas construtivas do autoconstrutor. O desconforto com o calor e o frio é uma constatação, mas a maioria entrevistada tem noção restrita sobre conforto ambiental (Kowaltowski et al, 1995).

Quanto ao uso dos cômodos, os indícios de mudanças de hábitos em relação à sala e cozinha foram constatados pela presença de inúmeros equipamentos eletrodomésticos. Estes espaços são os mais usados pela família. A seguir são usados os dormitórios para passar roupa, estudar, ver televisão e atividades dos filhos.

### 6.2.3 A tipologia da habitação para o estudo de caso

As preferências expressas em relação ao tipo de moradia da população de baixa renda campineira, levantadas na pesquisa de campo por Kowaltowski et al.(1995), mostra a casa de formato quadrado e o sobrado, como o ideal para satisfação da família. Optou-se para o estudo de caso propor o coletor solar de concreto para um sobrado denominado, pelos pesquisadores, de CASE-T.

Figura 6.5 PROJETO DE SOBRADO PARA A MORADIA POPULAR – MODELO CASET



Fonte: Kowaltowski et al. 1995.

Diversos foram os fatores que determinaram a escolha desta tipologia para o estudo:

- A possibilidade de dispor a cobertura com a inclinação que satisfizesse uma série de estratégias, dos pontos de vista espacial, ambiental e energético.
- A possibilidade de acréscimo de espaços internos, com a construção de um terceiro nível (pavimento), a ser aproveitado para outras atividades como área de estudo, dormitório, guarda de materiais, depósito e colocação de caixas d'água, evitando, assim, ampliações desordenadas.
- Possibilitar alternativas de melhorias na qualidade do projeto, pois os lotes populares por serem muito estreitos: 5m, 8m, 10m ou 12m, não permite a construção da área necessária para a família morar com qualidade e conforto. Com a diminuição da taxa de ocupação da casa (índice que mede a relação da área construída com a área do lote), parte do terreno poderá ser ocupado com hortas, jardins, lazer ou outras formas de convívio familiar.
- Possibilitar a criação de ventilação cruzada e o *efeito chaminé* (temperaturas distintas geram duas correntes: a de ar quente que sobe num sentido e a de ar frio que baixa em sentido oposto) com a colocação de janelas junto à cobertura do terceiro nível. O uso desta estratégia permite que haja o resfriamento das superfícies internas e do forro de concreto.
- Possibilitar a integração do coletor solar de concreto na estrutura da edificação.

A moradia para o estudo será um sobrado com sala, cozinha, área de serviço e varanda, no piso térreo; dormitório do casal, 2 dormitórios para os filhos e banheiro, no segundo pavimento; sala de estudos ou terceiro quarto, no terceiro nível junto à cobertura. A laje de cobertura será com elementos pré-moldados, com inclinação necessária para garantir as alterações propostas, e receber o coletor solar. Embora a construção de um sobrado exija a assistência especial de equipe técnica<sup>7</sup>, entende-se que esta tipologia constitui-se na única maneira de solucionar a questão de espaço, em lotes com áreas mínimas, como os de 125 m<sup>2</sup> (5 m x 25 m) .

Embora exista uma preocupação de caráter sistêmico com a habitação e o seu usuário, visto nas análises efetuadas ao longo da dissertação da tese, a caracterização dos elementos de vedação, paredes, janelas, coberturas e os estruturais, não farão parte deste estudo, pois manter-

se-a o enfoque de propor condições para a auto construção do coletor. O tipo de telha a ser usado também não interfere na solução pesquisada.

#### 6.2.4 O consumo de água aquecida

O consumo de água aquecida será estimado pelo número de pessoas que constituem a família do autoconstrutor: 4,35 a 4,17 pessoas. Na Tabela 6.8 foram lançadas três hipóteses de consumo com chuveiro de 3.500W.

**Tabela 6.8 ESTIMATIVA DE CONSUMO DE ÁGUA AQUECIDA PARA O BANHO E HIGIENE DA MORADIA DO AUTOCONSTRUTOR**

Local de consumo	Nºde pessoas	Tempo de uso	Vazão da água*	Consumo diário	Consumo total	Volume caixa d'água
Hipótese 1: Chuveiro	5	8 minutos	2 litros/minuto	16 litros	80 litros	
Torneira da cozinha	5	30 minutos	2 litros/minuto	60 litros	60 litros	140 litros
Hipótese 2: Chuveiro	5	10 minutos	2 litros/minuto	20 litros	100 litros	
Torneira da cozinha	5	45 minutos	2 litros/minuto	90 litros	90 litros	190 litros
Hipótese 3: Chuveiro	6	8 minutos	2 litros/minuto	16 litros	96 litros	
Torneira da cozinha	6	45 minutos	2 litros/minuto	90 litros	90 litros	186 litros
Hipótese 4: Chuveiro	5	8 minutos	3,5 litros/min	16 litros	140 litros	
Torneira da cozinha	5	30 minutos	2 litros/minuto	60 litros	60 litros	200 litros

\*A vazão de 2 litros/minutos foi obtida por medições na residência do autor.

- Para a hipótese 1, o consumo com água aquecida é de 140 litros, com oito minutos estabelecidos para o banho;
- na hipótese 2, o consumo total é de 190 litros, com um consumo maior de água aquecida tanto para o banho como para o uso na higiene da moradia;
- na hipótese 3 o volume é de 186 litros, no entanto acrescenta-se mais um morador, e retorna-se ao consumo de apenas 8 minutos para o banho, permanecendo 45 minutos o tempo de uso na limpeza doméstica;
- na quarta hipótese aumenta-se a vazão da água para 3,5 litros por minuto, para uma moradia com 5 pessoas. O volume de água será de 200 litros.

<sup>7</sup> Existem experiências de excepcionais resultados alcançados pelos processos alternativos da produção da habitação com a autogestão da construção por mutirão, inclusive com moradias deste tipo. As técnicas utilizadas Ver

Observe que mantendo-se o uso do chuveiro apenas para a higiene pessoal, os volumes estudados serão suficientes. Existe a possibilidade de um aumento de sua capacidade para o atendimento às necessidades de saúde e prazer, referida no item 3.5.3

As caixas d'águas existentes, comercialmente, possuem um volume de 250 litros. Para qualquer das hipóteses de consumo, o volume é de até 200 litros. Pode ser adotada, portanto, a caixa d'água existente no mercado de 250 litros, por ser encontrada em qualquer centro urbano brasileiro. Sob o ponto de vista econômico este dimensionamento maior no sistema de estocagem da água aquecida, possui a compensação com o preço da caixa d'água, encontrado no valor de R\$ 48,50, e a vantagem da possibilidade de aumento do tempo de uso do chuveiro. Para ter-se uma comparação quanto aos preços de caixa d'água, a plástica de 500 litros custa R\$ 129,00.

#### **6.2.5 O coletor solar de concreto**

Para viabilizar economicamente o projeto do coletor solar optou-se pela seleção de materiais que mantenham qualidade, baixo custo e que estejam disponíveis comercialmente na maioria das cidades brasileiras. Como é no inverno, entre os meses de junho e agosto, que ocorrem as temperaturas mais baixas e a estação em que mais se necessita de aquecimento de água na moradia, o coletor para o seu pleno funcionamento, deverá atender aos condicionantes climáticos locais. Deverão ser observadas: a posição geográfica, a inclinação da placa coletora e o volume de água a ser aquecido.

Para este estudo de caso, a placa coletora solar de concreto será baseada nos estudos de Nayak et al. (1989), Bopshetty et al.(1992); Sokolov et al. (1992); Jubran et al. (1994) e Borges (2000), que constitui-se em uma malha de PVC inserida no concreto.

Para alcançar um desempenho otimizado, para o fornecimento de água quente a 40°C, Borges (2000) estudou a simulação de sete variáveis de decisão capazes de tornar a placa coletora de concreto competitiva com as placas convencionais (visto no item 5.4.4). São elas:

- área, inclinação e azimute da placa coletora;
- altura de inserção do duto de retorno da (s) placa (s) coletora (s);

- volume do reservatório térmico;
- fator de forma do reservatório térmico (d/h);
- temperatura ajustada no termostato do reservatório

A análise dessas variáveis para o dimensionamento da placa coletora de concreto, como a sua inclinação em relação à horizontal e a sua direção (azimute) em relação ao norte geográfico, é de significativa relevância para as decisões do projeto arquitetônico, quando o objetivo é inserir o coletor na estrutura da cobertura da habitação.

A posição da moradia (edificação) dentro do lote popular, quando a sua largura é muito pequena (as dimensões da largura do lote variam entre 5 metros e 12 metros), não permite o ajuste necessário para a otimização do coletor, segundo dados obtidos por simulação. A solução a ser adotada será aquela em que ocorra uma compensação entre a situação existente, tanto em relação a posição da edificação no lote, a inclinação do telhado, como a disponibilidade de materiais existentes no mercado.

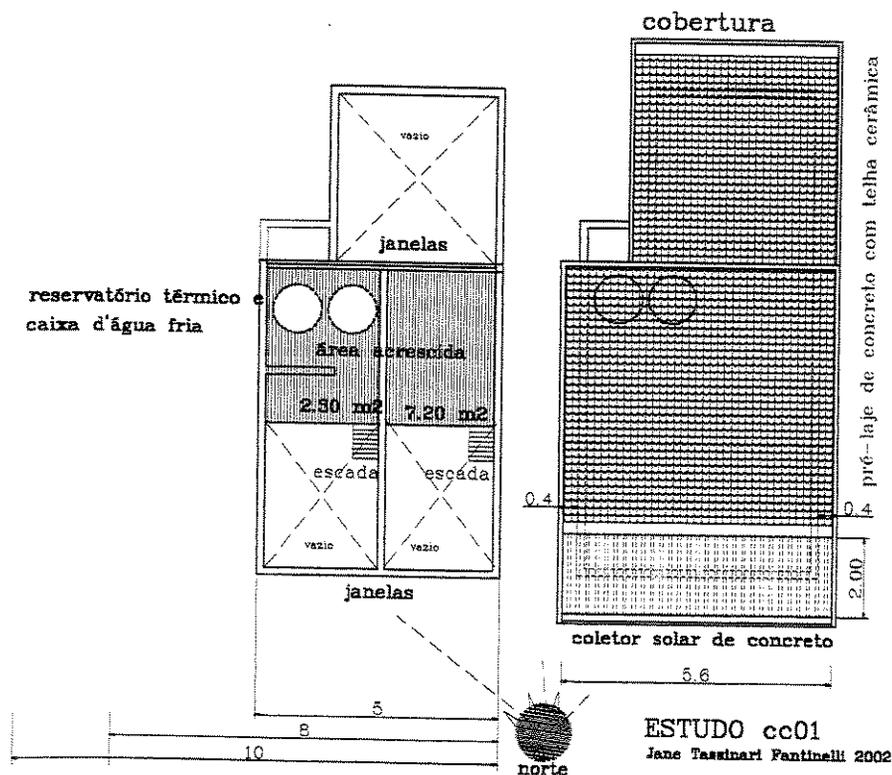
Muitas vezes os custos podem aumentar quando se busca as condições consideradas satisfatórias para um lote, local ou região, mas que se tornam proibitivas em outras situações, pela dificuldade ou impossibilidade da execução da tarefa, ou ainda, pela falta de economia de escala de alguns componentes do sistema. O importante é buscar-se um bom desempenho para o sistema de aquecimento, avaliando todas as variáveis que estejam participando do evento.

Borges estudou o dimensionamento de placa coletora de concreto, sujeita ao clima da cidade de Campinas- SP, para uma certa demanda residencial familiar. O dimensionamento otimizado resultou em um fornecimento de água quente a 40°, com circulação termo-sifão e uso de energia auxiliar para uma temperatura de 18°C. Com uma inclinação de 24°, azimute (positivo-oeste negativo-leste) de 3,06° e área de 7,44m<sup>2</sup> da placa de concreto (1900 mm x 3920 mm), a simulação previu o fornecimento de 360 litros de água aquecida para um reservatório

térmico de 1170 mm de altura, e 600 mm de diâmetro. A fração solar<sup>8</sup> anual obtida foi de 93,21%. Com esta configuração a economia solar anual foi de 66,24 %.

A Figura 6.6 mostra a planta baixa do terceiro nível proposto e a planta de cobertura, com o coletor solar ocupando a face extrema do telhado. Observe que a largura do mesmo permite que se amplie a largura do coletor até 5.70m. Se no entanto, a casa estiver posicionada para o norte, com a cobertura de menor largura, o coletor estaria condicionado a uma área menor ou teria-se que aumentar o comprimento da malha de PVC.

Figura 6.6 TERCEIRO NÍVEL PROPOSTO PARA A MORADIA POPULAR



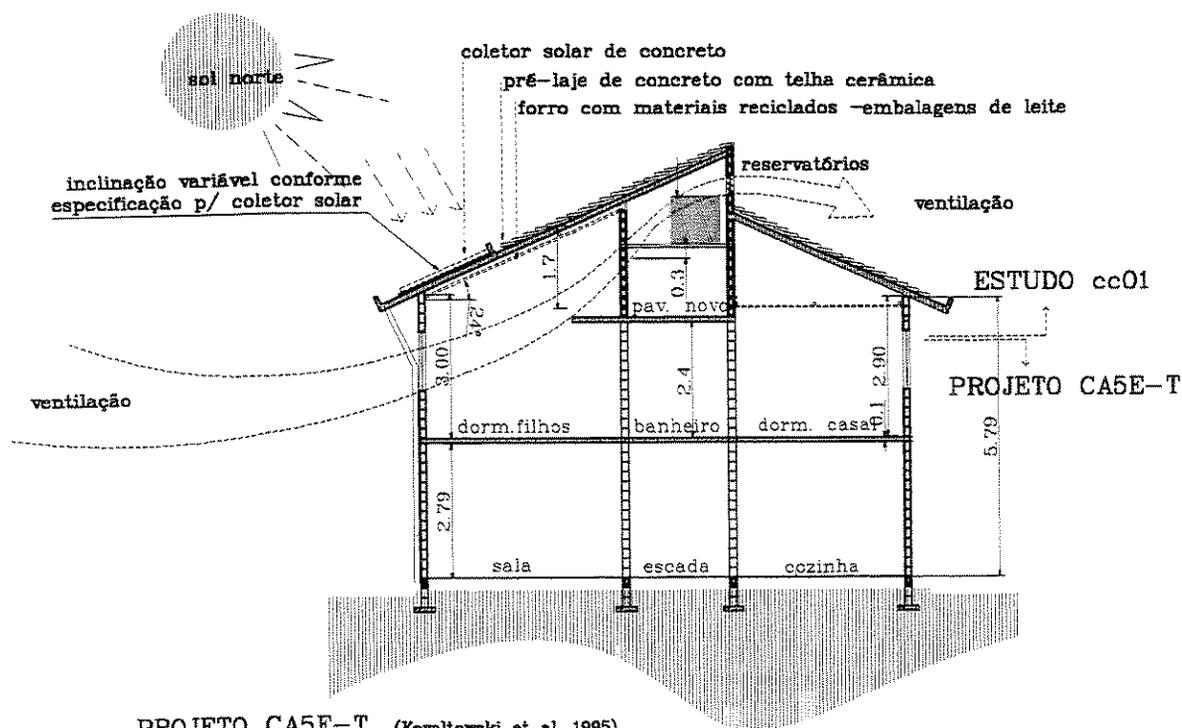
Esta adaptação entre as dimensões otimizadas do coletor e as áreas que efetivamente estarão disponíveis será uma constante nos projetos de arquitetura, devido às inúmeras tipologias que as habitações podem assumir. O importante ao se propor uma tecnologia integrada aos

<sup>8</sup> A fração solar é a parcela de energia de aquecimento que passa a ser fornecida pelo sistema solar. Quando a fração solar é alta significa que o equipamento está dimensionado para suprir a demanda com pouco uso de energia auxiliar. Os dias com condições climáticas adversas estão contemplados nesta fração (Borges, 2001).

componentes da construção é que ela possa permitir flexibilidade nas suas variáveis de eficiência, permitindo ajustes dinâmicos por parte dos projetistas da edificação, sem que o desempenho do sistema seja prejudicado.

A Figura 6.7 mostra um corte esquemático do projeto arquitetônico. O aumento do *pé direito* (altura entre pavimentos) do pavimento superior e a inclinação de 24° proposta para a laje, permite que seja criado o terceiro nível de ocupação da moradia. Nele é possível o acondicionamento das duas caixas d'água: o reservatório térmico e o de água fria. O seu posicionamento permite facilidade de acesso e vantagens para a sua inspeção e limpeza, ao mesmo tempo, economia no custo final da obra, pois evita-se a criação de uma torre especial para os reservatórios.

Figura 6.7 CORTE ESQUEMÁTICO ARQUITETÔNICO DO PROJETO DE COLETOR SOLAR INTEGRADO NA COBERTURA DA MORADIA POPULAR



PROJETO CA5E-T (Kowaltowski et al. 1995)

ESTUDO CCO1 (Jane Tassinari Fantinelli, 2002)



## 6.2.5 Os custos do coletor solar

O sistema de aquecimento solar de água proposto terá as seguintes características:

- placa de absorção de radiação solar, formado por placa de concreto com 4,0 cm de espessura. Concreto com traço de 1:3:0,6 (cimento, areia e pedra). Pintura para formação de superfície seletiva com tinta preta;
- tubos ascensores: malha de tubos marrons de PVC com 22mm e comprimento de 1800mm. “Tês” de PVC marrom, de 32mm, unidos um a um, com espaçamento de 100 mm, formará um duto por onde circulará água que depois será aquecida. Dimensões da malha 1,90 m x 4,05m (7,60m<sup>2</sup>);
- isolamento da placa coletora com a pré-laje: placas de isopor de 1cm;
- cobertura de vidro - espessura de 3mm -, para redução da convecção e irradiação;
- estocagem da água quente: caixa d’água de 360 litros, isolada para criar as condições estabelecidas por Nayak et al;
- tubos de CPVC de 32mm para a circulação da água quente;
- tubos de PVC marrom 32mm para a circulação de água fria.

**Tabela 6.9 CUSTOS DOS MATERIAIS PARA A FABRICAÇÃO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO COM COLETOR SOLAR DE CONCRETO ( 1,90m x 4,05m)**

COMPONENTES	Material	Quantidade	Preço unitário R\$	Preço parcial R\$	Sub totais R\$	TOTAL	
Coletor solar de Concreto (7,70m <sup>2</sup> )	Tubo PVC ½” a cada 10 cm	14 unid	4,13	57,82			
	Te ¾”- ½”	28 unid	0,25	7,00			
	Bucha redução ¾ - ½”	28 unid	0,16	4,48			
	Torneira ¾”	1 unid	2,57	2,57			
	Cola	2 tubos	2,67	5,24			
	Lixas	2 unid	0,30	0,60			
	Isopor 1,0m x 1,0m	8 placas	1,20	9,60			
	Tinta preta - igolflex	3,5 litros	22,90	22,90			
	Isopor e = 1cmi 1m x 0,5 m	16 placas <sup>2</sup>	0,80	12,80			
	Cimento/areia/pedra -	0,30 m <sup>3</sup>	89,00	27,00	150,00		
Cobertura transparente	Vidro – 3 mm	7,70 m <sup>2</sup>	30,00	231,00			
	Estrutura p/cobertura de vidro	7,70 m <sup>2</sup>	10,40	80,00	311,00		
	Tubo PVC ¾”	1unid (6m)	5,85	5,85			
	Tubo CPVC ¾”	3unid (3m)	15,23	45,69			
	cotovelo ¾”	3 unid	1,03	3,09			
	Luva CPVC¾”	1 unid.	0,75	0,75			
	Frangue ¾”	1 unid	2,55	2,55			
	Frangue ¾”metal	1 unid	2,80	2,80			
	Ligações hidráulicas	Tubo pescador frange metálico ¾”	1 unid	5,50	5,50		
		Fita p/vedação ½” x 10m	1 unid.	0,87	0,87		
Caixa d’água	Isolam.térmico (elumaflex) 22 mm	10 unid (2m)	1,95	19,50			
	Massa p/ calafetar 300 g	1 unid.	2,25	2,25	83,00		
TOTAL	Caixa d’água (plástica)	1 unid	-	140,00	140,00	684,00	

Na Tabela 6.9 são apresentados os custos para a fabricação do sistema de aquecimento, que inclui a placa de concreto com cobertura de vidro, a caixa d'água plástica (transformada em reservatório de água quente com isolamento alternativo) e suas ligações hidráulicas. A placa absorvedora, com uma área de 7,70m<sup>2</sup>, teve um custo de R\$ 150,00. A cobertura transparente de vidro, que faz parte da solução prevista pelos investigadores estudados no item 5.4, pelo alto custo do vidro de 3 mm - R\$ 30,00/m<sup>2</sup> – ficou em R\$ 311,00, estimando-se em torno R\$ 80,00 a estrutura para a sua fixação. Outro componente que onera o custo é a tinta preta fosca para a superfície seletiva. O menor preço encontrado foi o de uma emulsão, comercialmente conhecida como Igoflex, no valor de R\$ 22,90 (a tinta esmalte fosca custa R\$ 42,00).

#### **6.2.6 A economia de energia com o coletor solar de concreto**

O cálculo do consumo de energia elétrica em uma moradia (visto no capítulo 3), é estimado em função do tamanho da família, número de cômodos na residência, uso de equipamentos elétricos mínimos para o conforto, os rendimentos da família e a arquitetura da edificação. Apesar do objeto da tese ser o estudo de tecnologia solar para o aquecimento de água, faz-se necessária a quantificação da demanda de energia elétrica na moradia. Primeiro, para que se possa comparar o que representa a substituição do chuveiro pelo coletor solar, nos gastos com energia, e segundo, como esta economia, se houver, pode ser usufruída para outras funções.

Será considerado o número médio de 5 pessoas por domicílio (4,35 conforme tabela 6.3) e a utilização de nove pontos de luz (três dormitórios, sala de estudo, cozinha, sala, banheiro, área de serviço e iluminação externa). para as moradias autoconstruídas da cidade de Campinas. Se for considerada a casa típica quadrada, com dois dormitórios, os valores com iluminação diminuem, mas não os gastos com a energia elétrica do chuveiro.

A Tabela 6.4, de requisitos mínimos mensais de energia elétrica para a moradia proposta, foi baseada no levantamento das necessidades familiares básicas de consumo realizado por Bermann & Martins (2000) (item 3.1.1) e adaptada para o caso em estudo.

Na área do terceiro nível, onde está sendo proposta uma sala de estudo, foi colocada uma iluminação de 100 W. Igualmente na sala e cozinha, onde foi constatada a permanência com mais frequência dos moradores, foi colocada iluminação com potência de 100 W.

O consumo total de energia elétrica foi de 253 kWh/mês. Como a tarifa para consumos mensais maiores que 200 kWh é de R\$ 0,3347 kWh, o valor do gasto, com ICMS (ver estudo na tabela 3.12) foi de R\$ 96,00. Observe o significativo consumo que representa a refrigeração dos alimentos e a iluminação (Tabela 6.10).

**Tabela 6.10 REQUISITOS MÍNIMOS MENSAIS DE ENERGIA ELÉTRICA PARA A MORADIA POPULAR PROPOSTA, COM O USO DO CHUVEIRO ELÉTRICO**

Aparelhos elétricos	Potência média (watts)	Dias de uso no mês	Tempo médio de utilização por dia	Consumo médio mensal (kWh)	Tarifa de energia elétricas Sem ICMS - dez 2001 CPFL) R\$ 0,3347/ kWh	Tarifa de energia elétricas Com ICMS
Chuveiro elétrico	3.500	30	40 min	70.0	23,43	
Geladeira	200	30	10h*	60.0	20,08	
6 lâmpadas (60W)	6 x60	30	5h	54.0	18,07	
3 lâmpadas (100W)	3 x 100	30	5h	45.0	15,06	
Lava-roupas	1.500	12	30 min	9.0	3,01	
Ferro elétrico	1.000	12	1h	12.0	4,02	
Aparelho de som	20	30	4h	3.0	1,00	
<b>TOTAL</b>	<b>5880</b>			<b>253 kWh/mês</b>	<b>R\$ 84,67</b>	<b>R\$ 96,00</b>

\*Bermann e Martins (2000) consideraram o tempo médio de utilização de 10h para geladeira referindo-se ao período em que o compressor fica ligado. (1 kwh= 3.600 kJ)

Se fossem substituídas as lâmpadas tradicionais (6 x 100 W + 3 x 60W) pelas fluorescentes compactas, o consumo em iluminação de 99 kWh/mês iria para 23,40 kWh/mês, como mostra a Tabela 6.11 com uma economia de mais de 76%.

**Tabela 6.11 REDUÇÃO DO CONSUMO COM A SUBSTITUIÇÃO DAS LÂMPADAS TRADICIONAIS E DO CHUVEIRO**

Aparelhos elétricos	Potência média (watts)	Dias de uso no mês	Tempo médio de utilização/dia	Consumo médio mensal (kWh)	Tarifa de energia elétrica sem ICMS - dez 2001 (CPFL) 0.2265 R\$/kWh
6 lâmpadas* (20 W)	6 x20	30	5h	18	4,07
3 lâmpadas*(12) W)	3 x 12	30	5h	5.4	1,22
<b>TOTAL</b>	<b>360</b>			<b>23.40 kWh</b>	<b>R\$ 5,29</b>

A substituição do chuveiro pelo coletor solar de concreto, considerando que a placa coletora possua uma fração solar anual estimada entre 88% e 93% (Borges, 2001) permite uma economia mensal com a energia elétrica de 63 kWh/mês (70 kWh x 0,90%), ou seja de 90%.

A nova tabela abaixo, com a redução de consumo, mostra que os requerimentos energéticos caem de 253 kWh/mês para 114,40 kWh/mês, com 55% de economia. Os gastos passam de R\$ 96,05 para R\$ 39,59, representando uma economia mensal de 59%. Este resultado é explicado pela tarifa diferenciada entre uma faixa de consumo e outra.

**Tabela 6.12 REQUISITOS MÍNIMOS MENSIS DE ENERGIA ELÉTRICA PARA A MORADIA POPULAR PROPOSTA, COM O USO DO COLETOR SOLAR DE CONCRETO**

Aparelhos elétricos	Potência média (watts)	Dias de uso no mês	Tempo médio de utilização/dia	Consumo médio mensal (kWh)	Tarifa de energia elétrica dez 2001 (CPFL) R\$ 0,2231 R\$/kWh	Tarifa de energia elétrica Com ICMS
Chuveiro elétrico	3.500	30	40 min	7.0	1,56	
Geladeira	200	30	10h**	60.0	20,08	
6 lâmpadas* (20 W)	6 x 20	30	5h	18.0	4,02	
3 lâmpadas*(12) W)	3 x 12	30	5h	5.4	1,21	
Lava-roupas	1.500	12	30 min	9.0	3,01	
Ferro elétrico	1.000	12	1h	12.0	4,02	
Aparelho de som	20	30	4h	3.0	1,00	
<b>TOTAL</b>	<b>5880</b>			<b>114,40 kWh/mês</b>	<b>R\$ 34,90</b>	<b>R\$ 39,59</b>

\*Foi considerado o uso de lâmpadas fluorescentes compactas.

Se as lâmpadas não forem substituídas e só for implementado a construção do coletor solar de concreto, o consumo total de energia elétrica fica em 190 kWh/mês, o que representa uma economia mensal de 63 kWh, ou 90% sobre o gasto com chuveiro anterior. As despesas passam de R\$ 96,00 para R\$ 65,55, ou seja uma economia de 32%.

**Tabela 6.13 REQUISITOS MÍNIMOS MENSIS DE ENERGIA ELÉTRICA PARA A MORADIA POPULAR PROPOSTA, COM O USO DO COLETOR SOLAR DE CONCRETO**

Aparelhos elétricos	Potência média (watts)	Dias de uso no mês	Tempo médio de utilização por dia	Consumo médio mensal (kWh)	Tarifa de energia elétricas Sem ICMS - dez 2001 CPFL) R\$ 0,2231 R\$/kWh	Tarifa de energia elétricas Com ICMS
Chuveiro elétrico	3.500	30	40 min	7.0	1,56	
Geladeira	200	30	10h**	60.0	20,08	
6 lâmpadas (60W)	6 x 60	30	5h	54.0	18,07	
3 lâmpadas (100W)	3 x 100	30	5h	45.0	10,04	
Lava-roupas	1.500	12	30 min	9.0	3,01	
Ferro elétrico	1.000	12	1h	12.0	4,02	
Aparelho de som	20	30	4h	3.0	1,00	
<b>TOTAL</b>	<b>5880</b>			<b>190 kWh/mês</b>	<b>R\$ 57,78</b>	<b>R\$ 65,55</b>

Os gastos anuais com energia elétrica da família, que eram de 3036 kWh – R\$ 1.152,00 – passam para 2.280 kWh ou R\$ 786,60, com uma economia anual de R\$ 366,00.

A economia de energia elétrica obtida com o estudo de caso apresentado, de aproximadamente 32%, mostra as vantagens da utilização de tecnologia solar de aquecimento para as populações pobres. Os estudos apresentados neste capítulo mostram, também, que existe a possibilidade da integração do sistema de aquecimento solar na estrutura da moradia popular, quando o planejamento é feito com antecedência.

As estratégias da arquitetura bioclimática também podem estar aliadas às soluções que visem possibilitar que comunidades pobres, inclusive as isoladas do atendimento de energia elétrica, venham dispor de aquecimento de água para os mais diversos usos na moradia. As soluções devem abranger o conforto dos moradores nos seus mais diversos aspectos, desde os ligados às condições de conforto interno do seu habitat, aos que venham significar melhoria na qualidade de vida dos moradores, como o de dispor de água aquecida para higienização pessoal e da moradia. As estratégias para a melhoria do desempenho térmico das edificações podem estar sendo propostas em conjunto com as que forem oportunas para o aquecimento de água, e de acordo com as características climáticas de cada região brasileira.

A possibilidade de que os próprios moradores venham a construir estes sistemas, de aquecimentos solar de água, está relacionada ao levantamento de todos os condicionantes que influenciam a sua viabilidade, desde os climáticos, aos técnicos, culturais e econômicos. No capítulo a seguir será relatada a experiência realizada com a autoconstrução de um sistema, com coletores de concreto, em condições reais de utilização.

## **Capítulo 7**

### **O projeto e a experiência**

Para verificar a possibilidade da autoconstrução e a aferição da satisfação do usuário com um sistema econômico de aquecimento solar de água, foi realizada uma experiência em uma residência, na cidade de Campinas, com a construção de um coletor de concreto. O estudo visou estabelecer a possibilidade da integração e construção da placa coletora de concreto e dos demais componentes do sistema, com materiais alternativos. Foram observados e avaliados os condicionantes ligados à execução das tarefas mais elementares por parte dos trabalhadores, como corte, moldagem, colagem dos componentes, montagem e execução do coletor, até as decisões de caráter técnico-econômico e de conforto obtido pelos usuários.

#### **7.1 Os condicionantes e a adaptação**

Alguns condicionantes pré-existentes determinaram uma série de decisões que passaram a determinar o tipo de solução adotada. Primeiramente, o de viabilizar a sua execução dentro do prazo do mestrado, com duração de dois anos. A segunda, de dispor de uma habitação em que se pudesse testar a proposta. Diante da concordância do proprietário da moradia em que reside o autor, para que se fizesse nela a experimentação, algumas alterações foram feitas para a viabilização de uma proposta.

A moradia se situa num bairro residencial formado numa zona rural, próximo da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), no distrito de Barão Geraldo, onde os lotes

possuem área de 1200 m<sup>2</sup>. Não se trata de habitação popular, nos padrões da cidade, apesar de possuir alvenaria de tijolos de concreto sem reboco. O forro é formado por laje inclinada de concreto pré-moldado (12cm), coberto com telha do tipo *francesa*. Está inserida numa área arborizada, com pátio gramado e com grande quantidade de árvores frutíferas e nativas. Possui as principais funções da casa voltadas para o leste e norte geográfico, o que lhe confere, tanto no inverno como no verão, um bom condicionamento ambiental. A iluminação zenital projetada no alto da inclinação do forro faz com que somente à noite seja necessário o uso de iluminação artificial.

A residência é ocupada por um casal de estudantes, com um consumo mensal de energia elétrica de 110 kWh/mês. As lâmpadas são todas fluorescentes econômicas (20 W) e somente são acesas à noite. Os eletrodomésticos se constituem em refrigerador, máquina de lavar roupa, rádio, televisor, ventilador e dois computadores. O chuveiro instalado possui uma potência de 5400 W<sup>1</sup>. É hábito dos moradores um a dois banhos quentes no final do dia, entre 18 e 22 horas, de 8 minutos, com uma temperatura entre 35°C a 38°C. O consumo de água, por banho, foi medido: 16 litros de água, para cada morador. Para os serviços de limpeza na cozinha, foi estimado o consumo diário de 60 litros. A água provém de poço, retirado por bomba, com potência de 300 W.

Foi escolhida a parte da casa que reunisse as melhores condições para que sua estrutura pudesse abrigar o coletor solar. Uma varanda de 12,50m<sup>2</sup>, posicionada para a direção norte geográfico (azimute), já construído com laje pré-moldada de concreto, foi considerada a condição ideal. Embora a inclinação de sua cobertura, de 15,33 ° em relação à horizontal, não se constituísse na melhor inclinação para a placa solar, para os meses mais frios na cidade de Campinas (latitude + 10°, Borges (2000), Camargo (2000)), que são os de junho a agosto, considerou-se viável testar a sua execução.

---

<sup>1</sup> O comércio local (distrito de Barão Geraldo) não comercializa chuveiro com potência menor.

## 7.2 Os materiais selecionados e a viabilidade econômica

Visto que os coletores solares se destinam aos segmentos com renda muito baixa, os critérios para a seleção dos materiais levaram em conta alguns fatores como a facilidade de manuseio, o preço, a qualidade do material e sua disponibilidade comercial em todo o território brasileiro.

Para viabilizar economicamente o coletor em estudo, foi efetuado o levantamento de preços dos diversos materiais que poderiam constituir a rede de tubos. A tabela abaixo mostra a grande diferença de preço dos materiais, principalmente a dos conectores.

Tabela 7.1 PREÇOS DE MATERIAIS

Materiais	Tamanho comercial	Preço R\$	Preço R\$ (m)	Preço R\$ (m)	Preço R\$	Preço R\$	Preço R\$
		Cano ½ ”	Cano ½”	cano ¾”	Te ¾”x ¾”	Te ¾” x ½”	Redução ¾” x ½”
cobre	5 m	16,31	3,26	22,46	2,15 - 1,10	4,54 - 3,08	-
CPVC*	3 m	8,59	2,86	15,23	0,84	1,70	0,24
PVC rosqueável	6 m	5,36	0,89	9,42	0,80		0,27
PVC soldável	6 m	4,32	0,72	5,36	0,80	0,25	0,16
Telha de fibra incolor	2.13m x 1.10m		R\$ 27,50				
Telha de fibra incolor	2.44m x 1.10m		R\$ 31,40				
Poliuretano expandido	1m x 0.50m x 0,02m		R\$ 1,20				

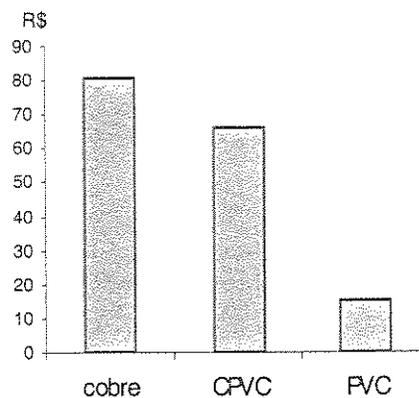
Preço do dólar em julho de 2001, R\$ 2,48.

A tomada de decisão pelos tubos soldáveis de PVC levou em consideração, além dos relatos dos trabalhos de Nayak et al. (1989), e Jubrans et al. (1994), que não identificaram problemas com a descolagem e vazamentos dos tubos de PVC quando inseridos no concreto, a facilidade de execução e os preços finais da rede e componentes, comercialmente os mais baixos em relação aos demais.

Mesmo que os tubos de cobre tenham melhor desempenho para a eficiência do aquecimento, e os tubos de CPVC suportem temperaturas de aquecimento em torno de 80 °C e sejam de fácil soldagem (com cola), seus preços inviabilizam o uso em coletores econômicos.

A composição de custo, para um metro quadrado de coletor, com os materiais pesquisados, ficou assim: para o cobre R\$ 80,78 (US\$32,57)<sup>2</sup>; para o CPVC, R\$ 66,30 (US\$26,73); e para PVC, soldável R\$ 15,17 (US\$ 6,12). Se usada a cobertura de telha fibra de vidro translúcida para a proteção do coletor, os custos passam para mais R\$ 11,75 (US\$4,44), por metro quadrado. Não foram incluídos os gastos com a mão de obra, pois a proposta é de que o próprio morador seja treinado para executar a tarefa de montagem do coletor.

Gráfico 7.1 CUSTOS DA REDE DE TUBOS COM DIVERSOS MATERIAIS



### 7.3 O uso de materiais recicláveis para a melhoria do desempenho do coletor

O aproveitamento de materiais recicláveis para a melhoria do desempenho do coletor, como a embalagem de bebidas, foi considerado como uma alternativa viável ao projeto desenvolvido por Nayak et al. (1989), Bobshetty et al.(1992), Sokolov et al. (1992), Jubran et al. (1994) e Borges (2000). A disponibilidade destes materiais, encontrada em qualquer centro urbano do Brasil em grande quantidade como sucata, possibilita que o próprio morador faça a coleta, reduzindo ainda mais o custo final do coletor.

Dois materiais foram selecionados: as embalagens plásticas e de alumínio de bebidas. As propriedades físicas do alumínio fazem-no bom condutor de calor. As do plástico PET permitem que a radiação solar transponha o material e ao mesmo tempo impeça a irradiação dos raios infravermelhos. A condição de fácil manuseio e modelagem permitiu que fossem

<sup>2</sup> Dólar em julho de 2001 = R\$ 2,45.

aproveitados para a melhoria do desempenho térmico do coletor. As Figuras de 7.2 a 7.7 mostram o trabalho efetuado com as sucatas.

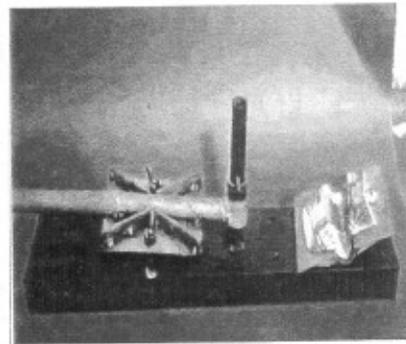
Figura 7.2 Corte das embalagens de plástico PET



Figura 7.3 Corte das embalagens de alumínio



Figura 7.4 Ferramenta desenvolvida para moldar as aletas



As embalagens de refrigerantes e cerveja, ao serem constituídas por fina camada de alumínio (Figura 7.2), podem ser transformadas em aletas. São achatadas, facilmente moldadas em um instrumento desenvolvido para esta função (Figura 7.4), e finalizadas com um trabalho artesanal, uma a uma. O tempo de produção é de três minutos.

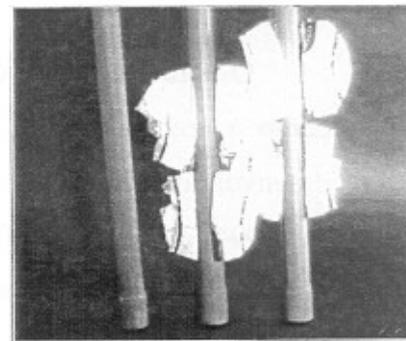
Figura 7.5 MOLDAGEM DAS ALETAS



Figura 7.6 PERFIL DAS ALETAS



Figura 7.7 ALETAS E TUBOS DE PVC



A cobertura transparente necessária para o coletor pode ser construída com a embalagem plástica PET. A facilidade do corte da garrafa, com estilete e tesoura (2 minutos para cada embalagem), permite que o próprio autoconstrutor realize esta tarefa, sem despendar muito tempo.

O aproveitamento de material reciclado representa uma economia para o autoconstrutor, pois pode melhorar o desempenho de seu coletor solar sem custos adicionais, e para a sociedade, pois parte das embalagens plásticas que são jogadas nos lixões e rios passarão a ser recicladas.

A Tabela 7.2. mostra o reaproveitamento de embalagens coletadas e o preço de venda que os catadores de lixo recebem quando vendem um lote de até 50 kg. Observe que nas embalagens plásticas existe uma quantia que ainda pode ser vendida e reciclada.

**Tabela 7.2 APROVEITAMENTO DO MATERIAL DE COLETA**

Embalagem	Material	Peso p/unidade	Quantidade p/kg	Aproveitamento no coletor	A reciclar	Preço p/kg
Latinha de refrigerante	alumínio	14,20 gramas	70 a 72	5,57g (só lâmina)	7,71g	R\$ 2,20
Latinha de refrigerante	alumínio	14,20 gramas	70 a 72	14,20g (latinha inteira)	-	R\$ 2,20
Garrafa de refrigerante	PET	48,97 gramas	18	23,07g	25,97g	R\$ 0,30

Para as diversas funções do sistema de aquecimento de água foram selecionados diversos materiais, considerando seu preços e suas funções, especificados na Tabela 7.3.

**Tabela 7.3 MATERIAIS UTILIZADOS PARA O SISTEMA DE AQUECIMENTO COM PLACA SOLAR DE CONCRETO**

Materiais	Função	Observações
Tubos em PVC – soldável - de 20 mm(½")	Tubos ascensores	Forma uma malha nas dimensões necessárias
Componentes em PVC - Te de 25 mm(¾")	Formar o duto para a água quente e fria	Tês unidos um a um e colados na rede
Tubos em CPVC <sup>3</sup> – 25 mm (¾")	Tubo condutor de água quente	Isolados com poliuretano expandido
Tubos em PVC – 25 mm (¾")	Tubo condutor de água fria	Isolados com poliuretano expandido
Poliuretano expandido	Isolamento dos tubos de água quente e fria	Comercialmente conhecido p/iluma-flex
Latínhas de bebidas transformadas em aletas	Melhoria na transferência do calor	Colocadas a cada 10 cm nos tubos de ½"
Emulsão asfáltica polimérica	Melhorar o contato entre aleta e tubo ascensor	Fixação da aleta e no tubo
Isopor (poliuretano expandido) 10cm x 4cm	Auxiliar a fixação das aletas	Colocados entre os tubos de PVC
Concreto	Formar a placa solar	Espessura de 4 cm, com traço de 1:3:0,6
Emulsão asfáltica	Superfície absorvedora	Uma demão de pintura
Plástico PET	Reduzir as perdas por convecção na placa absorved.	Simulação de uma cobertura
Caixa d'água de fibro-cimento	Estoque da água aquecida	500 litros
Caixa d'água de fibro-cimento	Estoque da água fria	500 litros
Madeira – casca de arroz – estopa de algodão	Isolamento do reservatório térmico	Face superior manta de algodão

<sup>3</sup> Marca Aquaterm da Tigre.

## 7.4 O sistema de aquecimento

O sistema de aquecimento solar de água com placas de concreto, ficou composto por:

- Placa da absorção de radiação solar constituída por: placa de concreto, tubos de PVC, aletas de alumínio, isopor e cobertura com elementos transparentes.
- Estoque da água quente e fria: constituído por reservatórios de fibro cimento (isolado com materiais alternativos) e dutos de PVC e CPVC.

### 7.4.1 A placa de absorção da radiação solar

A laje pré-moldada de concreto da cobertura ficou com a função de forro da moradia (varanda) e estrutura para a placa absorvedora da radiação solar. Uma série de tubos de PVC soldáveis, de 20mm de diâmetro ( $\frac{1}{2}$ " ), colados a uma série de Te de 25mm ( $\frac{3}{4}$ " ), com um espaçamento de 40mm de vão livre (65mm no eixo), formou a rede por onde circula a água que será água aquecida. Ver Figura 7.8.

Estes tubos foram envolvidos pelas aletas de alumínio, fabricadas a partir da sucata de recipientes de alumínio<sup>4</sup>, refrigerantes e cervejas (Figura 7.9), e concretados (massa de cimento, areia e pedra) com uma espessura de 40mm.

Fig. 7.8 REDE E COMPONENTES DE PVC Fig. 7.9 DETALHE DOS TUBOS, ALETAS E ISOPOR

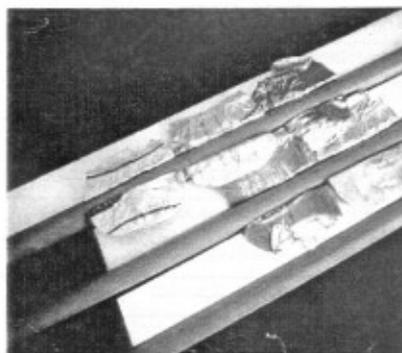
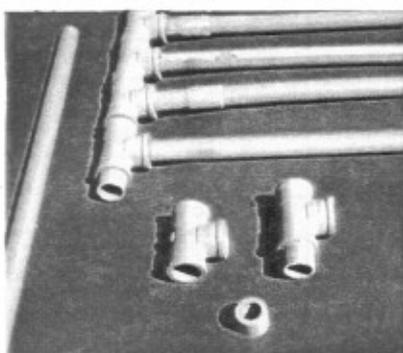


Fig. 7.10 PINTURA INTERNA DAS ALETAS

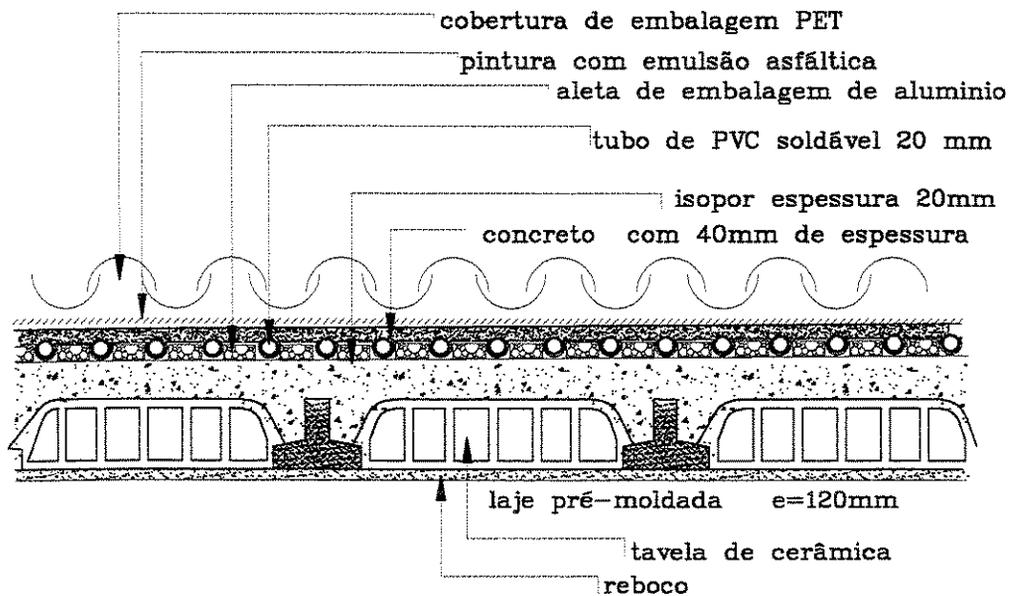
<sup>4</sup> O ciclo de vida de uma latinha é de cerca de 42 dias. Durante esse período ela é produzida, enchida, exposta no ponto de venda, consumida, sucata, processada e reciclada para se tornar uma nova lata. Passou a ser usada no Brasil a partir de 1975. A bauxita é o minério bruto do qual se obtém o alumínio. O Brasil tem uma das três maiores reservas de bauxita do mundo. Cada mil kg de alumínio reciclado significa cinco mil kg de bauxita poupados. Para reciclar uma tonelada de alumínio são gastos apenas 5% da energia que seria utilizada para se produzir uma tonelada de alumínio primário. A reciclagem da latinha no Brasil é de 67%. (site: [www.alcan.com.br](http://www.alcan.com.br), e site [www.unicef.org/brasil](http://www.unicef.org/brasil)).

O alumínio, por ser um bom condutor de calor, foi usado para aumentar a transmissão do calor, obtida pela radiação solar que incide entre os tubos de PVC. As aletas foram moldadas com o uso da latinha inteira para facilitar a sua execução.

Para melhorar o contato térmico, entre aletas e tubos, a face interna da aleta e a externa dos tubos de PVC, foram pintadas com emulsão asfáltica polimérica. A emulsão ao ser aquecida pelo sol torna-se pastosa, facilitando a solda entre os componentes (Figura 7.10).

O mecanismo de aquecimento da água acontece da seguinte maneira: a energia solar é absorvida pelo concreto e aletas de alumínio, que em contato com a malha de tubos de PVC, aquece a água que se encontra no seu interior. Embora a temperatura admitida dos tubos de PVC soldáveis seja de 20°C, a bibliografia pesquisada não reporta problemas de vazamento quando aquecidos no interior da placa de concreto.

Figura 7.11 CORTE ESQUEMÁTICO DO COLETOR SOLAR DE CONCRETO

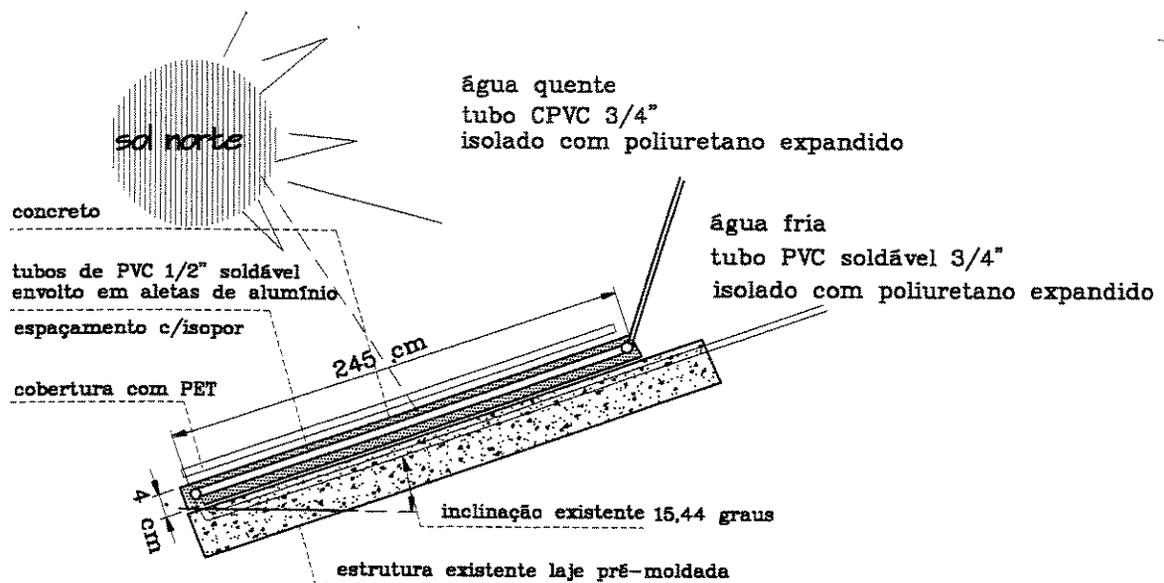


Entre os tubos de PVC, e embaixo das aletas de alumínio, foram colocadas faixas de poliuretano expandido (isopor) com 20mm de espessura, 40mm de largura e 100mm de

comprimento. Foi deixado um espaçamento de 60mm entre cada aleta, no sentido longitudinal, para facilitar a penetração do concreto e evitar espaços vazios (Figura 7.11).

A função do isopor é a de isolar a parte inferior das aletas de alumínio, evitando que a energia solar absorvida passe para a laje pré-moldada, e, conseqüentemente, para o interior da edificação. Além disso, auxilia o ajuste das aletas nos tubos de PVC, tanto na altura quanto na largura, melhorando o contato entre eles e facilitando a aplicação da massa de areia, cimento e pedra (concreto).

Figura 7.12 DETALHE DO SISTEMA DA PLACA COLETORA DE CONCRETO



Sobre o coletor ainda está sendo proposto a colocação de uma camada de elementos transparentes, fabricados com sucatas de garrafa plástica PET<sup>5</sup> (Figura 7.12) formando uma cobertura, com as funções de:

- provocar o efeito estufa e assim reforçar a capacidade do coletor de armazenar calor.

Os materiais transparentes como vidro e plástico tem a propriedade de permitir que a

<sup>5</sup> O PET foi desenvolvido em 1941 pelos químicos ingleses Whinfield e Dickson. Passou a ser utilizado na fabricação de embalagens de bebidas e alimentos no início da década de 1980. São reciclados através de processos mecânicos. O Brasil recicla apenas 15%, transformando-se em vassouras, cordas e escovas. O refugo destas embalagens ocupa muito espaço nos aterros devido a dificuldades de compactação e por sua baixa degradação. Leva 45 anos para se decompor na natureza. (Site- [www.unicef.org/brasil/lixoecidadania](http://www.unicef.org/brasil/lixoecidadania), e Informativo Recicloteca N°4 - janeiro, fevereiro e março de 1998).

radiação solar passe por eles, impedindo, no entanto, que a radiação infravermelha emitida pelos corpos ou materiais aquecidos seja irradiada para o exterior;

- reduzir as perdas de calor por convecção, evitando o resfriamento da placa de concreto por ventos e chuvas.

A substituição da cobertura transparente do vidro, material tradicionalmente usado nos coletores comerciais, pelo plástico PET - poly(ethylene terephthalate) - se fundamenta na diminuição dos custos, na facilidade de obtenção através de coleta, e na propriedade deste material de ser resistente à degradação dos raios ultravioletas e das intempéries em geral.

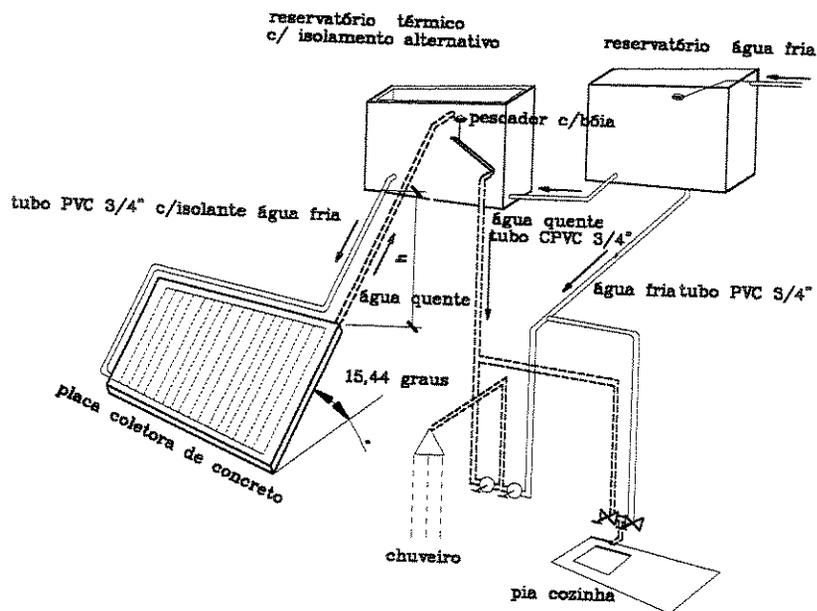
Os polímeros por suas propriedades óticas, pela leveza e transparência, resistência aos impactos, e baixo custo em relação ao vidro, têm sido usado como solução para a cobertura transparente dos coletores. Alguns polímeros têm sido fabricados com uma composição de filmes especialmente feitos para poderem resistir à ação do sol, entre eles, se encontra o polyester semicristalino PET - poly(ethylene terephthalate). É comumente utilizado para embalagens e aplicações em fibras. A expectativa de resistência de uma camada de filme PET exposta ao ar é 20 anos. A temperatura máxima de operação 93 °C (Feldeman, 1989). A temperatura de fusão é de 250°C (Matweb, 2001).

Existe outra possibilidade que é a do uso de telhas de fibra de vidro incolor, fabricadas por diversas empresas, e comercializadas em todo o país, em diversas dimensões. Pelo fácil manuseio e custo relativamente pequeno, podem ser trocadas quando do fim de sua vida útil.

#### **7.4.2 O reservatório de água aquecida**

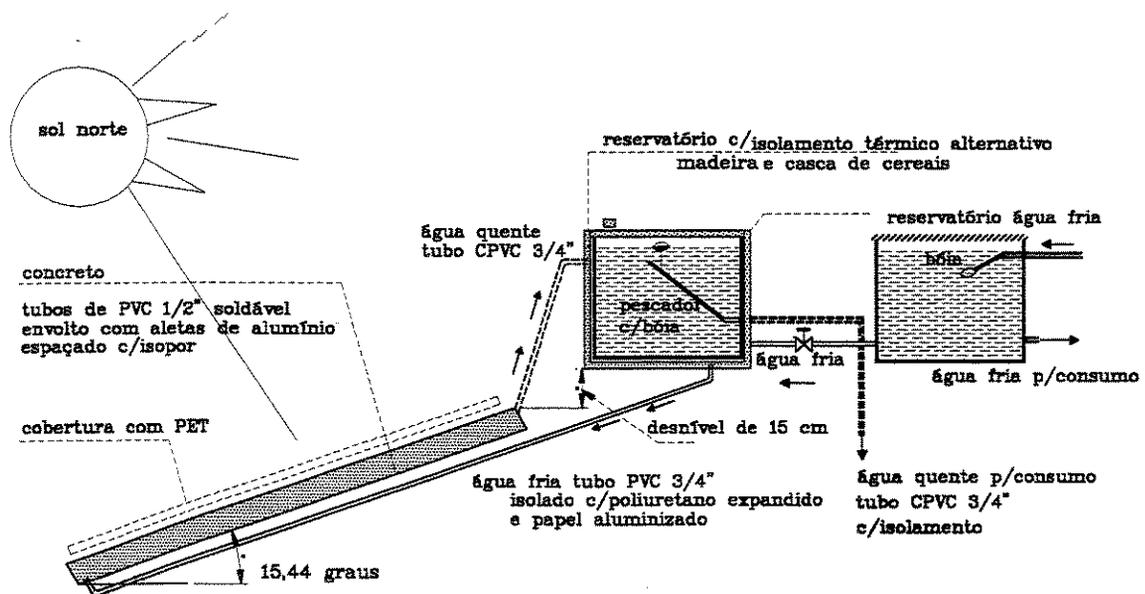
Como foram preservadas as caixas d'água de fibro-cimento, a alimentação do sistema do coletor de concreto foi feita pelo reservatório escolhido para ser também o de estoque de água aquecida, o qual foi ligado ao de água fria. Para o isolamento térmico foi feito um sanduíche de isopor com 10mm de espessura e papel amassado (jornais). Poderão ser usados os materiais típicos de cada região, como os oriundo do descaque de cereais, como palha de arroz, trigo, sabugo de milho moído, etc.

Figura 7.14 ESQUEMA ISOMÉTRICO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR COM PLACA DE CONCRETO



A circulação da água foi feita de forma natural, através do sistema termo-sifão. Este sistema de circulação se baseia na diferença de densidade, em função das diferentes temperaturas entre a água existente no reservatório e no coletor. A água quente que vem do coletor permanecerá na parte superior do reservatório, enquanto a água fria, com maior densidade, ficará no fundo, deslocando-se novamente para a rede de dutos do coletor. Quando houver equilíbrio térmico entre eles a circulação cessará (Figura 7.13).

Figura 7.13 ESQUEMA DO SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA COM COLETOR SOLAR DE CONCRETO



Para que ocorra naturalmente esta circulação foi deixado um desnível de 15 cm, entre a saída de água quente do coletor e o nível inferior do reservatório térmico.

A captação da água quente foi feita na parte superior, por meio de um tubo-pescador com bóia. À medida que a água quente vai sendo consumida, o pescador vai acompanhando o nível da água, até chegar ao estrato frio. Isto só ocorrerá quando o consumo superar a capacidade de estoque de água quente.

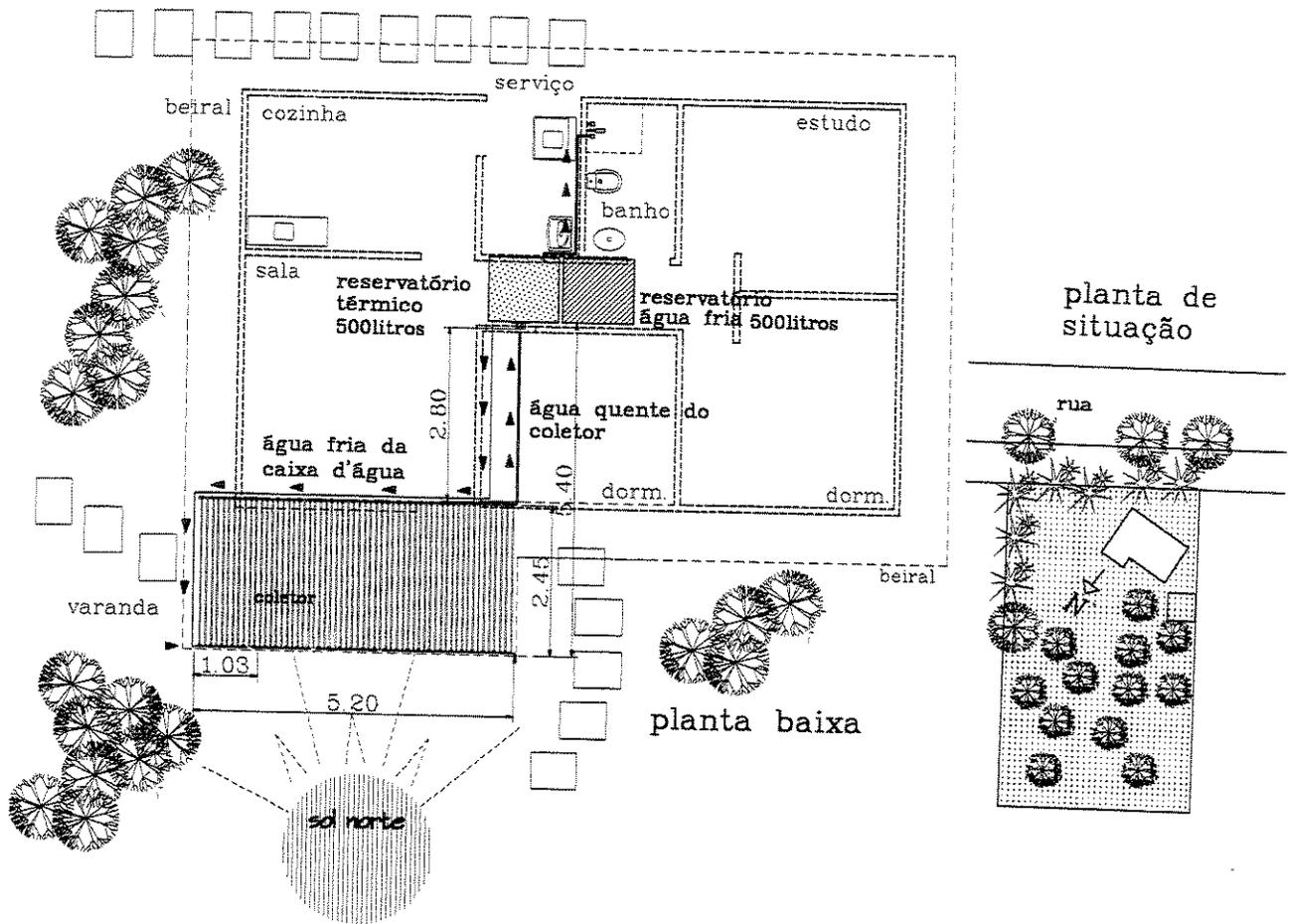
Como o trabalho ora apresentado está direcionado às populações pobres, para reduzir custos, não foram usados o resistor interno e o termostato no reservatório de água quente. Propõe-se que quando houver dias sucessivos de ausência de insolação, deverá ser utilizado o aquecedor de passagem com energia elétrica convencional (chuveiro).

### **7.5 A construção do coletor de concreto**

Como dito anteriormente, a posição do coletor foi determinada em função de fatores existentes, a fim de viabilizar sua execução e desempenho. Tais condicionantes foram a orientação solar, a existência de pré-laje de concreto na varanda da moradia, e a existência de duas caixas d'águas com alturas suficientes para se tirar proveito da circulação natural da água devido às diferenças de densidades apresentada com a variação da temperatura.

Para a execução do coletor solar de concreto foi retirado o telhado existente na varanda, e sobre a laje foi colocada a rede de tubos de PVC. Optou-se por obter o máximo aproveitamento da área existente, o que levou ao corte das barras, de 6m, do tubo marrom de PVC, em 2 partes de 2,38m e uma de 1,22m. Os componentes passaram a ser colados para a formação de módulos no canteiro de obras e posteriormente montados sobre a laje da cobertura da varanda.

**Figura 7.15 PROJETO ARQUITETÔNICO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR  
COM PLACA COLETORA DE CONCRETO COM MATERIAIS ALTERNATIVOS**



**Figura 7.16 CORTE ESQUEMÁTICO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR**

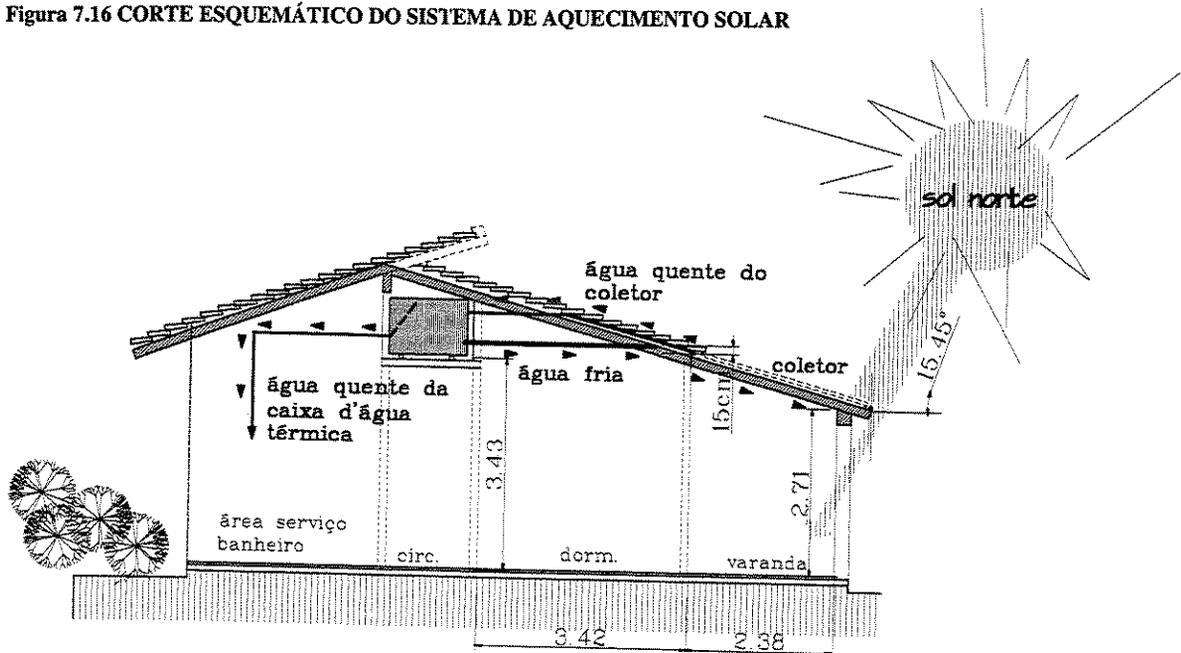


Figura 7.17 VISTA DA MORADIA E DO INÍCIO DA CONSTRUÇÃO DO COLETOR SOLAR NA VARANDA



O módulo adotado possuiu 20 tubos de PVC - no total 4 módulos. A malha inteira ficou com 80 tubos de 1/2", colados a 160 Te de 3/4", com espaçamento útil de 4cm (6,50cm no eixo do Te). Entre os tubos foram colocadas 1280 placas de isopor, de 4cm x10cm x 2cm, e 1280 aletas de alumínio de embalagens de refrigerantes e cerveja.

A rede hidráulica, tanto de entrada de água fria (tubos de PVC 3/4"), como a de saída de água quente (tubos de CPVC 3/4") do coletor solar, foi isolada térmicamente com poliuretano expandido.

FIGURA 7-18 DETALHE DO MÓDULO ESTUDADO PARA A REDE DE TUBOS DE PVC

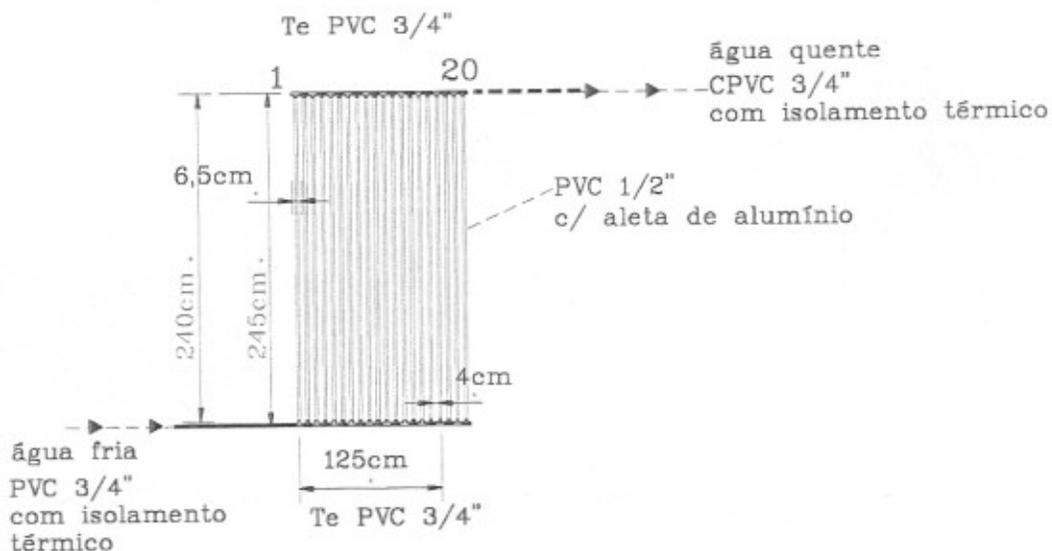


Figura 7.19 COLAGEM DOS COMPONENTES DE PVC



Figura 7.20 MÓDULO DA REDE SENDO COLOCADO NA COBERTURA DA VARANDA DA MORADIA

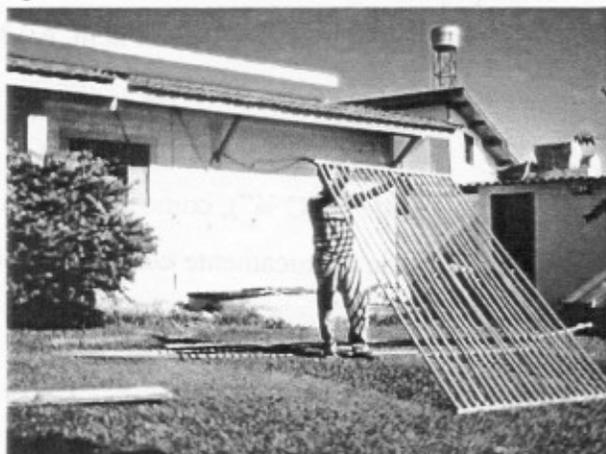


Figura 7.21 A REDE DE TUBOS DE PVC SENDO INSTALADA NA COBERTURA



Figura 7.22 COLOCAÇÃO DAS ALETAS DE ALUMÍNIO E ISOPOR NA REDE DE TUBOS DE PVC

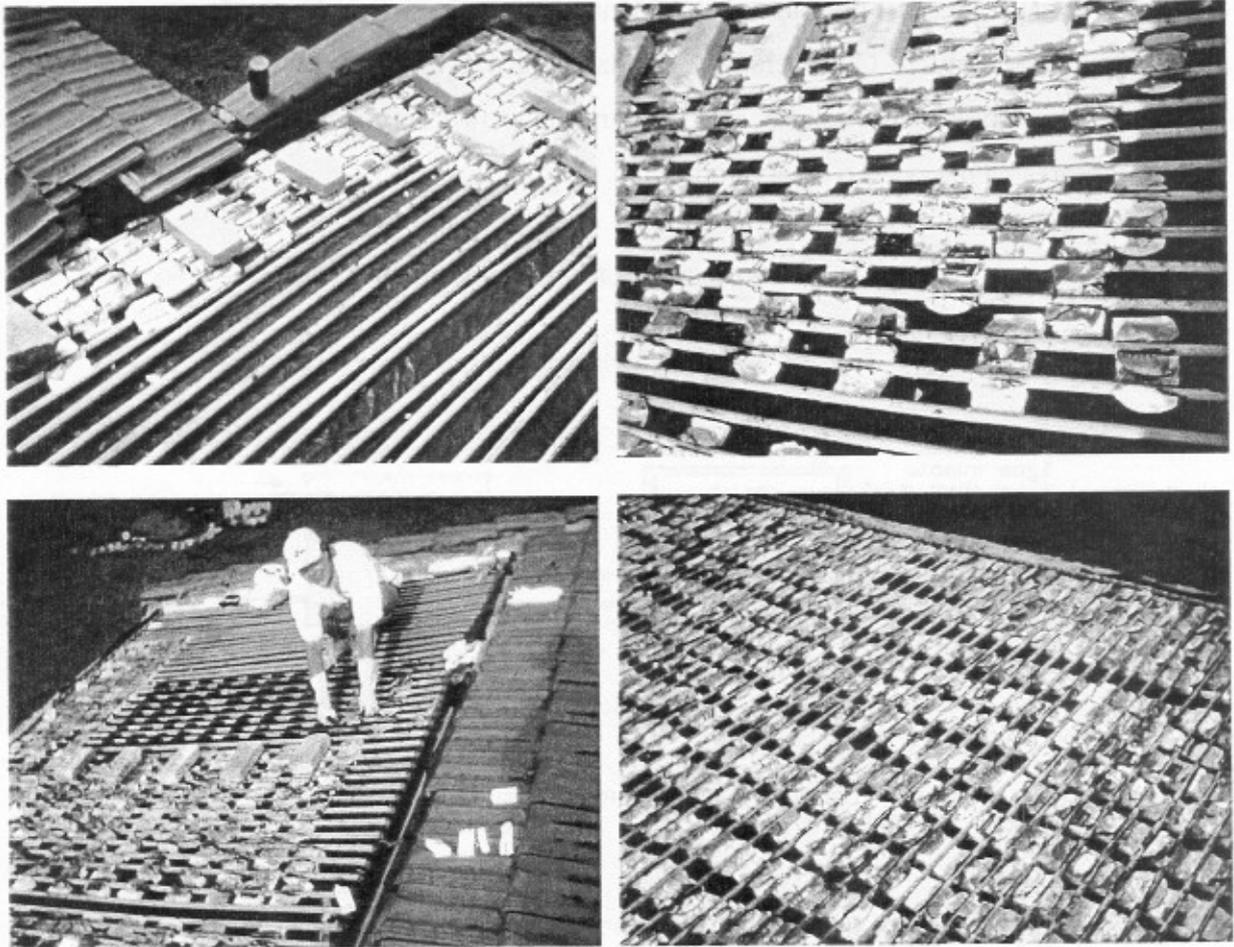
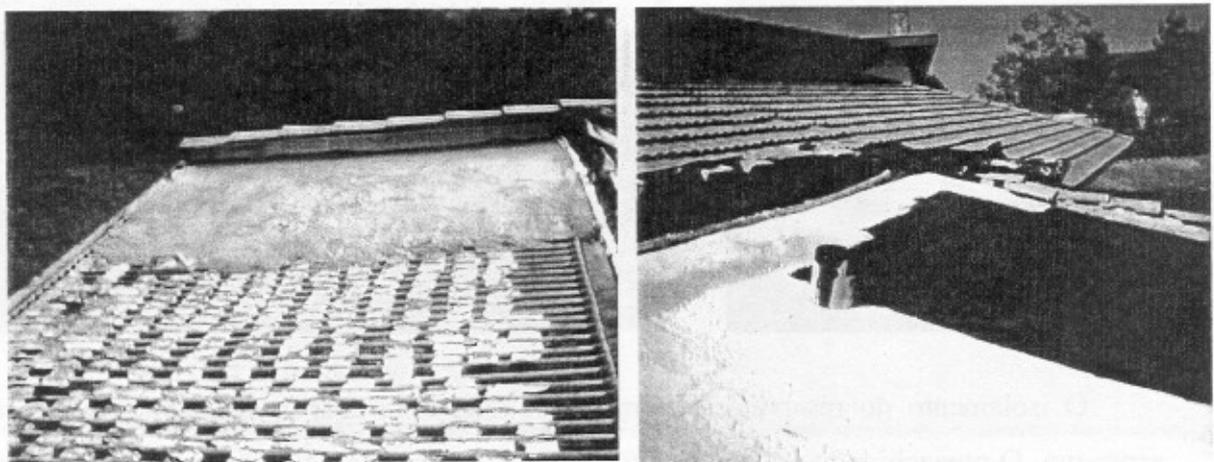


Figura 7.23 CONCRETAGEM DO COLETOR E PINTURA COM EMULSÃO ASFÁLTICA



A existência de duas caixas d'água de cimento amianto, com capacidade de 500 litros cada uma, colocadas no forro da residência, permitiu a transformação, de uma delas, em reservatório térmico. O posicionamento da caixa d'água, a três metros de distância do local onde seria colocado o coletor solar, contribuiu para minimizar a perda de carga nos dutos condutores da placa até o reservatório.

Figura 7.24 DETALHE ESQUEMÁTICO DOS RESERVATÓRIOS

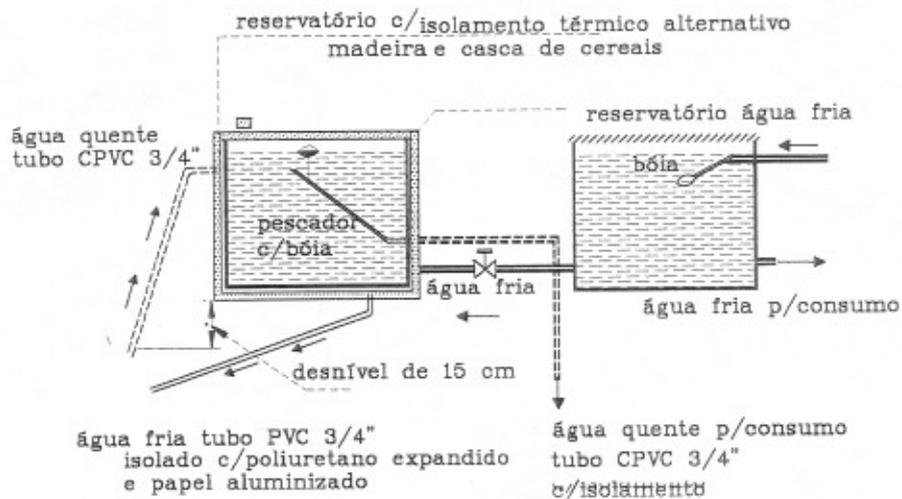
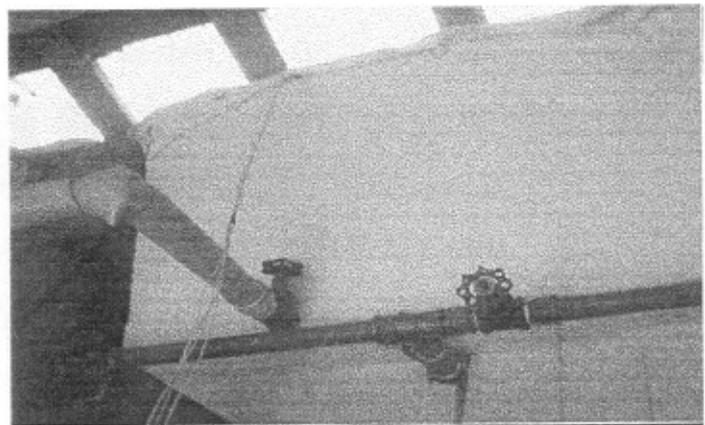


Figura 7.25 VISTA DO ISOLAMENTO DAS CAIXAS D'ÁGUA



O isolamento do reservatório térmico foi feito com chapas de isopor com 1 cm de espessura. O preenchimento dos vazios foi feito com papel (jornal) amassado. Para permitir o deslocamento da tampa para inspeção, a face superior foi coberta com um sanduíche de estopa de algodão e papéis (jornais).

A alimentação de água fria do coletor foi feita com tubos de PVC soldável de ¾", isolados com poliuretano expandido (comercialmente conhecido como *eluma-flex*, fabricado pela empresa *Eluma*). Como os dutos ficaram embaixo do telhado cerâmico, para melhorar o isolamento e garantir o efeito termo-sifão pretendido, eles foram enrolados com papel alumínio (usado para guarda de alimentos).

Na saída da água quente do coletor e do reservatório térmico, e na rede de abastecimento de uma torneira na área de serviço e do chuveiro, foram usados tubos de CPVC (comercialmente conhecidos como tubos *Aquaterm*, fabricados pela empresa *Tigre*), isolados com poliuretano expandido.

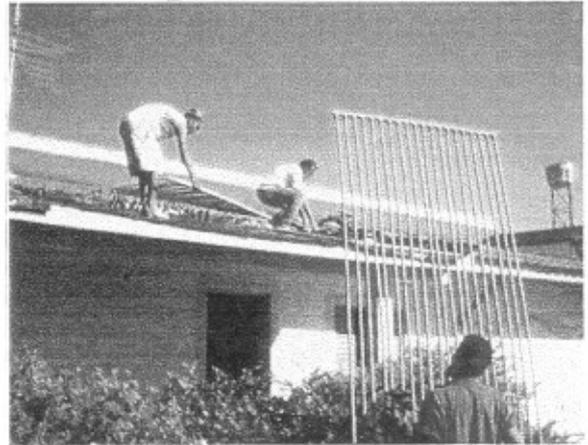
Como foi visto, o dimensionamento do coletor ficou condicionado ao tamanho da varanda existente de 5.10m x 2.45m, o que corresponde a uma área de 12,50 m<sup>2</sup>. A demanda de água quente, igualmente ficou definida pelo reservatório existente, de 500 litros, embora o consumo dos moradores seja de 200 litros diários. Como não foram encontradas experiências (brasileiras) com coletores solares de concreto, como o que foi proposto, e nas condições do isolamento alternativo do reservatório, considerou-se viável a busca dos resultados a serem obtidos com esta primeira experiência.

## **7.6 A atuação dos trabalhadores**

Três equipes distintas trabalharam na construção do sistema:

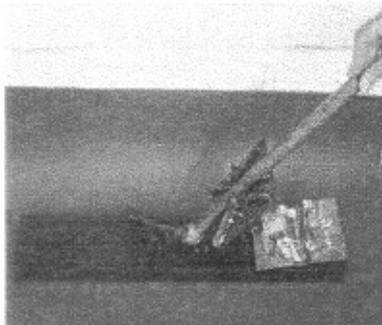
- A primeira, com três trabalhadores, na montagem da rede de tubos de PVC e na instalação hidráulica. A montagem da rede, apesar da facilidade de execução das tarefas, que consiste na limpeza e lixagem dos tubos para a soldagem com cola, exige atenção do trabalhador (Figura 7.26). A execução, em módulos, permite que seja construído no solo, e depois soldados, um a um, sobre a cobertura. O isolamento dos tubos da água quente e fria, da rede hidráulica, já deve ser efetuado durante a instalação. Isto evita que o isolante de poliuretano expandido tenha que ser recortado para a sua fixação.

Figura 7.26 A CONSTRUÇÃO DA REDE DE TUBOS DE PVC



- A segunda equipe, para a formação das aletas, foi constituída por dois trabalhadores. Um, na tarefa do amassamento da embalagem de alumínio e pré-moldagem das aletas, com a ferramenta desenvolvida para esta função. O outro trabalhador, manualmente fez o ajuste das aletas, para que ficassem perfeitamente envoltas nos tubos de 1/2". Para esta segunda etapa da produção das aletas foi desenvolvida uma ferramenta, em madeira, com função de molde (Figura 7.27). A seguir, as aletas receberam uma pintura de emulsão alifática polimérica (na sua face interna), ao mesmo tempo em que era pintado, também, parte do tubo de PVC. A colocação das aletas na rede de tubos (já no telhado) foi feita pelo autor, pois exigia que fosse testada a melhor forma de execução da tarefa.

Figura 7.27 MOLDAGEM DAS ALETAS



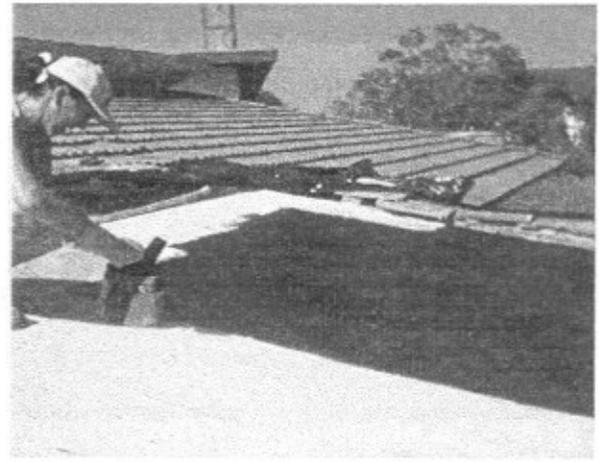
- A terceira equipe, para a concretagem do coletor, foi constituída por três trabalhadores. Um na tarefa de preparação e erguimento do concreto (o concreto foi feito no canteiro de obras por processo rudimentar) e dois para colocação e vibração do concreto, junto à rede dos tubos. A vibração foi manual e exigiu a inspeção (manual) cuidadosa, junto à malha de tubos, para evitar a presença de bolsões de ar no concreto.

Figura 7.28 A CONCRETAGEM DO COLETOR



Após a cura do concreto (processo de secagem e endurecimento do concreto), a laje foi pintada, com uma demão de emulsão asfáltica (comercialmente conhecido como *Neutrol*). Posteriormente foi colocada a cobertura transparente feita de garrafas PET.

Figura 7.29 CUIDADOS COM A CURA DO CONCRETO E PINTURA DO COLETOR SOLAR



## 7.7 O desempenho do sistema de aquecimento com o coletor solar de concreto

A avaliação do sistema de aquecimento de água foi feita sob o ponto de vista da satisfação do usuário. Para isto mediu-se a temperatura da água nos dois pontos de consumo onde foram instaladas as canalizações, no banheiro e na área de serviço da moradia, nos horários habitais de seu uso. As medidas ocorreram durante os meses de janeiro, fevereiro e março, sem a colocação da cobertura de PET sobre o coletor de concreto.

A Tabela 7.4. mostra como e quando foram efetuadas as medidas da temperatura da água e a temperatura ambiente. Entre 13 horas e 14 horas na torneira de lavagem de louça, e entre 18 horas e 20 horas, no chuveiro.

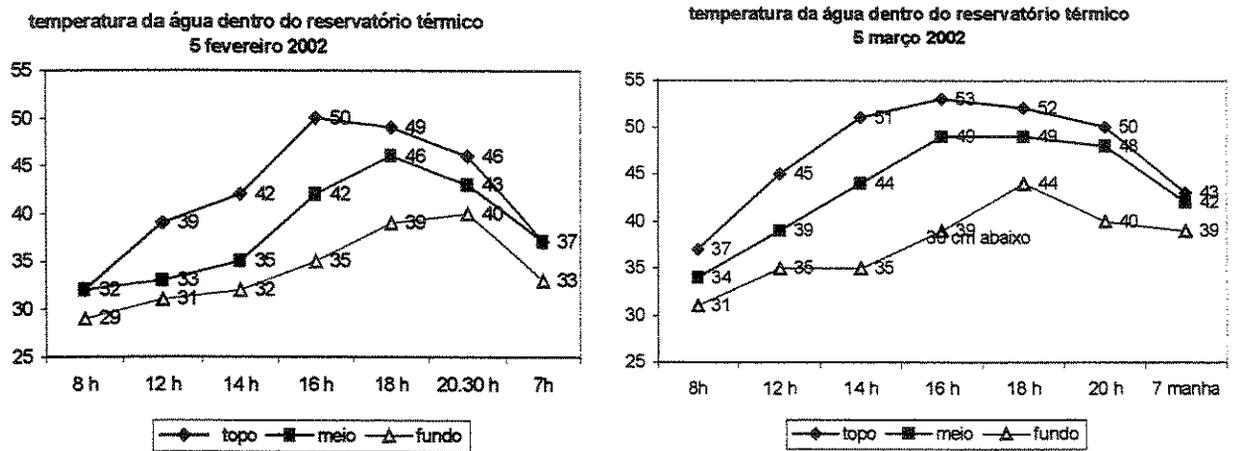
**Tabela 7.4 MEDIÇÕES DA TEMPERATURA DA ÁGUA NO CHUVEIRO E NA LAVAGEM DA LOUÇA**

Data	Tempo	Temperatura da água e ambiente °C					
		Na lavagem da louça 14 horas		Chuveiro 18 horas		Chuveiro 20 horas	
fevereiro 2002		ambiente	expurgo	ambiente	expurgo	ambiente	expurgo
4/02	ensolarado	28	42	27	45	27	42
5/02	ensolarado	26	42	30	49	26	46
6/02	ensolarado/nublado	30	43	25	46	24	44

As medições realizadas no dia 6 de fevereiro (2002), por exemplo, mostraram que a temperatura da água, para o banho das 18 horas, foi de 46°C, embora depois das 16 horas o céu tenha ficado encoberto por nuvens e a temperatura ambiente tenha baixado. No banho das 20 horas, a água, mesmo com temperatura mais baixa, de 44°C, teve que ser misturada à água fria (como no banho anterior), para a obtenção da temperatura de conforto dos usuários, entre 38°C a 39°C.

As medições da temperatura da água, dentro do reservatório térmico (Anexo 3), mostraram que o pico da temperatura nos meses estudados, deu-se em torno das 16 horas, baixando a seguir, mas conservando ainda temperaturas altas para o banho, inclusive nas primeiras horas da manhã do dia seguinte. Isto mostra que o isolamento alternativo feito no reservatório conseguiu manter as temperaturas desejadas.

Figura 7.30 VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DA ÁGUA NO RESERVATÓRIO TÉRMICO DURANTE O DIA



No mês de fevereiro (conforme Anexo 3) os usuários tiveram água aquecida entre 31°C a 52°C, com a predominância de temperatura variando entre 40°C a 50°C (16 dias) no banho das 18 horas. Somente foi necessário o uso de energia elétrica auxiliar durante seis dias, quando houveram chuvas intermitentes, e a temperatura da água ficou em 26°C. No mês de março as temperaturas para banho foram as mais altas, variando entre 35°C a 52°C, com uma média de 48°C. Neste período não foi necessário o uso do chuveiro elétrico.

### 7.8 Os custos do sistema de aquecimento

A tabela 7.5 apresenta o resumo de custos com o sistema de aquecimento proposto, conforme anexo 2. As ligações do sistema de aquecimento na moradia (banho e cozinha) não costumam participar dos preços das tecnologias pesquisadas. Aqui foram incluídas, porque as tubulações utilizadas de CPVC, possuem um valor considerável, alterando os valores finais do preço do sistema de aquecimento. Foi incluído, também, o custo da mão de obra, para se ter o mesmo parâmetro de comparação com as demais alternativas tecnológicas. O preço pago, por dia, pelos serviços da mão de obra foi de R\$ 50,00, e a do servente, R\$ 25,00

**TABELA 7.5 COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA  
COM COLETOR DE CONCRETO COM 12,50 m<sup>2</sup>**

SISTEMA	CUSTOS TOTAIS		
	R\$	US\$*	R\$
Coletor solar de concreto (12,50 m <sup>2</sup> )	307,97	124,20	
Sub total		124,20	307,97
Ligação do coletor no reservatório térmico e saída da água quente	89,00	35,90	
Sub total		160,10	
Caixa d'água (térmica) 500 litros	129,00	52,00	396,97
Sub total		212,10	525,97
Ligações hidráulicas do reservatório térmico no chuveiro e na torneira da cozinha	80,00	32,26	
Sub total		244,34	605,97
Mão de obra: instalação hidráulica	150,00	60,48	
Mão de obra: produção aletas	125,00	50,40	
Mão de obra: concretagem	100,00	40,32	
Sub total	375,00	151,00	980,97
TOTAIS	980,97	395,55	980,97

Dólar em julho de 2001, R\$ 2,48.

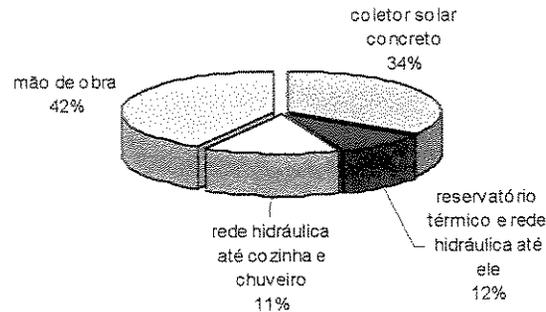
Como o objetivo deste estudo é que as comunidades de baixa renda sejam treinadas para construir o coletor, retirando-se o valor da mão de obra, o custo do sistema de aquecimento ficou em R\$ 525,97 (US\$ 212,10), para uma placa com área de 12,50 m<sup>2</sup>. Nesse valor estão incluídos os custos com as ligações hidráulicas do coletor até caixa d'água, e a do reservatório térmico, de 500 litros, isolado com materiais alternativos. O custo, por metro quadrado, do coletor solar de concreto com materiais alternativos ficou em R\$ 42,07 (US\$ 17,67), para uma rede com espaçamento entre os tubos de PVC soldáveis de 40 mm, e aletas de alumínio cobrindo 70% da rede de PVC.

O valor da mão de obra poderá ser diminuído se os serviços executados não forem eventuais e puderem ser feitos, também, em regime de mutirão. O valor gasto com a produção das aletas de alumínio incluiu a fabricação do molde de madeira e da bancada para os trabalhos de modelagem, exigência feita pelo trabalhador, para maior conforto da tarefa. As madeiras utilizadas foram de sobras da construção civil.

Não incluindo a mão de obra, o custo do modelo proposto ficou 4 vezes menor que o preço (R\$ 2190,00 = US\$ 88,10) do coletor convencional mais barato, com capacidade de 500

litros, encontrado na cidade de Campinas- SP, em dezembro de 2001. Considerando o custo da mão de obra o custo ficou mais de 2 vezes menor

**Figura 7.31 CUSTO DE CADA ETAPA DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA COM PLACA COLETORA SOLAR DE CONCRETO COM MATERIAIS RECICLÁVEIS.**



Como o coletor está super dimensionado, visto a experiência ter sido realizada com as condições apresentadas de uma varanda de 12,50 m<sup>2</sup> de área e um estoque de água de 500 litros, os valores deverão ser reduzidos significativamente quando o volume de água aquecida passar para 200 litros ou 250 litros.

Se considerarmos que o consumo de água aquecida de uma moradia popular for de 250 litros de água, para o uso com banho, lavagem de louças e serviços na casa, e a área de coletor de concreto for de 6,25 m<sup>2</sup>, os preços do sistema chegam a valores competitivos. Sendo R\$ 49,00 a caixa d'água, e R\$ 199,50 a placa coletora de concreto, mantendo-se o valor de R\$ 89,00 com as ligações hidráulicas do coletor até o reservatório térmico, o preço do sistema fica em R\$ 337,50.

A experiência realizada em tempo real de utilização mostrou que, como havia água aquecida em abundância, ela passou a ser usada para os mais diversos fins da higiene da moradia, como a lavagem de pisos, além do uso contínuo na área da cozinha. Sob o ponto de vista dos usuários, o sistema de aquecimento de água foi plenamente aceito, pois a moradia passou a usufruir um benefício, sem que houvesse o aumento no orçamento familiar com despesas em energia elétrica

## Capítulo 8

### Conclusões e recomendações

O trabalho proposto, de integração do coletor solar na estrutura da edificação, planejado dentro do contexto climático, social e cultural de cada região, cidade ou comunidade, e fazendo parte do contexto projetual, tanto da arquitetura como o das engenharias, é mais uma das soluções que podem ser implementadas para produzir o aquecimento de água com baixos investimentos.

A hipótese de um coletor solar que pudesse fazer parte do cotidiano dos autoconstrutores de moradias e no qual pudessem ser usados materiais alternativos e de pouco custo, foi testada através de um projeto piloto em uma residência, com resultados promissores. A construção do *coletor solar de concreto com materiais recicláveis*, como foi chamado, mostrou-se de plena viabilidade tanto no aspecto construtivo como em matéria de eficiência térmica e baixos investimentos. As temperaturas da água, obtidas nos meses de fevereiro e março, em torno de 40°C a 52°C, com céu ensolarado, e de 35°C a 40°C, com céu encoberto, mostra a possibilidade de que esta tecnologia venha a constituir-se numa alternativa para os setores populares. Inclusive para as populações que se encontram isoladas do acesso à rede de energia elétrica.

A investigação mostrou que a abundância da água aquecida, com temperaturas em torno 40°C, a partir das 13 horas, fez com que os usuários passassem a consumi-la para os mais variados fins, desde a higiene pessoal, a lavagem da louça, até para a limpeza da moradia. A satisfação, com o sistema, constitui-se no fato de que a moradia passou a usufruir um benefício, sem que houvesse o aumento no orçamento familiar, com despesas em energia elétrica para o aquecimento de água. O que se verificou, também, é que passaram a ser utilizados novos

eletrodomésticos que geraram maior conforto para as atividades domésticas. A redução constatada na conta da energia elétrica fez com que, imediatamente, as necessidades reprimidas com algumas atividades puderam ser contempladas e satisfeitas.

A realidade mostra que existe uma demanda por energia elétrica reprimida pelos baixos rendimentos econômicos da população. Os custos da eletricidade com o uso do chuveiro, apesar da aquisição do aparelho constituir um investimento inicial pequeno, ainda representam um ônus muito grande para o orçamento familiar dos segmentos pobres.

Os dados estatísticos atuais mostram que aproximadamente 20 milhões de famílias brasileiras vivem com uma renda de até três salários mínimos e quase a metade (48%) da população consome até 100 kWh/mês de energia elétrica. As pesquisas efetuadas mostraram que no atual estágio de desenvolvimento do país, a família típica dos segmentos populares necessita consumir entre 150 kWh e 250 kWh mensais para ter suas necessidades básicas em energia elétrica satisfeitas. Se na moradia fossem utilizados equipamentos mais eficientes e se fosse realizada a substituição parcial do chuveiro por coletores solares, este consumo cairia em aproximadamente 47,64%.

O uso de coletores solares para aquecimentos de água nas moradias populares, ainda está restrito a projetos experimentais, realizados por empresas fabricantes e concessionárias de energia. As tecnologias existentes, por não possuírem uma demanda de mercado garantida e por não poderem seus fabricantes reduzir custos através de economias de escala, não conseguem substituir os sistemas tradicionais de aquecimento.

O conhecimento de que a competitividade entre sistemas energéticos inicialmente é impulsionada por planos, programas, incentivos e subsídios governamentais, não impede que pesquisadores brasileiros continuem estudando alternativas que possam beneficiar maiores parcelas da população. A busca por soluções que exijam pequenos investimentos, mesmo com um menor desempenho dos sistemas de aquecimento (redução na temperatura da água) já pode ser constatada nas instituições universitárias, retomando as realizadas na década de setenta, quando iniciaram as pesquisas, no Brasil, com energia solar.

O aproveitamento da energia solar para o aquecimento de água nas habitações de baixa renda pode ser implementado com soluções que envolvam sistemas alternativos e possam fazer parte das práticas construtivas dessas populações. O aproveitamento das formas coletivas de construção, prática social popular chamada de mutirão autogerido, pode viabilizar a disseminação do uso de coletores simplificados. O domínio dos processos de execução pode ser repassado para as comunidades, através de programas e ações comprometidas com o objetivo de implantação e disseminação dessas tecnologias.

A diferença de custos, entre um sistema convencional de aquecimento solar de água e o proposto, demonstra que o sistema alternativo tem melhor relação custo-benefício. A possibilidade da sua construção dentro do processo de mutirão autogerido ou de práticas de autoconstrução isolada, possibilita a redução do custo de mão de obra e abre a possibilidade de sua disseminação entre as comunidades populares.

Além da melhoria da qualidade de vida da família, com o uso de água aquecida, e da vantagem econômica apresentada com a construção de tecnologia com coletores de concreto, existe outra de caráter primordial que é o da sua difusão. Esta tecnologia abre a possibilidade do desenvolvimento do processo ensino-aprendizagem com o autoconstrutor, fazendo com que práticas construtivas simples, já incorporadas culturalmente, sejam utilizadas para execução deste sistema de aquecimento de água.

Escolas, associações de bairros, cooperativas de mão-de-obra, mutirões auto-geridos, organizações não-governamentais e outras formas de organismos sociais podem ser motivados para receberem os conhecimentos necessários e serem os agentes de difusão deste processo. Quanto ao aspecto da difusão institucional, a construção de sistemas de aquecimento solar de água, pode ser viabilizada dentro de programas específicos de apoio às moradias de interesse social, através de financiamentos, incentivos e subsídios governamentais às energias alternativas.

## Recomendações

- Os resultados alcançados foram obtidos sob o ponto de vista do usuário, o que significa que foi testada a sua satisfação com a nova tecnologia, em condições reais de utilização. Recomenda-se que sejam analisados e avaliados os dados de desempenho energético, através de metodologia experimental em laboratório, para que sejam conhecidas as eficiências diárias e as frações solares, diárias e anuais, para o coletor de concreto construído com materiais alternativos.
- A formulação de ações para a difusão de tecnologias solares alternativas para aquecimento de água nos segmentos sociais de baixa renda deve ser estudada e implementada. A dinâmica da autoconstrução de coletores alternativos em comunidades populares necessita o acompanhamento de equipe interdisciplinar, para que todas as etapas do processo de gestão alcancem êxito e possam ser recomendadas. A avaliação da eficiência da tecnologia em condições reais de utilização e seus resultados sobre o orçamento familiar constituem uma das etapas fundamentais para a elaboração de planos de difusão.

## Apêndice 1

### PROPRIEDADES TÉRMICAS PARA ALGUMAS PAREDES E COBERTURAS: TRANSMITÂNCIA, CAPACIDADE TÉRMICA E ATRASO TÉRMICO

Neste apêndice estão reunidas a transmitância, capacidade térmica e atraso térmico para algumas paredes e coberturas, contidas no documento:

*Origem: 02:135.07-003:1998*

*CB-02- Comitê Brasileiro de Construção Civil*

*CE-02:135.07 - Comissão de Estudo de Desempenho Térmico de Edificações*

*02:135.07-003 - Thermal performance in buildings – Brazilian Bioclimatic Zones and Building Guidelines for Low-Cost Houses.*

Disponível na Internet : <http://www.Labeee.ufsc.br/conforto/normas/index.html>

#### Anexo C (informativo)

Transmitância, capacidade térmica e atraso térmico de algumas paredes e coberturas  
A tabela C.1 e C.2 indicam as propriedades térmicas dos materiais utilizados nos componentes das tabelas C.3 e C.4 respectivamente.

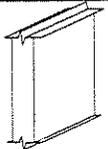
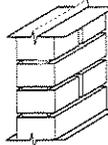
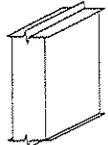
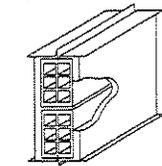
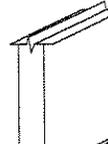
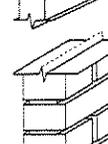
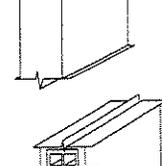
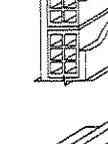
**Tabela C.1 - PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS NOS COMPONENTES DAS TABELAS C.3**

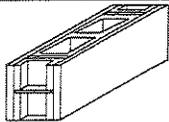
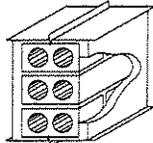
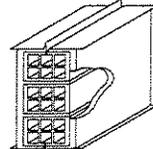
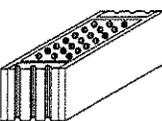
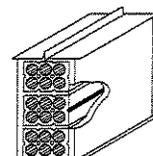
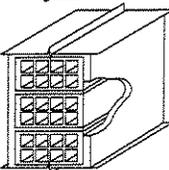
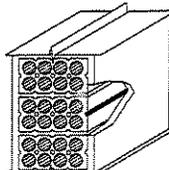
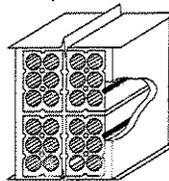
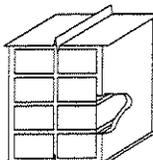
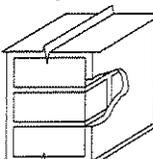
Material	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/(m.K))	c (kJ/(kg.K))
Cerâmica	1600	0,90	0,92
Argamassa de emboço ou assentamento	2000	1,15	1,00
Concreto	2400	1,75	1,00

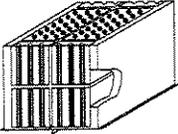
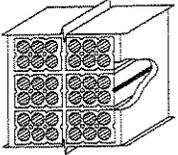
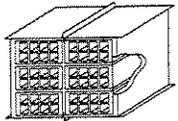
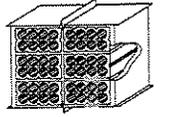
**Tabela C.2 - PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS NOS COMPONENTES DAS TABELAS C.4**

Material	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/(m.K))	c (kJ/(kg.K))
Cerâmica	2000	1,05	0,92
Fibro-cimento	1900	0,95	0,84
Madeira	600	0,14	2,30
Concreto	2200	1,75	1,00
Lâmina de alumínio polido ( $\epsilon < 0,2$ )	2700	230	0,88
Lã de vidro	50	0,045	0,70

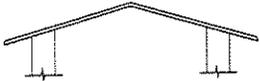
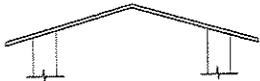
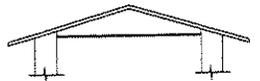
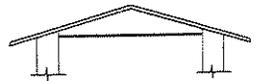
**Tabela C.3 - TRANSMITÂNCIA, CAPACIDADE TÉRMICA E ATRASO TÉRMICO PARA ALGUMAS PAREDES.**

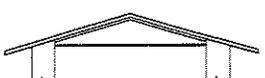
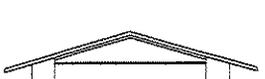
Parede	Descrição	U [W/(m <sup>2</sup> .K)]	C <sub>T</sub> [kJ/(m <sup>2</sup> .K)]	φ [horas]
	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 5,0 cm	5,04	120	1,3
	Parede de tijolos maciços aparentes Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura total da parede: 10,0 cm	3,70	149	2,4
	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 10,0 cm	4,40	240	2,7
	Parede de tijolos de 6 furos quadrados , assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,48	159	3,3
	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 5,0 cm	5,04	120	1,3
	Parede de tijolos maciços aparentes Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura total da parede: 10,0 cm	3,70	149	2,4
	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 10,0 cm	4,40	240	2,7
	Parede de tijolos de 6 furos quadrados , assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,48	159	3,3
	Parede de tijolos maciços, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	3,13	255	3,8

	<p>Parede de blocos cerâmicos de 2 furos  Dimensões do bloco: 14,0x29,5x19,0 cm  Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm  Espessura arg. de emboço: 2,5 cm  Espessura total da parede: 19,0 cm</p>	2,45	203	4,0
	<p>Parede de tijolos com 2 furos circulares  Dimensões do tijolo: 12,5x6,3x22,5 cm  Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm  Espessura arg. de emboço: 2,5 cm  Espessura total da parede: 17,5 cm</p>	2,43	220	4,2
	<p>Parede de tijolos de 6 furos quadrados, assentados na maior dimensão  Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm  Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm  Espessura arg. de emboço: 2,5 cm  Espessura total da parede: 19,0 cm</p>	2,02	192	4,5
	<p>Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão  Dimensões do tijolo: 12,0x11,0x25,0 cm  Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm  Espessura arg. de emboço: 2,5 cm  Espessura total da parede: 17,0 cm</p>	2,31	227	4,5
	<p>Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão  Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm  Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm  Espessura arg. de emboço: 2,5 cm  Espessura total da parede: 20,0 cm</p>	1,92	202	4,8
	<p>Parede de tijolos de 8 furos quadrados, assentados na maior dimensão  Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm  Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm  Espessura arg. de emboço: 2,5 cm  Espessura total da parede: 24,0 cm</p>	1,80	231	5,5
	<p>Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na maior dimensão  Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm  Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm  Espessura arg. de emboço: 2,5 cm  Espessura total da parede: 25,0 cm</p>	1,61	232	5,9
	<p>Parede dupla de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão  Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm  Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm  Espessura arg. de emboço: 2,5 cm  Espessura total da parede: 26,0 cm</p>	1,52	248	6,5
	<p>Parede dupla de tijolos maciços, assentados na menor dimensão  Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm  Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm  Espessura arg. de emboço: 2,5 cm  Espessura total da parede: 26,0 cm</p>	2,30	430	6,6
	<p>Parede de tijolos maciços, assentados na maior dimensão  Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm  Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm  Espessura arg. de emboço: 2,5 cm  Espessura total da parede: 27,0 cm</p>	2,25	445	6,8

	Parede dupla de tijolos de 21 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 12,0x11,0x25,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 30,0 cm	1,54	368	8,1
	Parede dupla de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 36,0 cm	1,21	312	8,6
	Parede dupla de tijolos de 8 furos quadrados, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 44,0 cm	1,12	364	9,9
	Parede dupla de tijolos de 8 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 46,0 cm	0,98	368	10,8

**Tabela C.4 - TRANSMITÂNCIA, CAPACIDADE TÉRMICA E ATRASO TÉRMICO PARA ALGUMAS COBERTURAS**

Cobertura	Descrição	U [W/(m <sup>2</sup> .K)]	C <sub>T</sub> [kJ/(m <sup>2</sup> .K)]	φ [horas]
	Cobertura de telha de barro sem forro Espessura da telha: 1,0 cm	4,55	18	0,3
	Cobertura de telha de fibro-cimento sem forro Espessura da telha: 0,7 cm	4,60	11	0,2
	Cobertura de telha de barro com forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	32	1,3
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	25	1,3
	Cobertura de telha de barro com forro de concreto Espessura da telha: 1,0 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	2,24	84	2,6
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de concreto Espessura da telha: 0,7 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	2,25	77	2,6

	<p>Cobertura de telha de barro com forro de laje mista            Espessura da telha: 1,0 cm            Espessura da laje: 12,0 cm  <math>R_{t(laje)} = 0,0900 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}</math>  <math>C_{T(laje)} = 95 \text{ kJ/(m}^2 \cdot \text{K)}</math></p>	1,92	113	3,6
	<p>Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de laje mista            Espessura da telha: 0,7 cm            Espessura da laje: 12,0 cm  <math>R_{t(laje)} = 0,0900 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}</math>  <math>C_{T(laje)} = 95 \text{ kJ/(m}^2 \cdot \text{K)}</math></p>	1,93	106	3,6
	<p>Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 20 cm            Espessura da telha: 1,0 cm</p>	1,84	458	8,0
	<p>Cobertura de telha de fibro-cimento com laje de concreto de 20 cm            Espessura da telha: 0,7 cm</p>	1,99	451	7,9
	<p>Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 25 cm            Espessura da telha: 1,0 cm</p>	1,75	568	9,3
	<p>Cobertura de telha de fibro-cimento com laje de concreto de 25 cm            Espessura da telha: 0,7 cm</p>	1,75	561	9,2
	<p>Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira            Espessura da telha: 1,0 cm            Espessura da madeira: 1,0 cm</p>	1,11	32	2,0
	<p>Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira            Espessura da telha: 0,7 cm            Espessura da madeira: 1,0 cm</p>	1,16	25	2,0
	<p>Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de concreto            Espessura da telha: 1,0 cm            Espessura do concreto: 3,0 cm</p>	1,18	84	4,2
	<p>Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e forro de concreto            Espessura da telha: 0,7 cm            Espessura do concreto: 3,0 cm</p>	1,18	77	4,2
	<p>Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de laje mista            Espessura da telha: 1,0 cm            Espessura da laje: 12,0 cm  <math>R_{t(laje)} = 0,0900 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}</math>  <math>C_{T(laje)} = 95 \text{ kJ/(m}^2 \cdot \text{K)}</math></p>	1,09	113	5,4
	<p>Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e forro de laje mista            Espessura da telha: 0,7 cm            Espessura da laje: 12,0 cm  <math>R_{t(laje)} = 0,0900 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}</math>  <math>C_{T(laje)} = 95 \text{ kJ/(m}^2 \cdot \text{K)}</math></p>	1,09	106	5,4



Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 20 cm  
Espessura da telha: 1,0 cm

1,06

458

11,8



Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 20 cm  
Espessura da telha: 0,7 cm

1,06

451

11,8



Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 25 cm  
Espessura da telha: 1,0 cm

1,03

568

13,4



Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 25 cm  
Espessura da telha: 0,7 cm

1,03

561

13,4



Cobertura de telha de barro com 2,5 cm de lâmina de vidro sobre o forro de madeira  
Espessura da telha: 1,0 cm  
Espessura da madeira: 1,0 cm

0,95

33

2,3



Cobertura de telha de barro com 5,0 cm de lâmina de vidro sobre o forro de madeira  
Espessura da telha: 1,0 cm  
Espessura da madeira: 1,0 cm

0,62

34

3,1

**Notas:**

- 1) As transmitâncias térmicas e os atrasos térmicos das coberturas são calculados para condições de verão.
- 2) Deve-se atentar que apesar da semelhança entre a transmitância térmica da cobertura com telhas de barro e aquela com telhas de fibrocimento, o desempenho térmico proporcionado por estas duas coberturas é significativamente diferente pois as telhas de barro são porosas e permitem a absorção de água (de chuva ou de condensação). Este fenômeno contribui para a redução do fluxo de calor para o interior da edificação, pois parte deste calor será dissipado no aquecimento e evaporação da água contida nos poros da telha. Desta forma, sugere-se a utilização de telhas de barro em seu estado natural, ou seja, isentas de quaisquer tratamentos que impeçam a absorção de água.

Fonte: Disponível na Internet : <http://www.Labeee.ufsc.br/conforto/normas/index.html>

## Apêndice 2

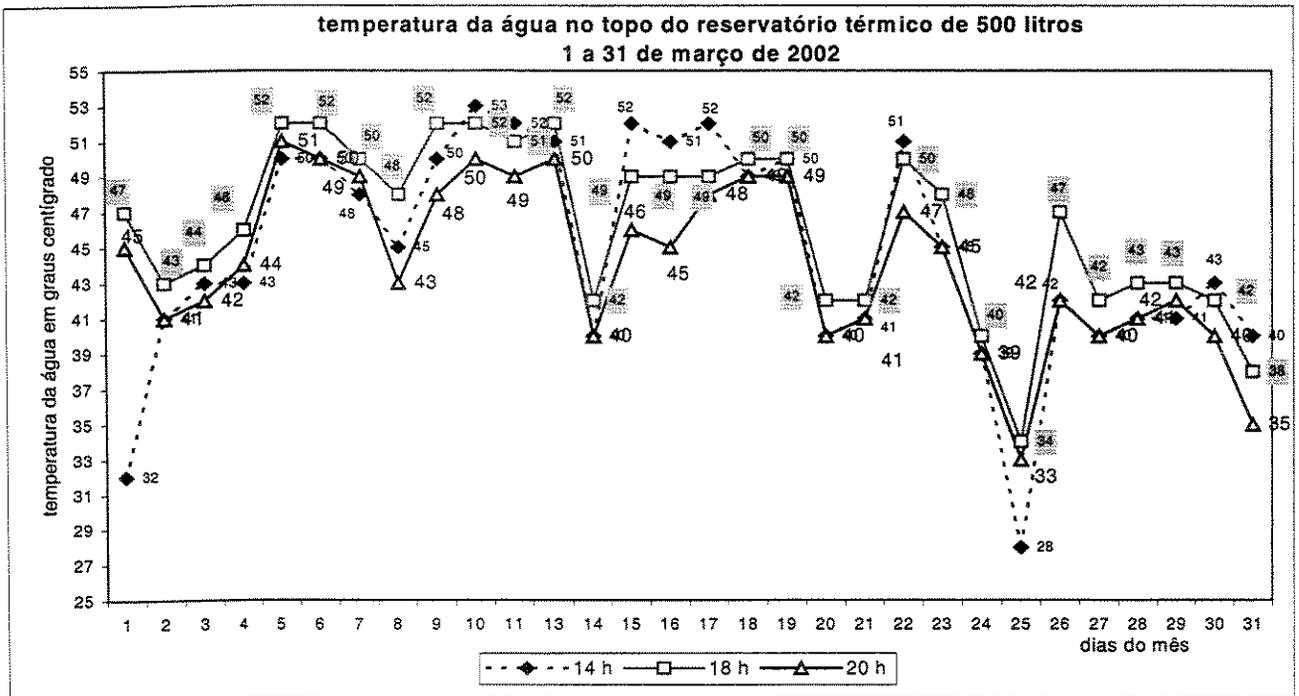
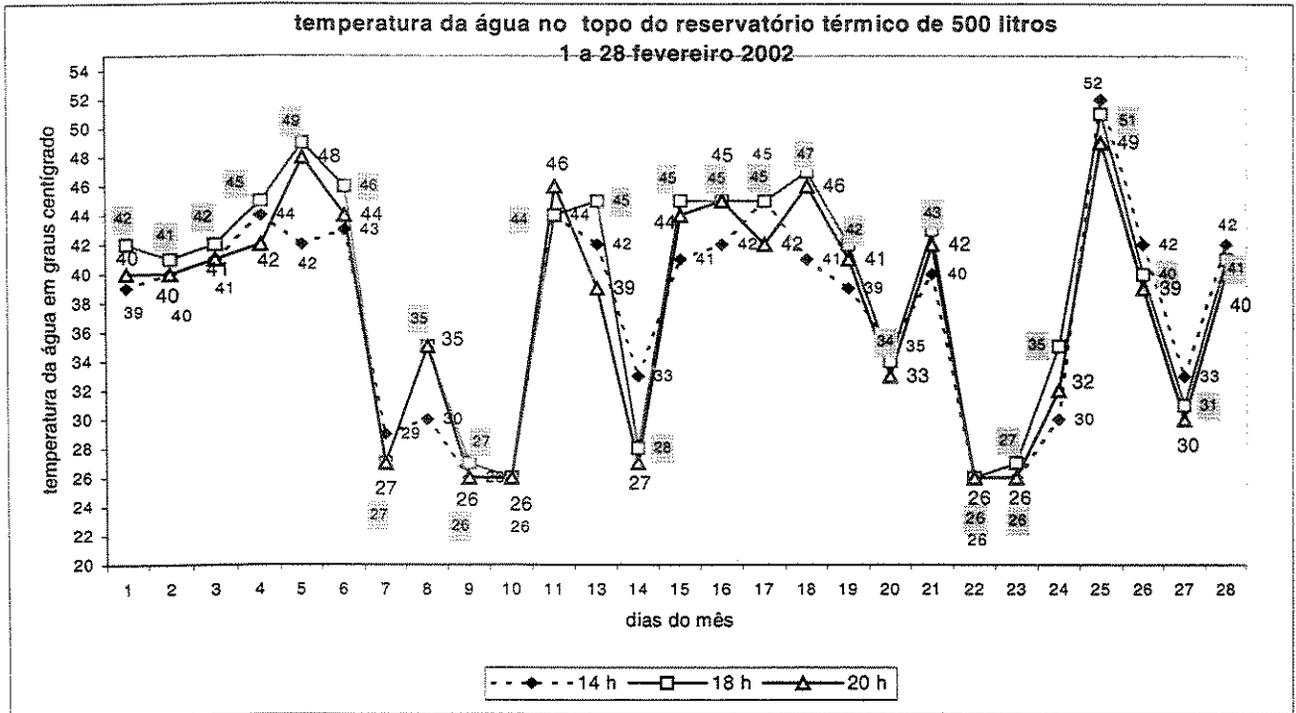
### GASTOS COM A EXECUÇÃO DO COLETOR SOLAR DE CONCRETO EM R\$<sup>1</sup>

SISTEMA	MATERIAL	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO R\$	PREÇO PARCIAL R\$	PREÇO TOTAL R\$		
COLETOR SOLAR DE CONCRETO	Tubo PVC ½"	32	4,13	132,16	<b>307,97</b>		
	Te ¾" - ½"	160	0,25	40,00			
	Bucha redução ¾ - ½"	160	0,16	25,60			
	Torneira ¾"	1	2,57	2,57			
	Cola	2 tubos	2,67	5,24			
	Lixas	3	0,30	0,90			
	Isopor 0.5x0.04x0.02m	185 (370) placas		19,50			
	Cimento/areia	3 sc	13,000	19,00			
	Areia/pedra	0,2 m3	13,50	2,70			
	Emulsão alifática ( Neutrol)	1 galão 3,6 litros	25,90	25,90			
	Madeira 2 x 5 cm	45 m	0,68	30,60			
	Pregos e arame	-	-	4,00			
	LIGAÇÃO DO COLETOR NO RESERVATÓRIO TÉRMICO E SAÍDA DA ÁGUA QUENTE	Tubo PVC ¾"	1 x 6m	5,85		5,85	<b>137,18</b>
Tubo CPVC ¾"		3 x 3m	15,23	45,69			
cotovelo ¾"		3	1,03	3,09			
Luva CPVC ¾"		1	0,75	0,75			
Frange ¾"		1	2,55	2,55			
Frange ¾" metal		1	2,80	2,80			
Tubo pescador frange metálico ¾"		1	5,50	5,50			
Fita p/vedação ½" x 10m		1 unid.	0,70	0,70			
Massa p/ calafetar 300 g		1 unid.	2,25	2,25			
Isolam. térmico (elumaflex) 22 mm		10 unid. (x 2m)	1,95	19,50			
Caixa água 250 litros		1 unid	48,50	48,50			
LIGAÇÃO DO RESERVATÓRIO TÉRMICO NO CHUVEIRO E ÁREA DE SERVIÇO		Tubo CPVC ¾"	1 x 3m	15,23	15,23	<b>80,29</b>	
		registro de gaveta ¾"	1	8,20	8,20		
	registro de pressão ¾"	1	12,05	12,05			
	Frange ¾"	1	2,55	2,55			
	Torneira ½"	1	8,40	8,40			
	Te CPVC ¾"	3	1,20	3,60			
	Luvas CPVC ¾"	2	0,57	1,14			
	Cotovelo CPVC ¾"	7	1,03	7,21			
	nípel ¾"	2	3,53	7,06			
	Cotovelo CPVC c/rosca ¾ - ½"	2	3,16	6,32			
	Luvas CPVC c/rosca ¾"	4	2,78	5,56			
	Cola CPVC	1	2,99	2,99			
	MÃO DE OBRA	1 servente para produção de aletas de alumínio (5 dias)			125,00		<b>375,00</b>
1 instalador hidráulico e 1 servente (3dias)			150,00				
1 pedreiro e 1 servente (1dia)			100,00				

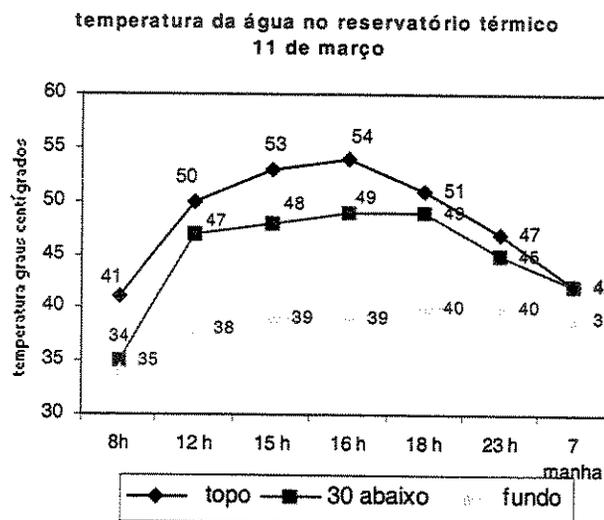
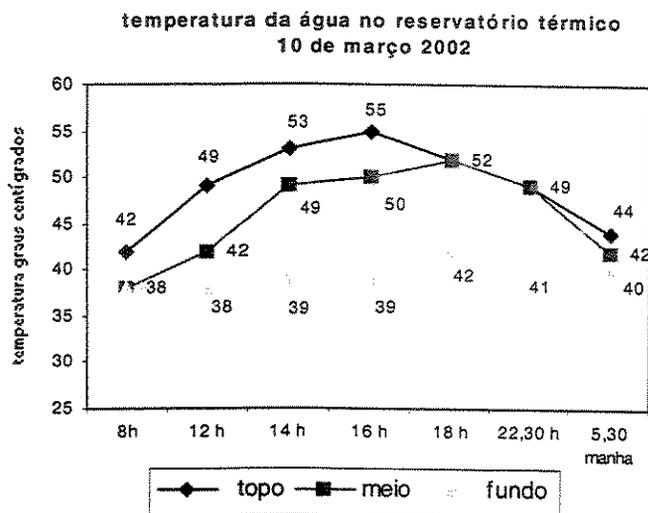
<sup>1</sup> Dólar em julho de 2001 - R\$2,48

### Apêndice 3

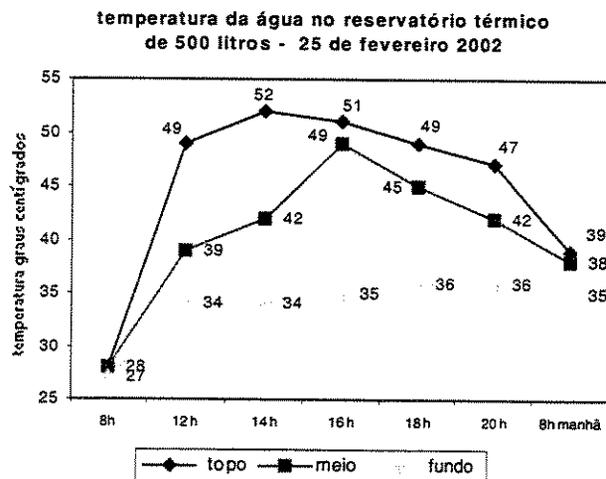
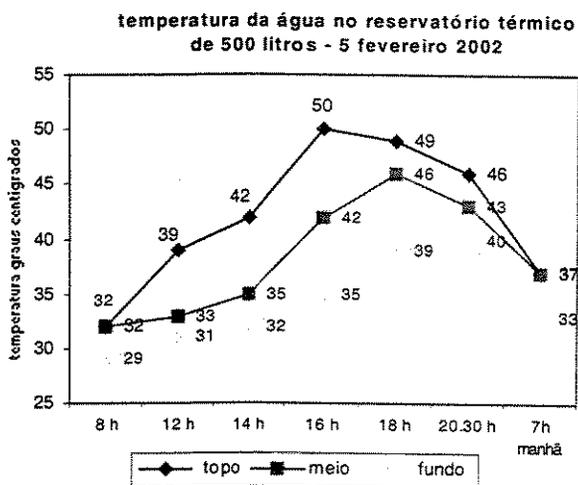
Obs. As temperaturas foram medidas sem a colocação da cobertura de PET sobre ao coletor solar de concreto.



As temperaturas mais altas alcançadas com o sistema de aquecimento de água, com o coletor solar de concreto com materiais recicláveis, foram nos dias 10 e 11 de março de 2002, às 16 horas. As temperaturas da água na torneira da lavagem da louça foram de 55°C e 54°C, respectivamente. No banho, às 22 horas, as temperaturas foram de 48°C e 46°C, respectivamente.



No mês de fevereiro, as mais altas temperatura ocorreram nos dias 5 e 25, mostradas no gráfico abaixo. A temperatura mais elevada ocorreu no dia 25, após dias de chuva, nos horários entre 14h e 16 h.



## Referências Bibliográficas

- ABIKO, A. K. & CONCILIO, V. P. Autoconstrutibilidade. In: *Prémoldados e Autoconstrução: Seminário Nacional sobre Desenvolvimento Tecnológico dos Pré-Moldados e Autoconstrução*. São Paulo: USP: FAUUSP: NUTAU, 1995. p. 33-40.
- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Desempenho Térmico de Edificações: Normas – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social*. 1998. Projeto 02:135.07-003. Disponível na Internet: <http://www.Labeee.ufsc.br/conforto/normas/index.html> ago 2001
- ABRAVA Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. *Informativo Solarnews*, ano V, nº 10, jul 2001.
- ALENCAR, F. De., SAGLIETTI, J. C. Projeto de uma telha coletora de energia solar para aquecimento de água. *X Congresso Ibérico de Energia Solar - NUTAU'2000. Anais*. São Paulo: Edi. Marcelo de Andrade Roméro, Helder Gonçalves, ago 2000.
- ALVIM, & GOLDEMBERG, J. Projeto de elaboração de matriz energética nacional: apresentação ao comitê assessor ao CNPE para assuntos da matriz energética. 2001. In: *Economia e Energia - e&e - ONG*, 2001. Disponível na Internet. [http://ecen.com/matriz/eee24/cme\\_cnpe/matriz\\_e\\_arquivos/frame.htm](http://ecen.com/matriz/eee24/cme_cnpe/matriz_e_arquivos/frame.htm). Jul 2001.
- AGÊNCIA ENERGIA. *Aquecimento solar em residências para população de baixa renda*. Disponível na Internet. <http://www.agenciaenergia.com.br/new/newspopular.html>. fev 2002.
- BABTISTA FILHO, B. D. Considerações sobre a eficiência de coletores planos de energia solar. *Anais: II Simpósio sobre Energia Solar*. Aciesp, 1981. p 132-143.
- BERMANN, C. & 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.

- BESP Balanço Energético do Estado de São Paulo 1997: ano base 1996. São Paulo: Cesp, 1997.
- BÔA NOVA, A.C. *Energia e Classes Sociais no Brasil*. São Paulo: Edições Loyola, 1985. 248 p.
- \_\_\_\_\_. Níveis de Consumo Energético e Índices de Desenvolvimento Humano. In: *VII Congresso Brasileiro de Energia*. Anais SBPE-COPPE-UFRJ-CE, 1999. V. 1, p. 88-94.
- BONDUKI, N. G. *Origens da habitação social no Brasil. Arquitetura moderna, Lei do Inquilinato e difusão da casa própria*. São Paulo: Estação Liberdade: FAPESP, 1998. 342 p.
- BOPSHETTY, S. V., NAYAK, J. K., SUKHATME, S. P. Performance analysis of a solar concrete collector. *Solar Energy*, v. 332, n.11, p. 1007-1016, 1992.
- BORGES, T. P. F. *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.
- \_\_\_\_\_. *SOLPET – Pré-aquecedor solar de água de material reciclado e pequeno investimento para uso em casas populares*. Campinas, 2001. 38 p.
- CAMARGO, J.C. *Medidas do Potencial Fotovoltaico na Região das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari*. Campinas: FEM, UNICAMP, 2000. Tese (mestrado), Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2000. 108 p.
- CANO, W. *Soberania e Política Econômica na América Latina*. São Paulo: Editora da UNESP, 1999. 583 p.
- CEMIG Companhia Energética de Minas Gerais. *Energia Solar para Aquecimento de Água – Sistema Simplificado de Fácil Construção*. Belo Horizonte: CEMIG, out1993.
- CEPEL Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. *Economia média de energia obtida com a escolha de eletrodomésticos com selo PROCEL 1999*. 2001. Disponível na Internet: <http://cate.cepel.br/setuac/residenc/equip-procel.htm>. 10 jul 2001.
- CHAFUN, N. Dinâmica Global e desafio urbano. In: *Habitat: As práticas bem sucedidas em habitação, meio ambiente e gestão urbana nas cidades brasileiras*. São Paulo: Livros Studio Nobel, 2º ed., 1997. p.18-37.
- CHAMBOULEYRON, I. Energia Solar Fotovoltaica. In: *Economia & Tecnologia da Energia*. Rio de Janeiro: Marco Zero-FINEP, 1985. p.341-357.
- CHAURASIA, P. B. L. Solar waters heaters based on concrete collector. *Solar Energy*, n.25, p. 703-716. 2000.

COHAB-Campinas Cia de Habitação Popular de Campinas. *Programas Habitacionais*. Disponível na Internet: <http://www.cohabcp.com.br/PROGHAB/proghab.HTML> jun 2001

\_\_\_\_ *Atuais Prioridades*. Disponível na Internet: <http://www.cohabcp.com.br/atpriori.html> jun 2001

COLLE, S. & PEREIRA, E. B. 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.

CORBELLA, O. D. Arquitetura Bioclimática ou de Baixo consumo Energético: uma proposta para trabalhos com a realidade. In: *Seminário de Arquitetura Bioclimática*. São Paulo: CESP, 1985. p. 41-55.

CPFL. UNICAMP. *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.

CPFL. *Relatório interno: Aquecedor solar da mineração Jundu*. Campinas: abr 1989. 20 p.

CRESESB Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Disponível na Internet: <http://www.cepel.br> jul 2001

\_\_\_\_ Referência disponível na Internet: <http://www.cresesb.cepel.br/faq-solar.htm#p1> dez 2001

DUFFIE, J. A., BECKMAN, W. A. *Solar Engineering of Thermal Processes*. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, 1991. 919 p.

ENNES, S. W. *Potencial para Utilização da energia solar no Estado de São Paulo*. Relatório à Agencia para Aplicação de Energia, 1985. 166 p.

FGV Fundação Getúlio Vargas. *Pesquisa de Orçamentos Familiares 1999-2000*. Disponível na Internet: <http://www.fgv.br/ibre/CEP/arq/pof.dohtml> out 2001

FELDMAN, Dorel. *Polymeric Building Materials*. England: Elsevier Science Publishers, 1989. 575p.

FRANÇA, C. R. A. *Programas sociais de eletrificação em empresa estatal de serviço público: análise dos projetos de eletrificação de áreas residenciais urbanas de baixa renda na Eletropaulo S. A. e de suas perspectivas sob gestão privada*. São Paulo: USP, 1999. Tese (mestrado) Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia, Universidade de São Paulo, 1999. 143 p.

- FRICKE, G.T. *Um estudo sobre projeto bioclimatizado e consumo de energia*. Campinas: FEM, UNICAMP, 1999. Tese (doutorado), Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1999. 168 p.
- GALDINO, M. *Perguntas freqüentes*. In: CRESEB, 2001. Disponível na Internet. <http://www.cresesb.cepel.br/abertura.htm>. dez 2001.
- GOLDEMBERG, J. *Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento*. São Paulo: Editora da Universidade de SP, 1998. 235 p.
- GUEDES, M. F. *Cadernos de Encargos*. São Paulo: PINI, 1982. 204 p.
- HAKEMBERG, A.M. *Conforto e "Stress" Térmico em Indústrias: Pesquisas Efetuadas nas Regiões de Joinville, SC e Campinas, SP*. Tese (doutorado), Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2000. 265 p.
- HÉMERY, J.C, DEBEIR, J.P & DELÉAGE J.P. *Uma História da Energia*. Brasília: Editora da Universidade de Brasília/DF, 1993. 448 p.
- HERRERA, A. O., CORONA, L., DAGNINO, R., FURTADO, A., GALLOPÍN, G., GUTMAN, P. & VESSURI. *Las Nuevas Tecnologías y el Futuro de América latina \_ Riesgos y oportunidad*. México: Universidade de Las Naciones Unidas; Siglo XXI, 1994. 358 p.
- HERRERA. A. O. *A Grande Jornada*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1982. 189p.
- \_\_\_\_\_.SCOLNIK, H.,CHICHILNISKY, G.,GALLOPÍN, G.,J.HARDOY, J., MOSOVICH, D.,OTEIZA, E., ROMERO BREST, G. DE.,SUÁREZ, C. & TALAVERA, L. *Catástrofe o nueva sociedad? Modelo Mundial Latinoamericano*. Fundación Bariloche, International Development Research Centre, IDRC, Ottawa, 1977. 127 p.
- IDEC. Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. *Evolução das Tarifas de Energia Elétrica – Impactos para o Consumidor Residencial*. Disponível na Internet. <http://www.uol.com.br/idec/noticias/acionamento> 5 dez 2001
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Clima. Anuário Estatístico do Brasil 1997*. p.88-105.
- \_\_\_\_\_. *Indicadores Sociais Mínimos. 2001*. Disponível na Internet. <http://www1.ibge.gov.br/ibg...aodevida/indicadoresminimos/tabela3.shtm> jun 2001
- \_\_\_\_\_. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, PNAD - 1999*. Disponível na Internet: <http://www1.ibge.gov.br/ibg...lhorendimento/pnad99>. mai 2001.
- \_\_\_\_\_. *Pesquisa de Informações Básicas Municipais*. Disponível na Internet: <http://www.ibge.gov.br/perfil/index.htm> dez 2001.

- IEE. Instituto de Eletrotécnica e Energia Elétrica – USP. Referência disponível na Internet: <http://www.iee.usp.br> ago 2001.
- JANUZZI, G. M. *Improving residential lighting energy efficiency in Brazil*. Campinas: UNICAMP, 1995. Disponível na Internet: <http://alpha.fem.unicamp.br:80/~jannuzi> 28 mar 1999.
- JUBRAN, B. A., AL-SAAD, M. A., ABU-FARIS, N. A. Computational evaluation of solar heating systems using concrete solar collectors. *Energy Conversion and Management* v. 35, n. 12, p. 1143-1155. 1993
- KOWALTOWSKI, D.C. K., PINA, S. A. M. G. & RUSCHEI, R. C. *Relatório científico: Elementos sociais e culturais da casa popular em Campinas – SP*. São Paulo: UNICAMP, Departamento de Construção Civil, Faculdade de Engenharia Civil, ago 1995. 38 p.
- KOWALTOWSKI, D.C. K., PINA, S. A. M. G., RUSCHEI, R.C., OLIVEIRA, P. V. H. *Relatório científico: Uma metodologia de projeto para a casa popular na cidade de Campinas-SP*. São Paulo: UNICAMP, Departamento de Construção Civil, Faculdade de Engenharia Civil, ago 1995. 67 p.
- LA ROVERE. E., ROSA. L. P., RODRIGUES. A. P. (org). *Economia & Tecnologia da Energia*. Rio de Janeiro: Marco Zero - FINEP, 1985. 585 p.
- LEITE, A.D. *A Energia do Brasil*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 528 p.
- MASCARÓ, L. R. *Energia na Edificação: estratégia para minimizar seu consumo*. São Paulo: Projeto Editores Associados, 1991. 213 p.
- MASCARÓ, L. R., MASCARÓ, J. L. & KAEHLER, J. W. *Análise prévia para caracterização de aspectos energéticos dos materiais de construção – Projeto PROCEL P.6.7.2/03-DTsx*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa de Pesquisa e Pós Graduação em Arquitetura, 1988. 76 p.
- MCT. Ministério da Ciência e da Tecnologia. *Economia de Energia*. Disponível na Internet. <http://www.mct.gov.br/energia/economia6.html> 7 dez 2001.
- MAGNOLI, G. C. *MIT self sufficient builddings: solars panels, PVs and renawable energies for sustainable architecture*. Disponível na Internet: <http://architecture.mit.edu/~carlo/carlostable.htm> fev 2002.
- MATWEB The Online Materials Information Resource. Disponível na Internet: <http://www.matweb.com/SpecificMaterial.asp?bassnum=O3300&group=General>. 15 ago 2001.
- MME Ministério de Minas e Energia. *Balanço Energético Nacional 2000*. Brasília: MME. nov 2000.

- \_\_\_\_\_. *PRO-SOLAR Programa Nacional de Energia Solar- Plano Diretor*. Brasília: MME, 1988. 78 p.
- MVEH, J. D. M., KRENZINGER, A., PRIEB, C. W. M. Análise teórica e experimental da eficiência térmica de coletores solares sem cobertura de baixo custo. IN: *X Congresso Ibérico de Energia Solar- NUTAU 2000. Anais*. São Paulo: Marcelo de Andrade Roméro, Helder Gonçalves, CD-room ago 2000.
- NAREDO, J. M. Cuantificando el capital natural. Más alla del valor. In: *Ambiente e Sociedade*, Campinas, N° 3 e 4, p. 29-6, 2° sem 1998/ 1° sem 1999.
- NAYAK, J. K., SUKHATME, S. P., LIMAYE, R. G., BOPSCHETTY, S. U. *Perfomance studies on solar concrete collerctors*. Solar Energy, v. 42,n°.1, p. 45-56. 1989.
- NUNES FILHO, F. B. Consumo de energia elétrica em habitações de baixa renda em Salvador. In: *IV Encontro Nacional do Conforto no Ambiente Construído. Anais Salvador*, 24-28 nov 1997, p. 480-485.
- ODUM, H. T. *Environmental Accounting*. New York: John Wiley & Sons, 1996. 370 p.
- OLADE - SIEE. 2000. Cd-room
- OLGYAY, V. *Arquitectura Y Clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. 1° ed. espanhol. Barcelona: Gustavo Gili, 1998. 203 p.
- OLIVA, G. A., BORGES, T. P. F. Teste de Campo piloto com pré-aquecedor solar de água pra chuveiros elétricos de potência reduzida. In: *VII Congresso brasileiro de energia, II Seminário latino americano de energia. Anais*. Rio de Janeiro: out 1996.
- OLIVA, G. A., MARTINS, W., KUNINI, T. *Notas de visita técnica: projeto energia solar*. Campinas: nov 1988, p. 14-18 apud *CPFL: Relatório interno - Aquecedor solar da mineração Jundu*. Campinas: abr 1989. 20p.
- ORNSTEIN, S & CRUZ, M. Avaliação pós ocupacional APO aplicada em conforto habitacional em São Paulo: análise funcional e ergonômica dos ambientes internos do apartamento como indicadores de qualidade para os futuros projetos. In: *IV Encontro Nacional do Conforto no Ambiente Construído. Anais*. Salvador 1997, p. 513-518.
- ORNSTEIN, S., ROMÉRO, M (col.). *Avaliação Pós-ocupação do Ambiente Construído*. São Paulo: EDUSP, 1992. 224p.
- PEREIRA, J. T.V. *Arquitetura Bioclimática*. In: CESP – Companhia de Energia Elétrica de São Paulo, São Paulo, 1985. P. 64-67.

- PINDYCK, R. & RUBINFED, D. L. *Microeconomia* São Paulo: Makron Books, 1994. 699 p.
- PNUD Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. *Relatório sobre o Desenvolvimento Humano no Brasil 1996*. Rio de Janeiro: IPEA, Brasília: PNUD, 1996. 187 p.
- \_\_\_\_\_. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. *Relatório sobre o Desenvolvimento Humano 2001*. Disponível na Internet. <http://www.undp.org.br/HDR/HDR2001/P-HDI.pdf> set 2001.
- \_\_\_\_\_. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. *Relatório sobre o Desenvolvimento Humano 1999*. Disponível na Internet. <http://www.undp.org.br/HDR/Hdr99/hdi.pdf> set 2001.
- \_\_\_\_\_. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. *Relatório sobre o Desenvolvimento Humano 1997*. Disponível na Internet. <http://www.undp.org.br/HDR/Hdr97/rdh7-10.htm> set 2001
- POCHMANN, M. *Políticas do Trabalho e de Garantia de Renda no Capitalismo em Mudança*. São Paulo: LTr, 1995. 256 p.
- PROCEL. O setor residencial. Disponível na Internet: [http://www.eletronbras.gov.br/procel/main\\_3\\_7\\_3.htm](http://www.eletronbras.gov.br/procel/main_3_7_3.htm) 12 jul 2001
- \_\_\_\_\_. ELETROBRÁS. *Pesquisa de posse de eletrodomésticos de hábitos de consumo. Pesquisa Procel*. Relatórios Volume I, II, III e IV. 1989.
- REDDY, A. K. N., WILLIAMS, R. H. & JOHANSSON T. B. 1997. La energia despues de Rio: Perspectivas y retos. In: *UNDP-Uniteds Nation Development Programe, 2000*. Disponível na Internet. [http://www.undp.org/seed/energy/exec\\_es.html](http://www.undp.org/seed/energy/exec_es.html) 11 dez 2000.
- ROGERS, R. S. *Diffusion Strategy for Residential Solar Hot Water Systems in the U.S.: Technical, Economic and Stakeholder Analyses*. MIT, EUA, 1998. Tese de Doutorado.
- ROMÉRO, M. A. Consumo de energia elétrica e padrões de uso em conjuntos habitacionais para populações de baixa renda. In: *IV Encontro Nacional do Conforto no Ambiente Construído. Anais*. Salvador, 24-28 nov 1997, p. 403-407.
- \_\_\_\_\_. CRUZ, A. ORNSTEIN, S. W. Avaliação dos aspectos construtivos de habitações autoconstruídas: o caso do município de São Paulo. In: *Pré-Moldados e Autoconstrução. Seminário Nacional sobre Desenvolvimento Tecnológico dos Pré-Moldados e Autoconstrução*. São Paulo: NUTAU, FAUSP, USP, 1995. p. 45-57.
- ROSENFELD, E. *El uso de la energía solar en el hábitat del hombre en el mundo occidental*. Buenos Aires: CEA-UBA, 1993.
- SACHS, C. *São Paulo: Políticas Públicas e Habitação popular*. São Paulo: EDUSP, 1999. 277p.

- SACHS, I. *Ecodesenvolvimento - Crescer sem destruir*. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 1986.
- SANTANA, E. L. P. & HAYASHI, T. C. Perfil de consumo de energia em residências na cidade de Salvador. In: *IV Encontro Nacional do Conforto no Ambiente Construído. Anais*. Salvador, 24-28 nov 1997, p. 371-374.
- SEADE Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Disponível na Internet. <http://www.seade.gov.br> Ago 2001
- SEPLAN Secretaria de Planejamento de Campinas. Disponíveis na Internet. <http://www.campinas.sp.gov.br> jul 2001
- SINDUSCON. Sindicato da Construção Civil – São Paulo. Disponível na Internet. <http://www.sindusconsp.com.br>. Nov 2001.
- SOLETROL. Referência disponível na Internet. <http://www.soletrol.com.br> jul 2001
- SOUZA, R. C. R., PEREIRA, G. A. FRANÇA, B. S., MARTINS, G. Aperfeiçoamento e difusão do fogão de queima à limpo no Estado do Amazonas. In: *3º Encontro de Energia no Meio Rural. Anais*. Campinas: set 2000. Cd-room
- SOKOLOV, M., RESHET, M. *Performance simulation of a solar collectors made of concrete with embedded conduite lattice*. Solar Energy, 1992, v.48 ( n. 6), p. 403-411.
- SZOKOLAY, S.V. *Solar energy and buiding*. New York: Halsted Press Division John Wiley & Sons, London: The Architectural Press, 2º ed, 1978. 174 p.
- UNDP. Uniteds Nation Development. *Programe. 2000. Relatório do Desenvolvimento Humano 2000: Índice de Desenvolvimento Humano. 2000*. Disponível na Internet. <http://www.undp.org.br/HDR/HDR2000/rdh2000/default.asp>. 20 jul 2001
- \_\_\_\_\_. Uniteds Nation Development. *Programe. 2001. Relatório do Desenvolvimento Humano 2001: Índice de Desenvolvimento Humano. 2001*. Disponível na Internet. <http://www.undp.org.br/HDR/HDR2001/P-HDI.pdf> 20 jul 2001.
- \_\_\_\_\_. Uniteds Nation Development. *Energy After Rio: Prospects and Challenges*. Disponível na Internet. <http://www.undp.org/seed/energy/chapter2.html> 11 dez 2000.
- VELOSO, M. Adequação da arquitetura a climas quente e seco: o caso da arquitetura vernacular no sertão nordestino. In: *II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Anais*. Fortaleza, 1999.

WHO-OMS. Organização Mundial da Saúde. *Air quality guidelines, WHO, 1999*. Disponível na Internet. <http://www.who.int/fs/en/fact187.html> set 2000

WONNACOTT, P & WONNACOTT, R. *Economia*. 2° ed. São Paulo: Makron Books, 1994. 669 p.

ZILLES, R., MORANTE, F., FEDRIZZI, M. C. Avaliação dos sistemas fotovoltaicos instalados nas residências dos moradores da Ilha do Cardoso. In: *3° Encontro de Energia no Meio Rural. Anais*. Campinas: set 2000. Cd-room