

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

SISBI/UFU



1000228445

7931
5-92
16412
18/MEM



**ESTUDO PROSPECTIVO E ECONÔMICO DA
SUBSTITUIÇÃO DO CHUVEIRO ELÉTRICO PELO
AQUECEDOR SOLAR NA CIDADE DE
UBERLÂNDIA-MG**

Lucilene Silva Dias

Julho

2005

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ESTUDO PROSPECTIVO E ECONÔMICO DA
SUBSTITUIÇÃO DO CHUVEIRO ELÉTRICO PELO
AQUECEDOR SOLAR NA CIDADE DE
UBERLÂNDIA-MG**

Dissertação apresentada por Lucilene
Silva Dias à Universidade Federal de
Uberlândia como parte dos requisitos
para obtenção do título de Mestre em
Ciências.

Sebastião Camargo Guimarães Jr., Dr(UFU)-Orientador
Carlos Henrique Salerno, Dr (UFU)
Fabiana Aparecida de Toledo Silva , Dra (USP)
José Roberto Camacho, PhD (UFU)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Biblioteca

SISBU/UFU

D 228445

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborado pelo Sistema de Bibliotecas da UFU / Setor de Catalogação e Classificação

D541e Dias, Lucilene Silva, 1980-

Estudo prospectivo e econômico da substituição do chuveiro elétrico pelo aquecedor solar na cidade de Uberlândia - MG / Lucilene Silva Dias. – Uberlândia, 2005.

110f. : il.

Orientador: Sebastião Camargo Guimarães Jr.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

Inclui bibliografia.

1. Energia - Fontes alternativas - Teses. 2. Aquecimento solar - Teses.
3. Energia - Conservação - Teses. I. Guimarães Júnior, Sebastião Camargo.
II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Elétrica. III. Título.

CDU: 620.9 (043.3)

**ESTUDO PROSPECTIVO E ECONÔMICO DA
SUBSTITUIÇÃO DO CHUVEIRO ELÉTRICO PELO
AQUECEDOR SOLAR NA CIDADE DE
UBERLÂNDIA-MG**

Dissertação apresentada por Lucilene Silva Dias à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Silva Dias Camargo Guimarães Júnior
Prof. Dr. Sebastião Camargo Guimarães Jr.

"Ser Feliz, eu creio, consiste em viver liberto tanto do apego ao prazer, como do medo da dor". (Hermógenes)

Dedico este trabalho aos meus pais.

Agradecimentos

Primeiramente devo agradecer a Deus, pela força dada em cada passo para a realização deste trabalho.

Depois não devo esquecer as pessoas que estiveram presentes nesta jornada, entre elas está a minha mãe, pessoa que sempre se mostrou disposta a estender a mão nos momentos de dificuldade.

Ao meu querido Rodrigo Stanziola Teixeira, pelo companheirismo e pelo amor, também essenciais para dar força em todos os momentos.

Meus sinceros agradecimentos ao prof. Sebastião Camargo Guimarães Jr., pela confiança e sobretudo pela orientação dada neste trabalho.

A todos os meus colegas e companheiros do Núcleo de Eletricidade Rural e Fontes Alternativas de Energia. Ao Prof. Ph.D. José Roberto Camacho, pela ajuda nos primeiros passos. Ao colega e Prof. Ibrahim Andraus Gassani pela ajuda nos temas referentes à estatística. Ao amigo e aluno Elvio Prado da Silva, pela valiosa ajuda na edição do texto deste trabalho.

E finalmente para a minha querida e pequena Isabela, que, apesar de ainda estar para chegar, já me contempla com a luz de sua existência.

Resumo

Dias, L.S. ESTUDO PROSPECTIVO E ECONÔMICO DA SUBSTITUIÇÃO DO CHUVEIRO ELÉTRICO PELO AQUECEDOR SOLAR NA CIDADE DE UBERLÂNDIA-MG. Aquecimento Solar, FEELT-UFU, Uberlândia, 2005, 110 páginas.

Este trabalho traz o resultado de uma pesquisa a respeito da utilização do aquecedor solar em substituição ao chuveiro elétrico realizada na cidade de Uberlândia.

A realização deste trabalho objetiva fazer um levantamento de diversos ítems relacionados à utilização da tecnologia solar para aquecimento de água. Estes ítems são verificados em diversos contextos: desde os profissionais que atuam nesta área (Engenheiros e Arquitetos projetistas e instaladores de sistemas de aquecimento solar), a população em geral e os usuários de aquecimento solar. Ao longo do trabalho são mostradas as vantagens na adoção de sistemas de aquecimento solar em substituição ao chuveiro elétrico, tanto do lado das concessionárias de energia elétrica quanto do lado do consumidor.

Uma comparação econômica das duas alternativas de aquecimento de água em questão neste trabalho é feita dando ênfase ao preço da energia elétrica aplicado aos consumidores residenciais, mostrando o tempo de retorno do investimento na compra do aquecedor solar e a economia obtida no final do ciclo de vida de utilização deste.

Finalmente é feita uma análise das contas de energia elétrica das residências onde foi feita a substituição do chuveiro elétrico pelo aquecedor solar, mostrando a economia obtida.

Palavras-chave

Aquecimento Solar, Chuveiro elétrico, Conservação de energia, Uso final de energia, Fontes renováveis de energia.

Abstract

Dias, L.S. A Prospective and Economic Study in the Substitution of the Electric Shower by the Solar Water Heater in the City Of Uberlândia - MG.
Solar Heating, FEELT-UFU, Uberlândia, 2005, 110 pages.

This work shows the results of a field research concerning the substitution of the electric shower by the solar water heater made in the city of Uberlândia.

The objective of this work is to study some items related to the use of solar technology for water heating. These items are covered with many subjects like: professionals that work in the area like engineers and architects, the ordinary citizen and users of water solar heater. The advantages of the solar water heating systems over the electric shower are shown, in terms of load side management as well as demand side management. An economic return on investment comparison is made between the two alternatives for water heating, with special attention given to the electric energy tariff cost of residential consumers.

The specific time for the return on investment as well as the economy obtained during the life cycle of solar heater is shown.

Keywords

Electric Shower, Energy End Use, Energy Conservation, Renewable and Alternative Energy, Solar Water Heating.

Sumário

Sumário	viii
Lista de Figuras	xii
Lista de Tabelas	xiii
Simbologia	xiv
Abreviaturas	xv
1 Introdução	1
2 Uso da Energia Solar	7
2.1 A Energia do Sol	7
2.2 Formas de Aproveitamento da Energia Solar	10
2.2.1 Energia Solar Passiva	10
2.2.2 Energia Solar Ativa	11
2.2.3 Geração Fotovoltaica	11
2.2.4 Energia Solar Térmica	12
2.3 Coletores de concentração	13
2.4 Aquecedores Solares Planos	14
2.4.1 Principais Componentes do Aquecedor Solar Plano	14
2.4.2 Coletor Solar	15
2.4.3 Instalação	16
2.4.4 Armazenamento de calor	18
2.4.5 Fonte Auxiliar de Energia	19
2.5 Principais Configurações do sistema de Aquecimento Solar	19
3 Gerenciamento do Uso final da Energia Elétrica - Aquecimento de Água	22
3.1 Introdução	22

3.2	Gerenciamento Pelo Lado da Demanda e Aquecimento de água	27
3.2.1	Objetivos dos Programas de GLD	29
3.2.2	Barreiras ao Consumidor	33
3.2.3	O Aquecedor Solar Como Uma Forma de Geração Distribuída	34
4	Considerações Econômicas da Aquisição do Aquecedor Solar do Lado do Consumidor	36
4.1	Introdução	36
4.2	Considerações Sobre a Tarifa de Energia Elétrica Aplicada ao Consumidor Residencial	39
4.2.1	A Incidência do ICMS Sobre a Tarifa de Energia Elétrica .	42
4.3	Avaliação Econômica de Aquisição do Aquecedor Solar	43
4.3.1	Análise de Ciclo de Vida Econômico	43
4.3.2	Valor do Dinheiro no Tempo	45
4.3.3	Custos de Aquecimento com Chuveiro Elétrico	46
4.3.4	Custos de Aquecimento Através da Energia Solar	46
4.3.5	Comparação Econômica	49
4.3.6	Análise Econômica Para a Compra do Aquecedor Solar no Ano de 2010	52
4.4	Conclusões	55
5	Pesquisas Realizadas	58
5.1	Questionário Aplicado ao Público em Geral	58
5.1.1	Descrição da Pesquisa	58
5.1.2	Escolaridade das Pessoas Entrevistadas	60
5.1.3	Conhecimento a Respeito do Aquecedor Solar	60
5.1.4	Escolaridade dos Entrevistados que Declararam Não Conhecer o Aquecedor Solar	61
5.1.5	Meios de Informação a Respeito do Aquecedor Solar	62
5.1.6	Respostas dos Entrevistados à Pergunta se Instalariam ou não o Aquecedor Solar	63
5.1.7	Razões Para se Instalar o Aquecedor Solar	64
5.2	Questionário Aplicado aos Engenheiros e Arquitetos	64
5.2.1	Descrição da Pesquisa	64
5.2.2	Porcentagem de Participação em Projetos de Aquecimento Solar	66
5.2.3	Tempo de Experiência com Projetos	66
5.2.4	Qualificação Específica dos Profissionais	67
5.2.5	Número de Aquecedores Propostos Por Cada Profissional	69
5.3	Questionário Aplicado aos Instaladores de Aquecedor Solar	69
5.3.1	Descrição da Pesquisa	69
5.3.2	Escolaridade dos Instaladores	70
5.3.3	Qualificação Específica dos Profissionais	71

5.3.4	Tempo de Experiência dos Instaladores	71
5.4	Conclusões	72
6	Pesquisa Realizada Junto aos Usuários de Aquecimento Solar	74
6.1	Introdução	74
6.2	Descrição da Pesquisa	74
6.3	Caracterização dos Moradores	77
6.3.1	Número de Moradores Por Habitação	77
6.3.2	Idade dos Moradores	78
6.3.3	Escolaridade	79
6.3.4	Renda Familiar	79
6.4	Conhecimento dos Entrevistados	80
6.4.1	Meios de Informação a Respeito da Tecnologia de Aquecimento Solar	80
6.4.2	Conhecimento de Linhas de Crédito Específico para Financiamento do Aquecedor Solar	81
6.5	Detalhes Referentes às Instalações	82
6.5.1	Ângulo de Inclinação dos Coletores Solares	82
6.5.2	Orientação das Placas Solares	85
6.5.3	Fonte Auxiliar de Energia	86
6.5.4	Limpeza Nos Vidros do Aquecedor Solar	87
6.5.5	Problemas com a Instalação	88
6.5.6	Satisfação do Usuário	89
6.6	Análise das Contas de Energia Elétrica	90
6.6.1	Percepção Por Parte do Usuário na Redução do Consumo de Energia Elétrica	91
6.6.2	Economia em kWh Por Residência	92
6.6.3	Distribuição Normal da Amostra Pesquisada	96
6.6.4	Conclusões	97
7	Conclusões Finais	99
7.1	Considerações Finais	99
7.2	Sugestões Para Trabalhos Futuros	102
Referências Bibliográficas		104
Anexos		108
A Dados obtidos da Estação Meteorológica		108
B Localização das residências visitadas		110

Lista de Figuras

2.1	<i>Variação da altura do sol com a latitude</i>	9
2.2	<i>Estações do ano</i>	9
2.3	<i>Forma direta de utilização da energia solar</i>	10
2.4	<i>Painel Fotovoltaico</i>	12
2.5	<i>Concentrador cilindro parabólico e plataforma solar da Califórnia, EUA</i>	14
2.6	<i>Concentrador tipo torre central e plataforma solar de Almeria, Espanha</i>	14
2.7	<i>Coletor solar plano</i>	15
2.8	<i>Médias dos calores acumulados para diferentes ângulos de inclinação, extraída de [21]</i>	17
2.9	<i>Configuração do sistema de aquecimento solar para circulação natural</i>	20
2.10	<i>Sistema ativo direto</i>	21
3.1	<i>Consumo de energia elétrica no Brasil por setor, 2003</i>	23
3.2	<i>Distribuição do consumo residencial por uso final de eletricidade</i>	23
3.3	<i>Curva de demanda desagregada residencial - CEMIG 1996</i>	24
3.4	<i>Curva típica de demanda</i>	25
3.5	<i>Demandá máxima com chuveiro, extraída de [28]</i>	25
3.6	<i>Demandá máxima sem chuveiro, extraída de [28]</i>	26
3.7	<i>Desagregação da curva de carga - CPFL</i>	28
3.8	<i>Alterações básicas na curva de carga - (a)Redução do pico; (b)Preenchimento de vales; (c)Mudanças na carga; (d)Conservação Estratégica; (e)Crescimento estratégico de carga; (f)Curva de carga flexível</i>	30
4.1	<i>Taxas de Crescimento do Mercado de Aquecedor Solar no Brasil (1985-2003)</i>	37
4.2	<i>Área de coletores solares Instalada</i>	38
4.3	<i>Variações acumuladas dos preços da tarifa residencial, IPCA e salário mínimo</i>	40
4.4	<i>Projeção das variações acumuladas sofridas pela tarifa de energia elétrica residencial e o IPCA até 2010</i>	41
4.5	<i>Custos anuais com as fontes elétrica e solar para aquecimento de água</i>	50
4.6	<i>Economia acumulada obtida com a substituição do chuveiro</i>	52

4.7	<i>Economia acumulada obtida com a compra do aquecedor solar no ano de 2010</i>	54
4.8	<i>Economia acumulada obtida com a compra do aquecedor solar por uma família com 5 moradores no ano de 2010</i>	55
5.1	<i>Escolaridade das pessoas entrevistadas</i>	60
5.2	<i>Conhecimento a respeito do aquecedor solar das pessoas entrevistadas</i>	61
5.3	<i>Escolaridade das pessoas que declararam não possuírem nenhuma referência a respeito do aquecedor solar</i>	62
5.4	<i>Meios de informação a respeito do aquecedor solar</i>	62
5.5	<i>Resposta dos entrevistados à pergunta se instalariam o aquecedor solar</i>	63
5.6	<i>Possíveis razões para se instalar o aquecedor solar</i>	64
5.7	<i>Porcentagem de engenheiros que trabalham com projetos de aquecimento solar</i>	66
5.8	<i>Distribuição de Frequência do Tempo de Experiência Com Aquecimento Solar dos Entrevistados</i>	67
5.9	<i>Capacitação específica dos entrevistados e atuação em dimensionamentos de sistemas solares</i>	68
5.10	<i>Número de aquecedores inseridos pelos profissionais entrevistados</i>	69
5.11	<i>Escolaridade dos Instaladores de Aquecedor Solar</i>	70
5.12	<i>Tempo de Experiência dos Instaladores</i>	72
6.1	<i>Inclinômetro utilizado nas medições</i>	75
6.2	<i>Distribuição de freqüência do número de moradores por habitação</i>	77
6.3	<i>Distribuição da população por faixas etárias</i>	78
6.4	<i>Escolaridade das pessoas que adquiriram o aquecedor solar</i>	79
6.5	<i>Distribuição de frequência do número de salários mínimos das famílias</i>	80
6.6	<i>Meios de informação a respeito do aquecedor solar</i>	81
6.7	<i>Frequência Relativa dos ângulos de inclinação medidos</i>	83
6.8	<i>Foto do aquecedor solar de uma das residências visitadas</i>	84
6.9	<i>Frequência relativa das declinações medidas</i>	85
6.10	<i>Percepção da economia por parte do usuário</i>	91
6.11	<i>Comparação de consumo de energia elétrica - residência 1</i>	93
6.12	<i>Comparação de consumo de energia elétrica - residência 2</i>	93
6.13	<i>Comparação de consumo de energia elétrica - residência 3</i>	94
6.14	<i>Reduções médias mensais obtidas em todas as residências</i>	96
6.15	<i>Frequência absoluta das reduções percentuais médias obtidas em todas as residências</i>	96
6.16	<i>Distribuição normal da redução percentual mensal</i>	97
B.1	<i>Mapa com a localização das residências visitadas</i>	110

Lista de Tabelas

3.1	<i>Conceitos de gerenciamento e ações ao uso do chuveiro elétrico</i>	32
4.1	<i>Valores da tarifa de energia elétrica em R\$/MWh aplicados aos setores residencial, comercial e industrial</i>	40
4.2	<i>Custo médio de aquisição do aquecedor solar em função do número de moradores</i>	47
4.3	<i>Valores utilizados na análise</i>	50
4.4	<i>Economias percentuais obtidas nos anos em que foi feita manutenção no aquecedor solar</i>	51
4.5	<i>Comparação econômica com variação do número de moradores</i>	52
4.6	<i>Estimativa do Acréscimo Acumulado Sofrido Pela Tarifa de Energia Elétrica Residencial e Pelo IPCA até o ano de 2010</i>	53
4.7	<i>Custo médio de aquisição do aquecedor solar corrigido para o ano de 2010 em função do número de moradores</i>	53
4.8	<i>Valores atualizados para o ano de 2010</i>	53
4.9	<i>Comparação econômica para o ano de 2010 com variação do número de moradores</i>	54
5.1	<i>Questionário aplicado ao público em geral</i>	59
5.2	<i>Questionário aplicado aos engenheiros e arquitetos</i>	65
5.3	<i>Questionário aplicado aos instaladores de sistemas de aquecimento solar</i>	70
6.1	<i>Questionário apresentado aos usuários de aquecimento solar</i>	76
6.2	<i>Economias médias mensais obtidas por residência</i>	94
6.3	<i>Média e desvio padrão dos valores de economia percentual para todas as residências</i>	95
A.1	<i>Dados da Estação Meteorológica da Universidade Federal de Uberlândia - ano 2000</i>	108
A.2	<i>Dados da Estação Meteorológica da Universidade Federal de Uberlândia - ano 2001</i>	109
A.3	<i>Dados da Estação Meteorológica da Universidade Federal de Uberlândia - ano 2002</i>	109
A.4	<i>Dados da Estação Meteorológica da Universidade Federal de Uberlândia - ano 2003</i>	109

Simbologia

Cal – unidade de caloria

C_p – calor específico da água

d – taxa de desconto (%)

Δ_t – variação de temperatura desejada

f – fração solar (%)

F – valor futuro do investimento (R\$)

i – taxa de aumento da tarifa de energia elétrica (%)

Kg – unidade de massa

kW – quilowatt – unidade de potência ativa ($10^3\ W$)

kWh – quilowatthora - unidade de consumo de energia elétrica ($10^3\ Wh$)

m – massa de água a ser aquecida

MWh – megawatthora- unidade de consumo de energia elétrica ($10^6\ Wh$)

n – número de períodos de capitalização

ω – ângulo horário

p – tarifa de energia elétrica (R\$ – *kWh*)

P – valor presente do investimento (R\$)

P_m – potência média do chuveiro ao longo do ano (kW)

Q – quantidade de calor necessária para aquecer a água (*Cal*)

Q_{solar} – parcela de participação do aquecimento solar

Q_{total} – energia total demandada para aquecimento de água

t – tempo médio de banho por pessoa

T – hora em que se deseja calcular o ângulo.

TWh – terawatthora - unidade de consumo de energia elétrica ($10^{12}\ Wh$)

Abreviaturas

ABRAVA - Associação Brasileira de Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

BEN - Balanço Energético Nacional

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais

FMI - Fundo Monetário Internacional

GLD - Gerenciamento Pelo Lado da Demanda

GLO - Gerenciamento Pelo Lado da Oferta

IPCA - Índice de Preços ao Consumidor Amplo

Capítulo 1

Introdução

Um dos grandes desafios deste século é, sem dúvida, o abastecimento energético mundial. O mundo inteiro vive hoje o desafio de continuar seu desenvolvimento e atender às necessidades do homem moderno sem degradar o meio ambiente.

O uso predominante de combustíveis fósseis na matriz energética mundial conduz a dois problemas de grande importância: o crescimento nos níveis de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera terrestre e o esgotamento das fontes energéticas. Estas duas consequências sozinhas já justificariam qualquer esforço para mudar o panorama mundial de utilização dos combustíveis fósseis para a utilização de fontes limpas de energia.

No caso do Brasil, a geração de energia elétrica se dá pelas usinas hidrelétricas, o que não representa emissões de CO_2 na atmosfera, porém os custos de implantação destas usinas tendem a ficar mais elevados com o passar do tempo, pois os locais com condições mais favoráveis à implantação de hidrelétricas já foram explorados, restando os de exploração mais difícil.

Ainda, outros inconvenientes relacionados à construção de usinas hidrelétricas estão no impacto ambiental que esta ação causa, como a inundação de grandes áreas terrestres, que resultam em uma grande mudança na fauna e na flora ribeirinhas, o impacto social causado pelo deslocamento de populações e a destruição

de áreas de subsistência.

Uma estratégia para atenuar tanto o problema da escassez de recursos quanto do impacto ambiental causado pela construção de hidrelétricas seria combinar duas ações: racionalizar o uso da energia elétrica e investir em novas fontes de geração.

A alternativa de racionalizar o uso da energia elétrica implica em ações diretamente nos usos finais da energia, visando conhecer a participação de cada um deles no consumo total de eletricidade para aplicar ações específicas a cada uso. Tais ações estão inseridas num programa de Gerenciamento Pelo Lado da Demanda (GLD).

Os Programas de GLD atuam nos setores de consumo separadamente, considerando o potencial de cada setor em contribuir para uma melhor utilização da energia elétrica.

No caso do setor residencial, o uso final aquecimento de água merece grande atenção destes programas. O aquecimento de água se constitui num uso final com grande participação no consumo de energia elétrica do setor residencial, como mostrou a pesquisa realizada por [14]. Este fato pode ser explicado pela grande penetração do chuveiro elétrico nas residências brasileiras, como mostrado por [28] e, ainda, como colocado por [33]:

“O Brasil inventou o chuveiro elétrico e, aliado ao grande potencial hidrelétrico existente no país e aos pesados investimentos havidos na construção de usinas, permitiu-se e até mesmo motivou-se de forma involuntária a total proliferação de seu uso por todo o território nacional, constituindo desta maneira o padrão de sistema de aquecimento de água para banho da nação, caso único no mundo”.

O aquecimento de água comporta diversas variáveis, como consumo de água e de energia, demanda, vazão e temperaturas e riscos aos usuários. Enquanto consumo e demanda de energia estão relacionados a problemas econômicos, vazões e temperaturas constituem preocupações do lado do conforto do usuário. Em se falando dos riscos, devem ser mencionados os choques elétricos, que podem ocorrer quando se manuseia a chave para alterar a potência do aparelho quando este está

ligado.

O fato do chuveiro elétrico ser um equipamento de preço reduzido, de fácil instalação e também de uso muito prático resultou em uma acomodação geral por parte da população brasileira, pois o consumidor costuma comprar seus equipamentos avaliando apenas o investimento inicial. Porém, para a concessionária de energia elétrica, a difusão do uso deste equipamento acarreta um alto investimento em infra-estrutura, exigido pela concentração do uso no horário de ponta de carga e pelo alto consumo de energia.

A influência do uso do chuveiro elétrico na curva de carga residencial brasileira tem motivado a realização de muitos trabalhos que se preocuparam em avaliar o consumo e a demanda relativos ao uso deste equipamento. Muitos destes estudos buscaram também avaliar a proposta de substituição do chuveiro elétrico por outras alternativas. O trabalho desenvolvido por [26] faz um levantamento da utilização do chuveiro elétrico no Estado de São Paulo, avaliando os custos e benefícios de cada alternativa à sua substituição.

Todos os inconvenientes relacionados à utilização do chuveiro elétrico como opção nacional de aquecimento de água para banho também levaram [18] a concluir que este equipamento se constitui numa sub-utilização de uma energia nobre e cara que é a produzida pelas hidrelétricas.

Um outro detalhe relevante que evidencia a necessidade de mudança no padrão de aquecimento de água do país é a crise no fornecimento de energia elétrica ocorrida no ano de 2001, fato que forçou a população brasileira a economizar energia elétrica, resultando numa preocupação especial com o uso do chuveiro elétrico.

Nesta ocasião muitas famílias optaram por substituir o aquecimento elétrico de água pelo aquecimento a gás ou solar. Entretanto deve-se salientar que o uso do gás não foi muito difundido pelo fato de haver poucas cidades no Brasil que oferecem esta alternativa. Logo, o que se observou foi um grande incentivo ao uso do aquecedor solar, resultando em um grande salto nas vendas do equipamento, pois muitas famílias que tiveram condições financeiras de adquirir um aquecedor solar, optaram por esta alternativa para atender à meta de racionamento de

energia elétrica.

Apesar do crescimento no uso do aquecedor solar ser recente, observa-se que, conforme [10], o mercado brasileiro de aquecimento solar teve seu crescimento em números consideráveis nos meados da década de 70, estimulado pelas discussões em torno da crise do petróleo. Praticamente todos os programas nacionais de pesquisa e desenvolvimento em aquecimento solar iniciaram-se no período entre 1974 e 1977, e, em termos políticos, eles foram motivados pelo desejo de diversificar os suprimentos nacionais de energia e tornar cada país menos dependente do petróleo importado.

Mesmo com todo este tempo de conhecimento da alternativa de aquecimento solar, o Brasil manteve-se omissa quanto a um plano de desenvolvimento desta aplicação. Países como Estados Unidos, Austrália, Índia, França, Alemanha e Israel já trabalharam e trabalham em diferentes planos de desenvolvimento tecnológico e comercial do aquecedor solar. Israel, por exemplo, iniciou seu plano ainda na década de 50 e alcança ainda hoje a invejável marca de 70% das residências com aquecimento solar. Se esses países incentivam este uso mesmo tendo alguns deles conhecidamente baixos índices de insolação, por que ainda o Brasil aguarda para um emprego em larga escala desta tecnologia? [33].

Na década de 80, após o chamado Programa Brasileiro de Energia Solar (Pró-Solar) não haver saído do papel, o mercado empenhou-se em um esforço de desenvolvimento técnico e comercial que culminou em um crescimento mais acelerado na década de 90. Como fatores que contribuíram para este crescimento, devem ser citados a profissionalização no segmento, com o surgimento de projetistas, instaladores e distribuidores independentes, o aprimoramento das técnicas comerciais e a melhoria na qualidade dos equipamentos.

No caso da utilização da fonte solar para geração de energia elétrica, os avanços tecnológicos nos sistemas solares têm sido possibilitados, conforme [23], principalmente, pelos avanços do conhecimento dos materiais como os espelhos de maior reflectância e superfícies seletivas com melhores propriedades óticas.

Já no caso da utilização para aquecimento de água em usos domésticos, muitos estudos se voltaram para a otimização de sistemas de aquecimento solar, como o

realizado por [4], que utilizou um procedimento computacional para encontrar o dimensionamento otimizado de um sistema de aquecimento solar de água, levando em consideração as diversas variáveis de projeto, como área das placas coletoras, volume do reservatório e outras, resultando em um mínimo custo do equipamento ao longo de sua vida útil.

Também deve-se considerar que muitos destes trabalhos se dedicaram a mostrar as vantagens do uso da energia solar para aquecimento, e entre eles está o desenvolvido por [5], que faz um levantamento estatístico das residências com chuveiro elétrico na cidade de Campina Grande - PB, avaliando o retorno do investimento em aquecedores solares em função da tarifa de energia elétrica residencial e do custo marginal de fornecimento. Os resultados obtidos neste trabalho apontam os benefícios da utilização do aquecedor solar em substituição ao chuveiro elétrico para o consumidor e para a concessionária.

Embora muitos trabalhos avaliem o lado econômico, as vantagens ainda vão além da economia de energia elétrica que o uso do aquecedor solar representa. O trabalho realizado por [22] fez um estudo do ciclo de vida do aquecedor solar, avaliando os impactos ambientais associados ao uso deste equipamento, desde a extração da matéria prima até o fim do ciclo de vida. O autor conclui que um sistema solar térmico disponível no mercado português rapidamente compensa os gastos energéticos decorrentes do seu ciclo de vida, sendo o tempo de retorno energético inferior a dois anos, para taxas de reciclagem superior a 50%. Quanto à emissão de gases de efeito estufa, o retorno ambiental varia entre cinco meses quando utilizado apoio térmico elétrico e um ano e dois meses quando utilizado apoio térmico a gás natural.

Embora toda a bibliografia revisada não deixasse dúvida das vantagens do aquecedor solar, este trabalho se motivou por estudá-las, além disto sentiu-se a falta de um trabalho que buscasse uma interação maior com a realidade vivida na prática das residências onde haviam sido instalados aquecedores solares, representando a economia que as famílias obtiveram, bem como a opinião e a satisfação dos usuários e ainda o conhecimento destas pessoas com relação a esta tecnologia.

A realização deste trabalho objetiva fazer um levantamento de diversos itens

relacionados à utilização da tecnologia solar para aquecimento de água na cidade de Uberlândia. Estes ítems serão verificados em diversos contextos: desde os profissionais que atuam nesta área (Engenheiros e Arquitetos projetistas e instaladores de sistemas de aquecimento solar), a população em geral e os usuários de aquecimento solar.

A metodologia de investigação adotada por este trabalho será a forma de questionamento a este público alvo. Esta metodologia tem sido utilizada em muitos trabalhos acadêmicos e vem atendendo aos objetivos traçados nestes trabalhos.

Um levantamento de dados de consumo de energia elétrica nas residências onde foi adotado o aquecedor solar em substituição ao chuveiro elétrico foi feita com objetivo de mostrar a economia que estas famílias obtiveram. O trabalho será dividido em 7 capítulos.

No Capítulo 2 deste trabalho é enfocada a parte técnica do sistema de aquecimento solar, situando-o no contexto de utilização da energia solar, sendo mostradas brevemente as outras formas de utilização deste tipo de energia.

No Capítulo 3 é inserida a utilização do aquecedor solar no contexto de um programa de Gerenciamento Pelo Lado da Demanda, mostrando-se as vantagens que podem ser obtidas pela utilização deste equipamento, com enfoque prioritário ao lado das concessionárias de energia elétrica.

Já no Capítulo 4 é priorizada a análise considerando o lado do consumidor, mostrando os aspectos econômicos da utilização do aquecedor solar em uma comparação com o uso do chuveiro elétrico.

No Capítulo 5 são introduzidos os resultados das pesquisas de campo, relatando os questionários aplicados aos engenheiros e arquitetos que fazem projeto de moradias, aos instaladores de equipamentos solares e também ao público em geral.

No Capítulo 6 é mostrado o resultado da pesquisa que foi aplicado ao público de maior interesse deste trabalho, considerando os dados obtidos do questionário que foi aplicado junto às famílias que optaram pelo uso do aquecedor solar.

E finalmente no Capítulo 7 são feitas as conclusões finais, permeando todo o trabalho realizado e apresentando sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Uso da Energia Solar

2.1 A Energia do Sol

A radiação solar é a fonte primária de todos os fenômenos atmosféricos e de processos físicos, químicos e biológicos observados em ecossistemas agrícolas, podendo ser aproveitada sob várias formas, como a captura pela biomassa, o aquecimento de ar e de água para fins domésticos e industriais, fotoelétricidade para pequenos potenciais e fontes para ciclos termodinâmicos variados [27]. Seja qual for o processo de captura de energia solar considerado, será sempre necessária a avaliação da disponibilidade de radiação solar em determinada região.

A energia proveniente do Sol chega até a superfície terrestre propagando-se como energia radiante ou, simplesmente, radiação. Chama-se *irradiância* a intensidade da radiação solar num plano perpendicular à sua direção de propagação e é medida em W/m^2 . Um parâmetro usado para caracterizar a entrada de radiação solar é a constante solar, definida como a *irradiância* solar no topo da atmosfera. A *constante solar* é a energia provinda do sol, por unidade de tempo, recebida em uma área unitária perpendicular à direção da propagação da radiação e medida por meio da distância Terra-Sol, no topo da atmosfera. De acordo com [13], o valor da *constante solar* é $1367\text{ }W/m^2$. A transmissão da radiação solar na atmosfera é um processo complexo e de difícil descrição devido ao grande número de propriedades físicas da atmosfera que a influenciam.

A radiação que atinge a Terra não possui o mesmo valor em todas as regiões do globo terrestre. A intensidade de radiação solar varia por região de acordo

com alguns parâmetros, como :

- Latitude: Como a superfície da Terra é curva, a altura do Sol varia com a latitude, como mostrado na Figura 2.1. À proporção que a latitude aumenta, a área da superfície terrestre que os raios solares atingem é maior, resultando em uma menor concentração de radiação.
- Estações do ano: O movimento de translação da Terra em torno do Sol, responsável pelas estações do ano, descreve uma órbita elíptica plana. Entretanto, o eixo de rotação da terra possui uma defasagem de $23,45^\circ$ em relação ao eixo da elipse, como mostrado na Figura 2.2. Desta forma, a exposição das regiões Norte e Sul aos raios solares varia por períodos do ano.
- Hora do dia: A cada hora do dia os raios solares atingem uma dada superfície sob diferentes ângulos. A hora angular ω é o ângulo dado pela diferença entre a hora que se deseja calcular o ângulo T e o meio dia solar.

$$\omega = \frac{12 - T}{24} \cdot 360^\circ \quad (2.1)$$

Onde:

ω - ângulo horário

T - hora em que se deseja calcular o ângulo.

- Condições Atmosféricas: Existência de nuvens encobrindo o céu interferem na intensidade da radiação que atinge a superfície terrestre. A existência de fumaça, material particulado e poluição também pode ser um fator importante.
-

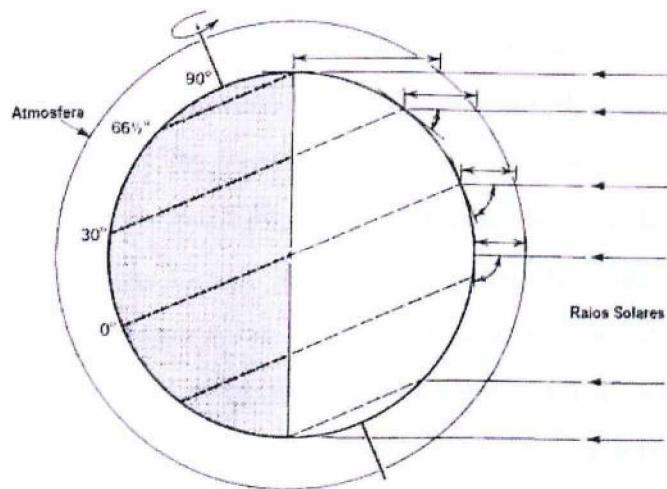


Figura 2.1: Variação da altura do sol com a latitude

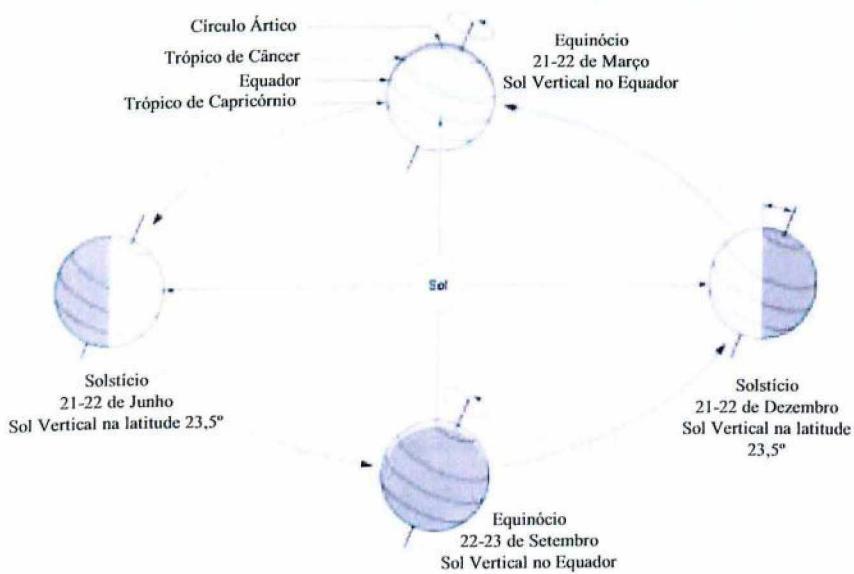


Figura 2.2: Estações do ano

2.2 Formas de Aproveitamento da Energia Solar

A energia irradiada pelo sol é fonte de quase toda energia disponível ao homem, seja como energia vital ou como forma direta ou indireta de geração de energia. No nosso ecossistema, através de diversos ciclos naturais, a radiação solar é convertida em outras formas potenciais de geração de energia. Mas corriqueiramente o termo "energia solar" só é utilizado para expressar as formas diretas de aproveitamento desta forma de energia. As formas indiretas de aproveitamento são aquelas que utilizam fontes onde a energia solar tem participação na formação deste tipo de energia, alguns exemplos são os tipos de geração hidrelétrica, eólica e biomassa.

A forma direta de utilização da energia solar se divide em dois grandes grupos: energia solar passiva e ativa. Na Figura 2.3, extraída de [34], é mostrada esta divisão de maneira esquematizada.

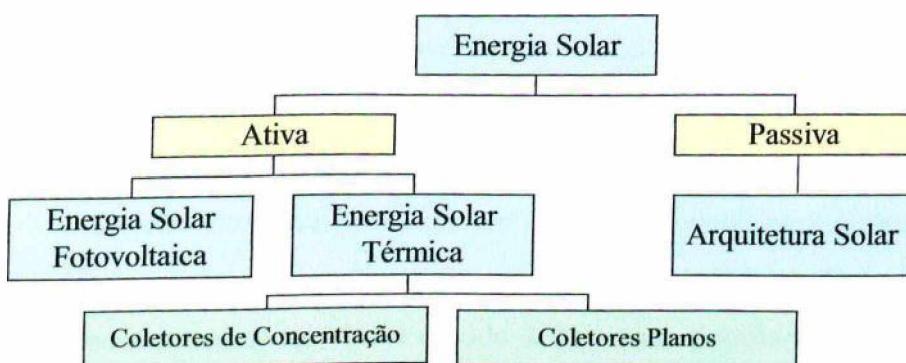


Figura 2.3: Forma direta de utilização da energia solar

2.2.1 Energia Solar Passiva

O aproveitamento térmico para aquecimento de ambientes, denominado aquecimento solar passivo, ocorre através da absorção ou penetração da radiação solar nas edificações, reduzindo as necessidades de aquecimento e iluminação. É a adoção de soluções arquitetônicas e urbanísticas adaptadas às condições específicas (clima e localização geográfica) de cada lugar, visando um máximo de aproveitamento da disponibilidade de luz e calor.

2.2.2 Energia Solar Ativa

Existem duas formas de aproveitamento ativo da energia solar: a Geração Fotovoltaica e a Energia Solar Térmica.

2.2.3 Geração Fotovoltaica

Os sistemas convencionais de fornecimento de energia elétrica , caracterizados pela produção e distribuição centralizadas, nem sempre atendem a população como um todo, ficando, assim, muitas residências sem suprimento de energia elétrica. Este fato contribui para a busca de opções de geração descentralizada e uma forma é o emprego de painéis fotovoltaicos, que utilizam como fonte a energia solar.

O princípio de conversão da luz solar em eletricidade é o efeito fotovoltaico, que consiste essencialmente na conversão da energia luminosa incidente sobre materiais semicondutores em corrente elétrica. O material mais utilizado na fabricação de células fotovoltaicas é o silício.

O sistema fotovoltaico possui um grande potencial para suprimento de energia elétrica em regiões rurais remotas, onde a extensão da linha de transmissão não é economicamente viável devido à dispersão populacional e à distância das residências aos centros de geração e distribuição de energia elétrica. No Brasil, as regiões Norte e Nordeste são as mais atingidas pela falta de eletrificação.

Um dos requisitos básicos para o desenvolvimento auto-sustentável e humano de um país é o desenvolvimento de suas regiões rurais, sobretudo a melhoria da qualidade de vida dos habitantes. O subdesenvolvimento dessas regiões tem com uma das causas a falta de energia elétrica [11].

O uso de sistemas fotovoltaicos em regiões isoladas eleva o padrão de vida da população, possibilita a fixação do homem ao campo e propicia a formação de uma sociedade mais justa e estável.

Na Figura 2.4 é feito um esboço do funcionamento de um painel fotovoltaico.

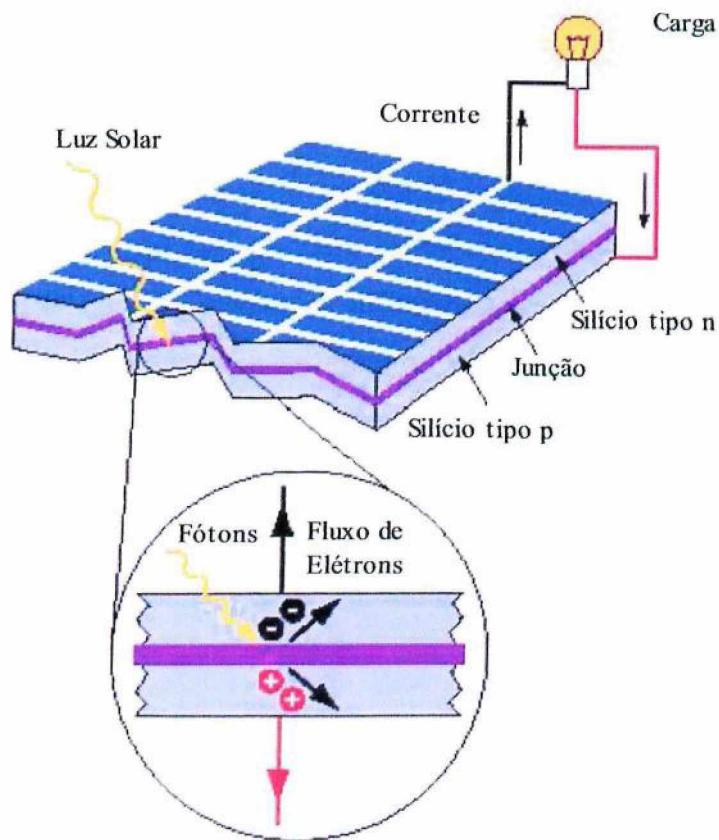


Figura 2.4: Painel Fotovoltaico

2.2.4 Energia Solar Térmica

O aquecimento de água por energia solar pode ser destinado ao uso domiciliar, industrial ou ainda para a geração de energia, com emprego de coletores solares. O coletor solar é responsável pela captação da energia irradiada pelo sol e pela conversão desta energia em calor utilizável. De acordo com o uso, existem dois tipos fundamentais de coletores:

- Coletores de Concentração;
- Coletores Planos.

Estes dois tipos de coletores serão detalhados nas seções seguintes.

2.3 Coletores de concentração

O coletor de concentração consiste em um grande refletor parabólico ou uma grande lente Fresnel, que recebe os raios solares e os direciona a um receptor relativamente pequeno. O absorvedor contém água ou outro líquido de transferência.

Todas as tecnologias de energia solar concentrada para geração de energia elétrica consistem em quatro elementos básicos: concentrador, receptor, transporte/armazenamento e conversão de energia. As principais tecnologias mais desenvolvidas são diferenciadas pela característica da superfície refletora, na qual a radiação solar incide sendo refletida. Estas são o sistema cilindro-parabólico, o sistema disco-parabólico, e o sistema de torre, conhecido como receptor central.

Os aquecedores do tipo concentrador permitem obter temperaturas muito mais elevadas do que os coletores planos, por isto são utilizados para fins industriais e de geração termelétrica.

O coletor de concentração requer uma montagem sobre mecanismo de rastreamento da posição do sol, pois os raios solares devem incidir no refletor ou na lente com um ângulo determinado para ser focalizado sobre o absorvedor. Este mecanismo de rastreamento é complexo, caro e de difícil manutenção. Na Figura 2.5 é mostrado um concentrador solar tipo cilindro parabólico e uma planta solar no deserto do Mojave, na Califórnia, com capacidade de 354 MW. Já na Figura 2.6 é dado um exemplo de aplicação do sistema tipo receptor central e a plataforma solar de Almeria, na Espanha, com capacidade de gerar 7MW.

O Brasil é um país com elevado potencial para a implementação de plantas heliotérmicas, devido às grandes áreas com disponibilidade de radiação solar e à proximidade ao equador. Os sistemas de geração heliotérmica são excelentes opções à diversificação do sistema de geração elétrica na região nordeste brasileira, pois durante os períodos de estiagem o potencial hídrico decresce enquanto o potencial solar aumenta devido à menor nebulosidade e maior intensidade da radiação solar [7].

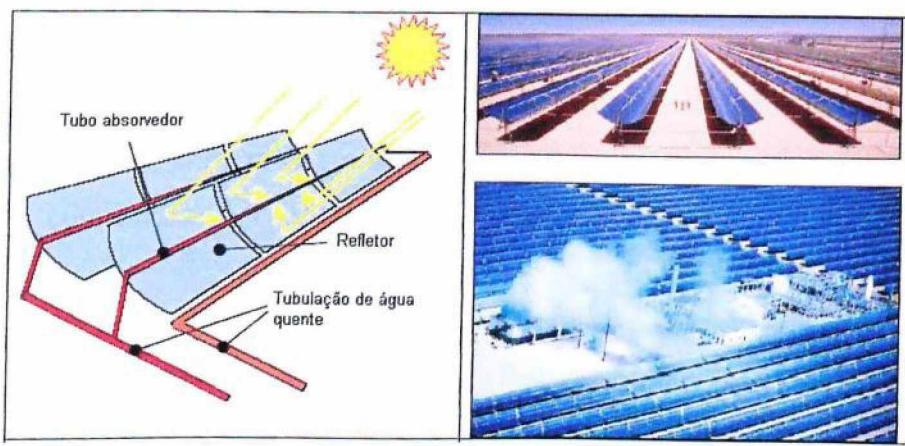


Figura 2.5: Concentrador cilindro parabólico e plataforma solar da Califórnia, EUA

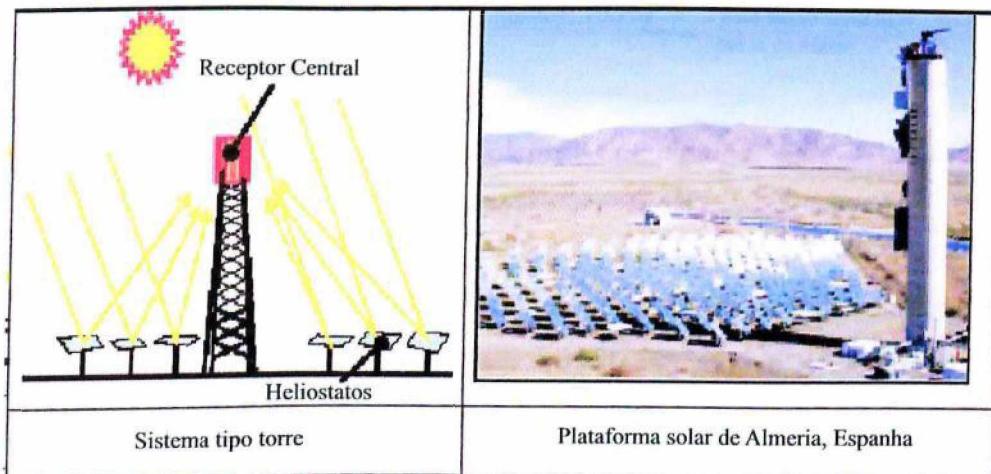


Figura 2.6: Concentrador tipo torre central e plataforma solar de Almeria, Espanha

2.4 Aquecedores Solares Planos

2.4.1 Principais Componentes do Aquecedor Solar Plano

Um sistema de aquecimento solar é composto por coletores solares, tanque de armazenamento (boiler), fonte auxiliar de energia e uma rede de distribuição da água aquecida.

2.4.2 Coletor Solar

Um coletor solar plano para aquecimento de água é composto de placa absorvedora de radiação, cobertura transparente, camada de material isolante e caixa metálica, com fundo. A configuração dos coletores solares planos é mostrada na Figura 2.7.

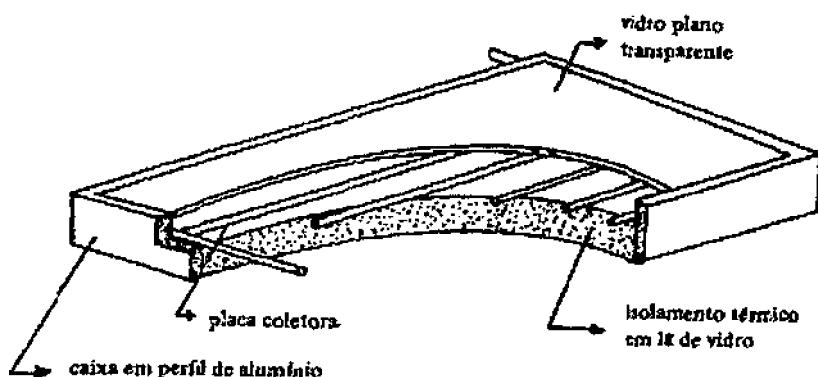


Figura 2.7: *Coletor solar plano*

As superfícies receptoras dos coletores planos são construídas com metais de alta condutividade térmica, fundamentalmente cobre ou alumínio. A superfície incrementa sua temperatura ao absorver a radiação solar e transmite seu calor à água ou ao ar que circula no interior da tubulação, fixada à placa. Para uma boa eficiência do coletor é necessário que a superfície receptora de calor tenha um contato perfeito com o tubo, para proporcionar melhor transferência da energia calorífica entre esta e o fluido de trabalho. Devido à superfície metálica ser de material que reflete a radiação solar, é necessário revesti-la com tinta preta fosca ou seletiva obtidas quimicamente. Este tratamento melhora a absorção da radiação, aumentando, assim, a eficiência do coletor.

A tubulação, estando em contato com a superfície do coletor, deve ter boa condutibilidade térmica e ser resistente à corrosão, suportando pressão de trabalho. O cobre é o material que possui todas estas características e é o mais utilizado no mundo inteiro em coletores solares.

Considerando que a superfície receptora da radiação solar seja um razoável emissor de infravermelho, não somente para a água, mas também para o meio

ambiente, é natural que ocorram perdas de temperatura para a atmosfera. Este fenômeno diminui enormemente a eficiência do absorvedor solar.

É possível reduzir estas perdas aproveitando a propriedade que alguns materiais possuem de serem praticamente transparentes para a luz visível e opacos para as radiações infravermelhas (efeito estufa).

O vidro tem as características ideais para produzir este efeito. A radiação que incide no coletor solar é absorvida pela superfície metálica e a radiação infravermelha que for dissipada por esta ficará contida dentro da caixa do coletor, já que a radiação infravermelha dissipada pela superfície metálica não atravessará o vidro. Geralmente se emprega vidros na espessura de 3 a 4 mm na construção de aquecedores solares.

A transmissividade dos vidros e plásticos varia muito. Um vidro de alta qualidade, absolutamente transparente quando se examina a borda, pode absorver de 3 a 4% da radiação solar que o atravessa. O alto teor de óxido de ferro existente na composição do vidro normalmente encontrado no comércio é identificado pelos vidros da borda esverdeada, o que o torna de qualidade inferior para as aplicações solares [3]. A absorção de luz pelos compostos de ferro é da ordem de 6% [12].

Ainda se tratando de perdas térmicas, existem as trocas de temperatura com o meio ambiente externo ao coletor. Estas perdas são reduzidas empregando-se materiais isolantes, de baixa condutibilidade térmica, onde a lâ de vidro é o material mais usado em aquecedores solares.

2.4.3 Instalação

Na instalação dos coletores, três aspectos devem ser levados em consideração visando melhoria da eficiência de absorção da radiação solar:

- Orientação geográfica;
 - Ângulo de inclinação com a horizontal;
 - Não sombreamento.
-

Os coletores solares devem ter sua superfície voltada para a linha do Equador, ou seja, no caso do Brasil, a superfície receptora da radiação solar deve estar voltada para o Norte, pois desta maneira os coletores estão expostos a um maior número de horas de insolação.

Simulações realizadas por [13] revelaram que a maior energia total anual foi obtida com inclinação da superfície coletora coincidente com a latitude, tornando os raios solares perpendiculares à superfície. Variando o ângulo para mais ou menos 20% o valor da latitude, chegou-se a variações de menos que 5% na energia total anual. Também se verificou que a energia total no inverno é máxima quando o ângulo de inclinação do coletor é o valor da latitude mais 15°.

Já no trabalho realizado por [21], foram feitas simulações específicas utilizando várias tamanhos de aquecedores solares e dados solarimétricos da cidade de Uberaba-MG, que se situa próxima a Uberlândia, com a intenção de verificar qual era o ângulo de inclinação das placas ideal para a localidade. A conclusão do trabalho é que o melhor ângulo é o que coincide com a latitude local ($19,77^\circ$), em conformidade com o trabalho realizado por [13]. A Figura 2.8 ilustra melhor este resultado .

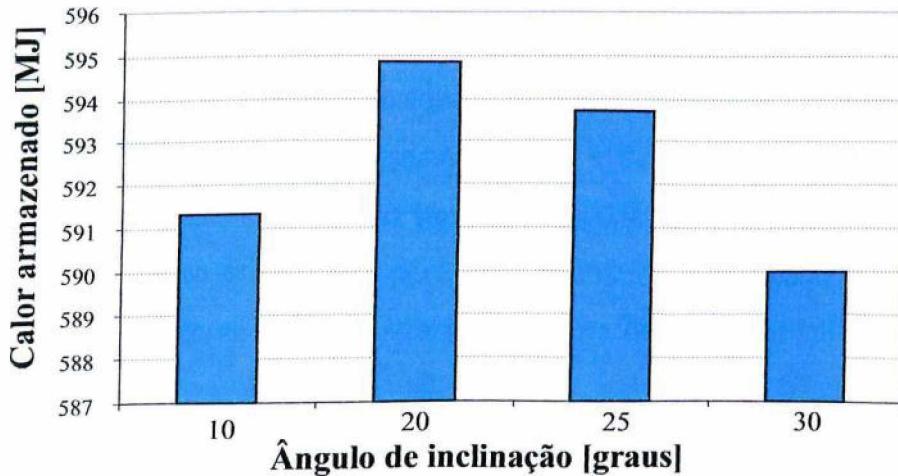


Figura 2.8: *Médias dos calores acumulados para diferentes ângulos de inclinação, extraída de [21]*

A fim de que o sistema de aquecimento central de água por energia solar funcione adequadamente, é fundamental que os projetos elétrico e hidráulico,

adaptados de acordo com a nova realidade, sejam executados corretamente, que os coletores e reservatórios tenham suas dimensões, revestimentos e proteções exatamente como indicam as especificações no projeto e que sua instalação siga rigorosamente as distâncias, inclinações e posicionamento, determinados em projeto [31].

2.4.4 Armazenamento de calor

O uso doméstico dos aquecedores solares geralmente não se dá ao mesmo tempo em que a água é aquecida, isto faz com que o sistema de aquecimento necessite de uma unidade de armazenamento de calor.

A água aquecida gradativamente durante o dia é armazenada em um reservatório térmico para utilização nos momentos de consumo, que em sua maioria se dá no período noturno devido ao fato de ser geralmente usada para banho.

Os reservatórios térmicos são tanques termicamente isolados e devem ser fabricados preferencialmente em aço inoxidável para prevenir a proliferação de bactérias e garantir um bom tempo de vida útil. No isolamento, utiliza-se lã de vidro, poliuretano expandido, etc. Segundo [1], os tanques devem ser instalados na posição vertical, pois a água tende a se dispor em camadas no interior do reservatório, ficando a água fria no fundo, devido ao fenômeno da estratificação térmica. Com esta disposição, assegura-se que a água com temperatura mais elevada ficará na parte superior do tanque, a qual é saída para o consumo. A estratificação é muito importante para a performance do sistema solar, pois o rendimento dos coletores aumenta se a temperatura da água que entra no coletor baixar.

O reservatório térmico possui grande influência no custo global, no desempenho e na confiabilidade do sistema. Numa visão sistêmica, não pode deixar de ser analisado interativamente com outros elementos de projeto.

Para dimensionar o volume de armazenamento deve-se levar em consideração o perfil da demanda pela utilização da água armazenada, o volume diário de consumo e a relação entre temperatura de armazenamento e temperatura de uso

da água. Em termos práticos, este volume corresponde de 100 a 150% do valor de consumo diário [2].

2.4.5 Fonte Auxiliar de Energia

A disponibilidade da fonte solar é o principal fator que determina a possibilidade de se obter água quente através do aquecedor. Entretanto esta fonte apresenta característica intermitente, isto faz com que seja necessário dispor de uma fonte auxiliar de energia para suprir a necessidade de água quente nos períodos em que a fonte solar não é capaz de fornecer o aquecimento desejado. Esta fonte auxiliar pode ser uma resistência elétrica ou um sistema a gás.

Um aquecedor solar é normalmente designado para prover entre 50 e 80% da necessidade de aquecimento de água ou mais, dependendo da localização e das condições de operação [29].

Para sistemas que usam uma resistência elétrica, há muitas formas de situar este componente. A resistência auxiliar pode ser colocada interna ou externamente ao reservatório. Simulações realizadas por [29] com um sistema de aquecimento em termossifão para duas temperaturas diferentes (60 e 80°C) e para dois volumes diferentes de reservatório (250 e 150 l), com a intenção de verificar o efeito do aquecimento auxiliar na performance anual do sistema, mostraram que para um perfil de consumo contínuo e distribuído aleatoriamente das 6 às 24 horas, a posição da fonte auxiliar não influencia a participação solar no total aquecido e para um perfil de consumo uniforme e concentrado na parte da manhã, a resistência posicionada fora do reservatório térmico foi mais vantajoso.

2.5 Principais Configurações do sistema de Aquecimento Solar

O abastecimento de água quente do coletor solar pode ser feito diretamente ou de forma indireta. O sistema é dito direto quando a água do reservatório é obtida diretamente do aquecedor solar e é dito indireto quando é inserido um trocador de calor no interior do reservatório e o líquido de trabalho é um fluido

refrigerante.

A circulação da água ou do fluido nos coletores pode ser feito por circulação natural (sistema passivo) ou por um sistema de bombeamento (sistema ativo). A circulação natural (termossifão) se dá pela diferença de densidade da água a temperaturas diferentes. Ela combina um coletor plano com um reservatório montado em um plano mais alto do que o do coletor. A água que circula no interior da tubulação do coletor, ao ser aquecida pelos raios solares, se torna menos densa. Assim, a água que está na coluna de alimentação, entre o reservatório e o coletor, empurra a água do coletor para dentro do reservatório. Esta troca se repete continuamente enquanto houver radiação solar incidente no plano do coletor capaz de aumentar a temperatura da água no interior da tubulação.

Para que o termossifão funcione corretamente, alguns parâmetros geométricos devem ser respeitados na instalação do sistema, como mostrado na Figura 2.9.

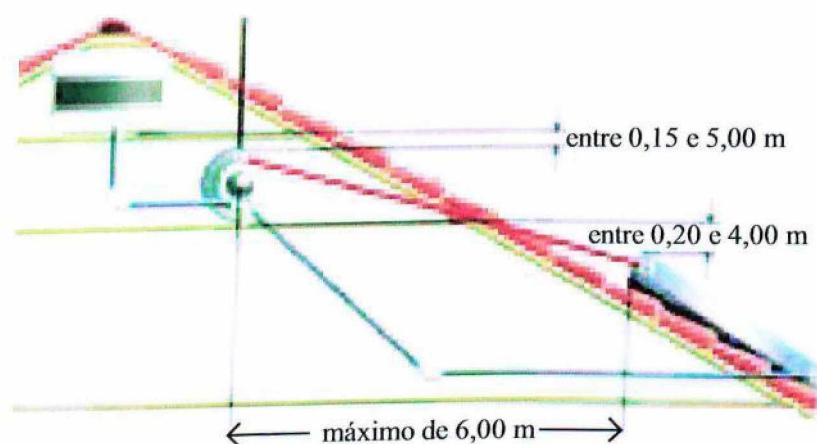


Figura 2.9: *Configuração do sistema de aquecimento solar para circulação natural*

As possíveis formas de instalação combinam os tipos de circulação a estas duas formas de aquecimento, resultando em quatro tipos:

- Sistema passivo direto;
- Sistema passivo indireto;
- Sistema ativo direto;
- Sistema ativo indireto.

Estas quatro configurações fazem a combinação das formas de circulação explicadas anteriormente. Para aplicação em residência, a forma mais utilizada é a passiva direta, pois apresenta um custo menor devido ao fato de não fazer uso de bomba. Nas regiões mais frias, o emprego do sistema ativo indireto é indicado devido à possibilidade de congelamento da água nas tubulações. Na Figura 2.10 é mostrado o esquema de uma instalação em sistema ativo direto.

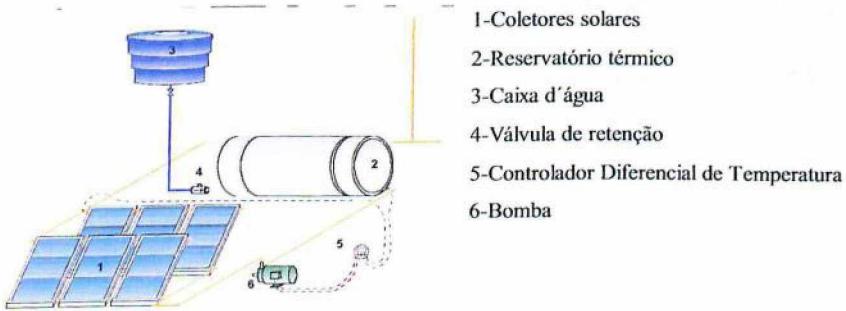


Figura 2.10: *Sistema ativo direto*

Capítulo 3

Gerenciamento do Uso final da Energia Elétrica - Aquecimento de Água

3.1 Introdução

O planejamento integrado prevê ações tanto do lado do suprimento da demanda de energia elétrica quanto do lado de sua utilização. As ações do lado do suprimento ou Gerenciamento Pelo Lado da Oferta (GLO) visam atuar nos pontos de geração e distribuição da energia elétrica para satisfazer os objetivos de um planejamento energético; já um Gerenciamento Pelo Lado da Demanda (GLD) visa atuar nos pontos de utilização.

Consideram-se três perspectivas para a implementação de uma estratégia de planejamento: a das concessionárias, a dos consumidores e a da sociedade. Do ponto de vista das concessionárias de energia elétrica, o objetivo principal é melhorar a performance financeira, incluindo o uso máximo possível das capacidades de geração e transmissão, a prorrogação do prazo dos planos de expansão para geração e transmissão e a redução da dependência de combustíveis críticos; já do ponto de vista dos consumidores, o principal foco de interesse é o valor da energia (tarifa) e a confiabilidade do fornecimento [18].

Para aplicar ações de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD), é necessário analisar cada classe de consumo e suas características de utilização da energia elétrica, conhecendo a participação de cada uma destas classes no consumo

total de energia. O Balanço Energético Nacional (BEN) disponibiliza anualmente dados com relação ao consumo de cada setor. A Figura 3.1 representa os dados obtidos no BEN do ano de 2004, relativos ao consumo no ano de 2003.

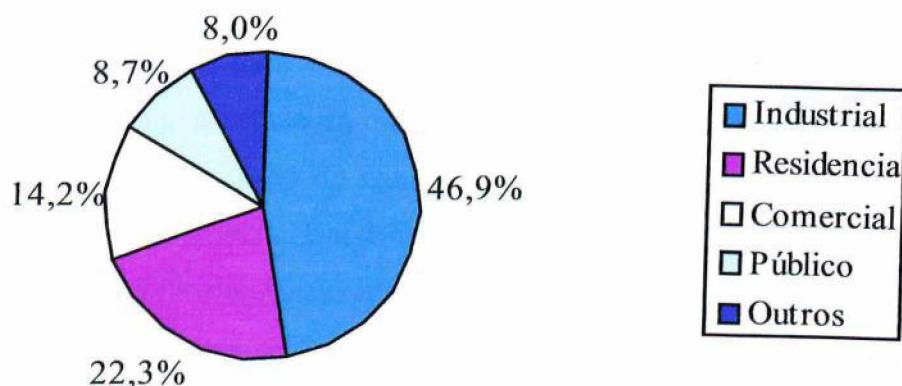


Figura 3.1: *Consumo de energia elétrica no Brasil por setor, 2003*

Fonte: BEN - Balanço Energético Nacional - 2004

Pode-se observar da Figura 3.1, que o setor que mais consome energia elétrica é o industrial, representando 46,9% do total consumido no ano de 2003. Em seguida vem o setor residencial, representando 22,3% do total, que significa uma grande participação no consumo da energia que é produzida.

Ainda, dentro do setor residencial, há que se considerar a distribuição do consumo por usos finais, pois a aplicação de um programa de GLD visa atuar diretamente nestes pontos de consumo. Na Figura 3.2 é mostrada a participação de cada uso final no consumo residencial de energia elétrica.

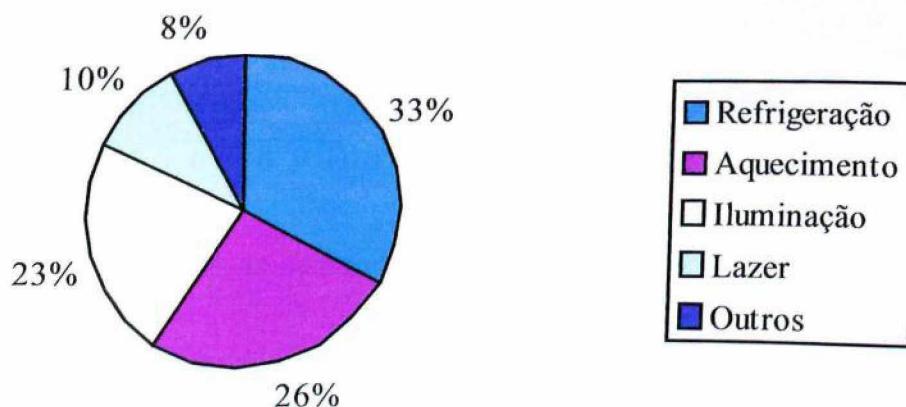


Figura 3.2: *Distribuição do consumo residencial por uso final de eletricidade*

Fonte: PROCEL

De acordo com a Figura 3.2, o aquecimento de água representa 26% do consumo total residencial, participação inferior somente ao da refrigeração. Destes números, é importante ressaltar a possibilidade imediata e real de redução da participação dos setores iluminação e refrigeração, através da adoção de equipamentos mais eficientes para estes fins. Já o caso do aquecimento de água é mais complexo, visto que a utilização do chuveiro elétrico está consolidada.

O efeito da substituição do chuveiro pode ser avaliada com base na curva de carga diária residencial. Em 1996, cerca de 4,5% da carga total da CEMIG ($34,5\text{ TWh}$) eram destinadas ao aquecimento de água. Em média, cada domicílio gastava 37 kWh por mês com esta finalidade [17]. A desagregação de uma curva de demanda típica residencial da CEMIG, mostrada na Figura 3.3, revela a grande responsabilidade do chuveiro elétrico em elevar a demanda no horário de ponta, mostrando também que o uso final refrigeração possui uma demanda uniforme ao longo do dia, embora represente o maior consumo de energia elétrica do setor residencial, como mostrado na Figura 3.2.

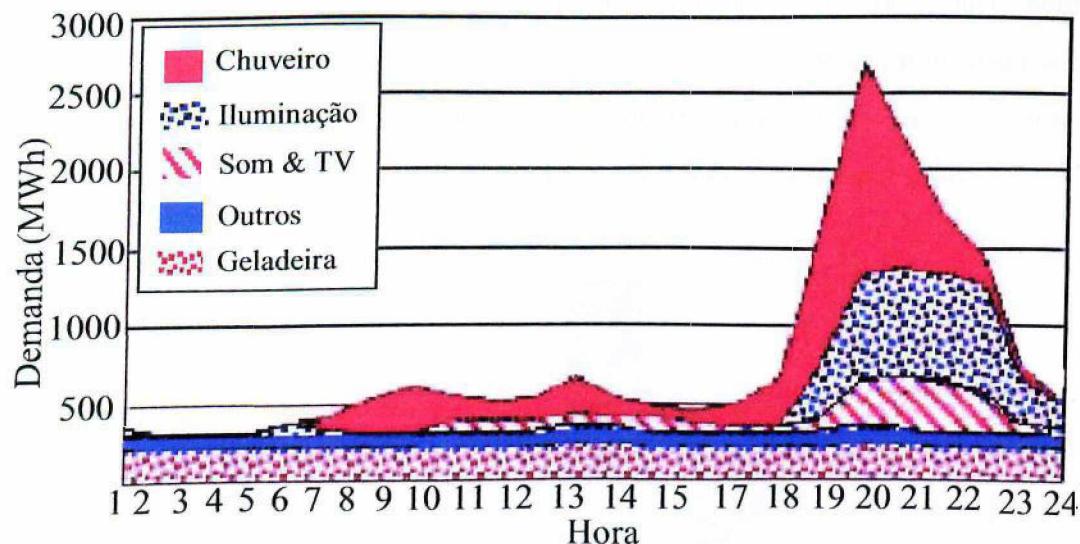


Figura 3.3: *Curva de demanda desagregada residencial - CEMIG 1996*

Uma curva de demanda típica da CEMIG, apresentada na Figura 3.4, mostra a demanda diária de todos os setores de consumo.

A participação do setor residencial na elevação do pico de demanda pode ser visualizado comparando-se as Figuras 3.3 e 3.4.

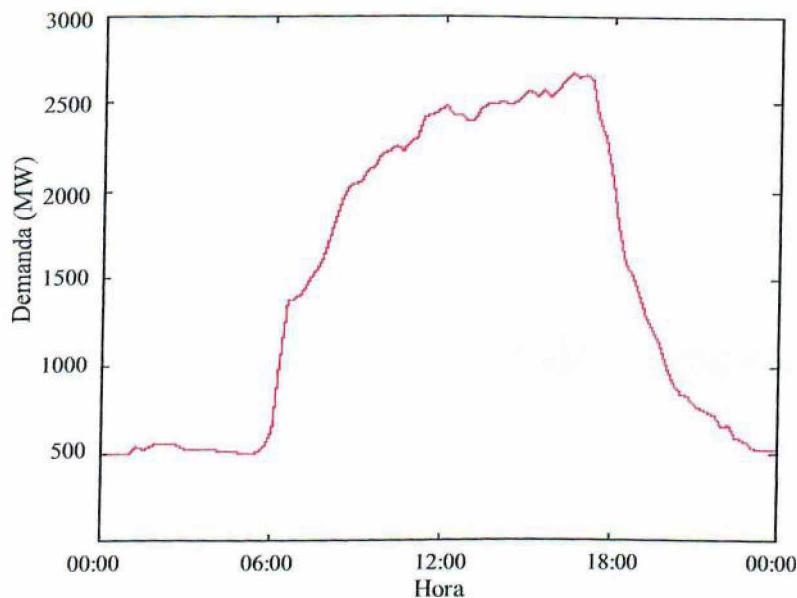


Figura 3.4: *Curva típica de demanda*

Com a intenção de verificar dados de consumo e demanda de energia elétrica, [28] realizou medições em um conjunto habitacional da cidade de São Paulo, verificando a influência do chuveiro elétrico na demanda de energia dos apartamentos pesquisados. Os dados obtidos durante a semana de medição apontaram a demanda máxima com a utilização do chuveiro mostrada na Figura 3.5 e a simulação da demanda máxima sem a utilização do chuveiro mostrada na Figura 3.6.

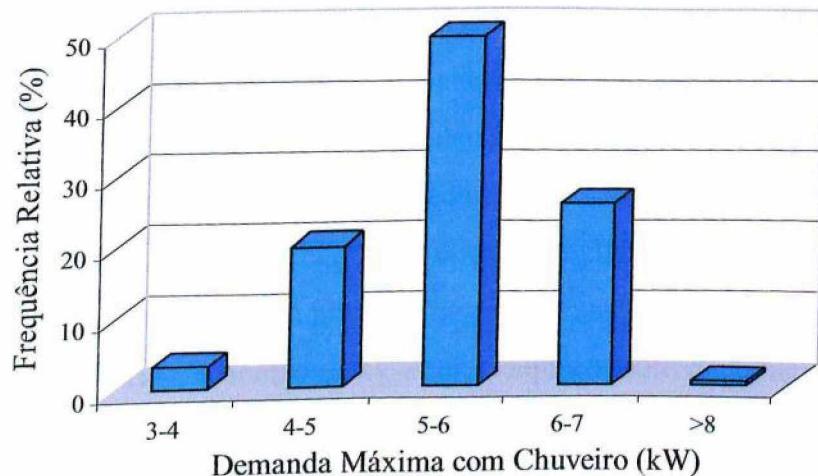


Figura 3.5: *Demandá máxima com chuveiro, extraída de [28]*

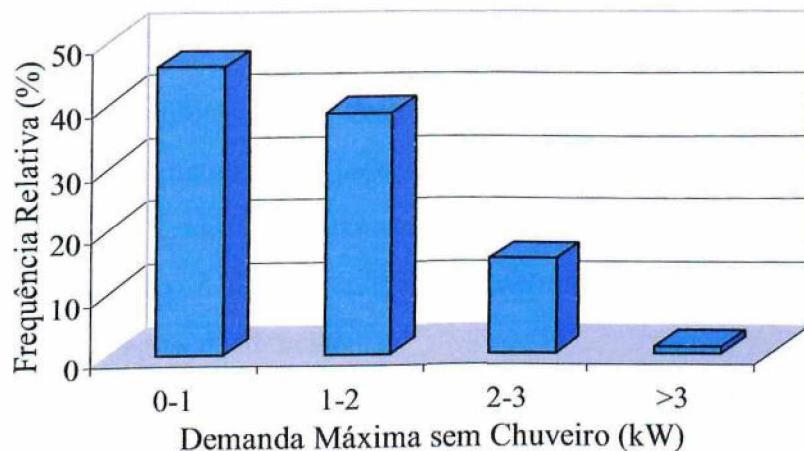


Figura 3.6: *Demandá máxima sem chuveiro, extraída de [28]*

A Figura 3.6 mostra uma grande queda na demanda máxima em relação à Figura 3.5: a moda passou da faixa de 5-6 kW para a faixa de 0-1 kW. O autor verificou que a ocorrência da demanda máxima sempre se deu nos horários em que o chuveiro elétrico estava ligado, encontrando também um impressionante acréscimo de 365% na demanda média devido à inclusão do chuveiro elétrico. Analogamente a este resultado, foi obtido um percentual de aumento de 138% na potência instalada.

Portanto, o chuveiro elétrico exerce uma forte influência na demanda de energia elétrica residencial e ainda existe um agravante que é o fato do horário de uso deste aparelho se dar, na maioria das residências, entre as 18:00 e 20:00 horas, se caracterizando como um contribuinte à elevação do pico de demanda das concessionárias. Este fato se constitui em um alerta para que o aquecimento de água no setor residencial seja tratado mais detidamente.

Os dados expostos anteriormente permitem concluir que o setor residencial possui um grande potencial de aplicação de programas de gerenciamento do uso final da energia elétrica, e dentro deste setor, o aquecimento de água merece uma atenção especial no que diz respeito a estes programas, se tornando um dos ítems fundamentais para a conservação de energia.

Neste capítulo será tratado o Gerenciamento Pelo Lado da Demanda dando ênfase ao aquecimento de água residencial.

3.2 Gerenciamento Pelo Lado da Demanda e Aquecimento de água

Para um melhor entendimento deste capítulo, há que se definir o que é um programa de Gerenciamento pelo lado da Demanda. Entretanto, este trabalho não pretende dar um tratamento exaustivo ao conceito de gerenciamento da demanda, mas apenas fixar algumas noções importantes relativas à sua aplicação ao aquecimento de água residencial.

Historicamente, a indústria de eletricidade tem direcionado suas atenções para o lado da oferta, ou seja, para a produção de energia. Nos últimos anos, porém, a busca da eficiência energética, impulsionada por pressões ambientais, pelo crescimento e desenvolvimento das populações e pela escassez de recursos para novos investimentos na capacidade, vem levando as empresas do setor a se preocuparem também com o lado da demanda, ou seja, com a utilização de energia. Assim, para satisfazer as necessidades de energia a curto e longo prazos, hoje tanto o GLD quanto o GLO devem ser considerados com a mesma importância e avaliados com o mesmo peso [19].

Em seu trabalho, [28] considerou os custos de implementação de usinas hidrelétricas e os custos de transmissão tendo como base o ano de 1990 e estimou o custo social de instalação do chuveiro elétrico levando em consideração uma demanda média por habitação no período entre as 18:00 h e 19:00 h de 0,15 kW, resultando num custo de US\$ 375/chuveiro.

Os investimentos em potência instalada tentam suprir as necessidades de todos os setores de consumo; e no caso, o setor residencial possui uma peculiaridade que é a utilização do chuveiro elétrico estar situada em um período concentrado do dia coincidente com o horário de ponta. Este fato obriga as concessionárias de energia elétrica a manterem uma demanda de potência superior ao valor médio diário, ficando esta potência ociosa nos outros períodos do dia. Um excesso de potência instalada implica em custo de implementação, custo operacional do sistema e custo do transporte de energia elétrica.

Para deixar mais clara a participação do setor residencial na elevação do pico no horário de ponta, a Figura 3.7 mostra a desagregação da curva de carga para

os diversos setores de consumo de energia elétrica.

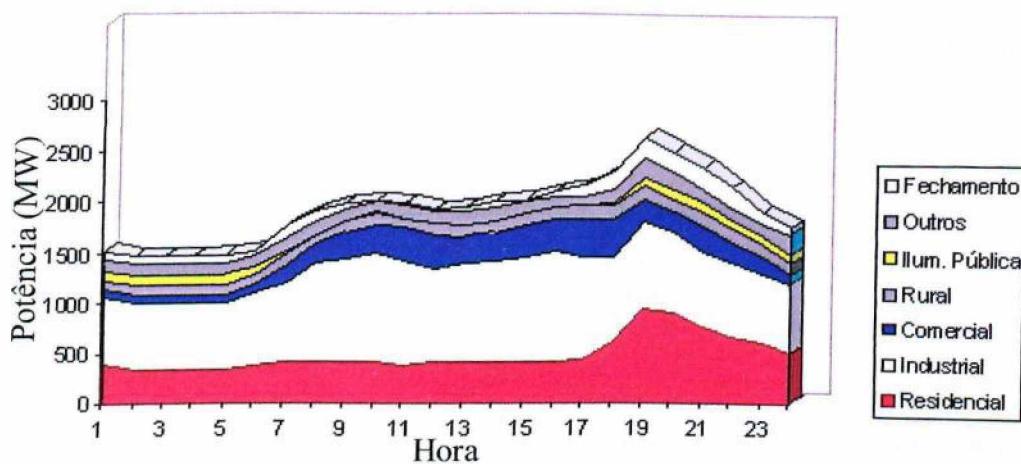


Figura 3.7: Desagregação da curva de carga - CPFL

Pode-se verificar, pela Figura 3.7, que o setor residencial possui uma curva totalmente disforme ao longo do dia, apresentando um consumo mais acentuado no horário de ponta, já os outros setores de consumo possuem curvas de carga mais moduladas.

Este fato, como citado anteriormente, se deve ao acréscimo de carga devido à utilização do chuveiro nesta faixa horária. Portanto, pode-se verificar que a possibilidade de gerenciamento da demanda do chuveiro elétrico permitiria às concessionárias atender novos mercados sem elevação de sua potência instalada, pela utilização da potência que seria liberada pela atuação junto ao chuveiro.

A aplicação de um programa de gerenciamento envolve soluções de compromisso entre a concessionária e o consumidor, onde ambos terão que interagir durante a execução do programa a ser implementado [26].

Segundo [20], as atividades de gerenciamento pelo lado da demanda são aquelas que envolvem ações no lado da demanda (ou seja, junto aos consumidores). Estas atividades englobam aquelas comumente chamadas gerenciamento de carga, conservação estratégica, eletrificação e estratégias para o crescimento da participação no mercado. Segundo o autor, um ponto em comum em todas estas estratégias é a intervenção deliberada da empresa no mercado, com o intuito de

mudar a configuração ou a magnitude da curva de carga.

Já [24] aponta que um programa de Gerenciamento Pelo Lado da Demanda envolve planejamento, análise e implementação de atividades que influenciam o consumidor a mudar a configuração de sua curva de carga. A implementação de cada alternativa pode resultar num uso eficiente de recursos e reduzir os custos para a empresa elétrica e para o consumidor. O mesmo autor ainda afirma que as abordagens técnicas de um programa de GLD envolvem uma parceria entre empresas e consumidores, na busca de um campo de maximização mútua de benefícios.

Segundo [20], é conveniente entender o termo GLD como tendo o objetivo amplo de remodelar a curva de carga. Neste contexto, são distinguíveis seis possibilidades:

- a* - Rebaixamento do pico;
- b* - Preenchimento de vales;
- c* - Mudanças de carga;
- d* - Conservação estratégica;
- e* - Crescimento estratégico da carga;
- f* - Curva de carga flexível.

Na próxima seção serão expostos e discutidos os objetivos de um programa de Gerenciamento pelo Lado da Demanda com enfoque ao aquecimento de água.

3.2.1 Objetivos dos Programas de GLD

Tendo em vista os conceitos de Gerenciamento pelo Lado da Demanda apresentados anteriormente, a seguir são apresentadas as possibilidades de atuação na curva de carga diária para atendimento dos objetivos de um programa de GLD, de acordo com a Figura 3.8.

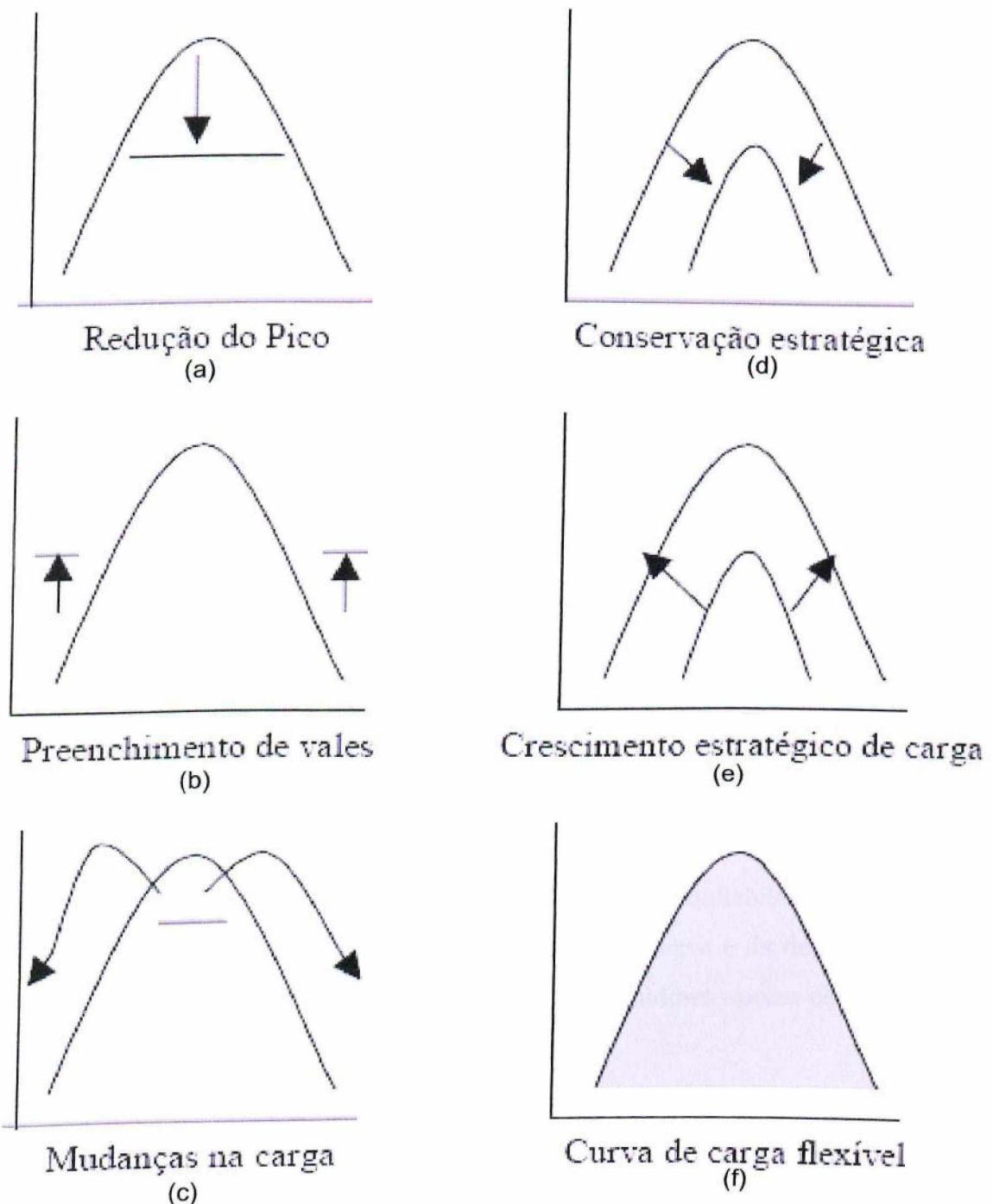


Figura 3.8: Alterações básicas na curva de carga - (a)Redução do pico; (b)Preenchimento de vales; (c)Mudanças na carga; (d)Conservação Estratégica; (e)Crescimento estratégico de carga; (f)Curva de carga flexível.

- a - Redução de pico:** é uma das mais clássicas formas de gerenciamento de carga, sendo definido como a redução da carga de ponta, obtido geralmente através do controle direto, pela empresa de energia, de um aparelho de uso final.
- b - Preenchimento de Vales:** É a segunda forma clássica de gerenciamento da carga. Consiste na construção de cargas fora de ponta.
- c - Deslocamento de Carga:** É a última forma clássica de gerenciamento de carga. Envolve a transferência de cargas dentro do período de ponta para fora do período de ponta. O uso do armazenamento de água quente é o exemplo mais citado deste objetivo de gerenciamento da demanda.
- d - Conservação Estratégica:** É uma mudança na curva de carga que é resultante da substituição de aparelhos de uso final por adoção de modelos mais eficientes.
- e - Crescimento Estratégico de Carga:** é um crescimento global das vendas, estimulada pela empresa. Este crescimento pode ocorrer, por exemplo, pela substituição de óleo combustível por eletricidade em caldeiras industriais.
- f - Curva de Carga Flexível:** É um conceito relacionado à confiabilidade. No planejamento futuro, que deve englobar o estudo da oferta e da demanda, a carga poderá ser flexível se forem dadas aos consumidores opções de qualidade do serviço, que variam conforme o preço.

Embora o conceito seja aplicável a todos os usos finais de energia elétrica, a discussão das modalidades de gerenciamento da demanda será dada brevemente com enfoque ao aquecimento residencial de água.

Dos seis ítems mencionados anteriormente, parece que o crescimento estratégico de carga é o que se encontra mais distante do objetivo estabelecido, pois todos os caminhos que visam o objetivo de gerenciamento de vetores energéticos levam à substituição do uso da energia elétrica para o aquecimento de água.

3.2 Gerenciamento Pelo Lado da Demanda e Aquecimento de água 32

O conceito de preenchimento de vale não se apresenta como uma alternativa para o gerenciamento da demanda do chuveiro elétrico, pois sua metodologia propõe somente uma elevação da potência na base, não apresentando nenhuma sugestão para a redução da ponta.

Na Tabela 3.1 são mostradas as metodologias de gerenciamento de demanda do chuveiro elétrico de acordo com os objetivos do GLD.

Tabela 3.1: *Conceitos de gerenciamento e ações ao uso do chuveiro elétrico*

Conceitos de Gerenciamento	Ações junto ao chuveiro elétrico
Rebaixamento de pico	Melhorar a eficiência do chuveiro elétrico Substituir a energia elétrica
Deslocamento de carga	Substituir o chuveiro elétrico
Conservação estratégica	Melhorar a eficiência do chuveiro elétrico Substituir a energia elétrica

As metodologias propostas resumem-se em atuar sobre o uso do chuveiro elétrico, seja na eficiência ou em sua substituição, propondo também a troca da eletricidade por outro energético [26].

Segundo o trabalho desenvolvido por [26], até aquele momento não se conhecia nenhum estudo que indicasse uma significativa elevação na eficiência do chuveiro elétrico, pois devido ao seu princípio de funcionamento e sua fabricação, o mesmo apresenta uma transferência de calor direta e instantânea, perdendo calor somente para as paredes externas do recipiente hermético. Tendo em vista este fato, a opção que melhor atenderia ao objetivo de gerenciamento de demanda do uso do chuveiro elétrico seria sua substituição.

Esta substituição pode ser feita por equipamentos do tipo acumulação, o que permitiria um deslocamento de carga, pois transferiria o uso da energia elétrica do horário de ponta para períodos fora de ponta, os quais poderiam ser determinados pela concessionária de energia elétrica. O ideal seria associar o uso de equipamentos de acumulação ao uso de outra fonte energética, como a solar. Esta associação permitiria atender a duas medidas de gerenciamento: a conservação estratégica e o corte de ponta.

Embora, conforme conceituado anteriormente, o corte de ponta considere apenas o emprego da eletricidade, do ponto de vista do planejamento energético a

3.2 Gerenciamento Pelo Lado da Demanda e Aquecimento de água 33

substituição da eletricidade no período de ponta constitui-se também em uma modalidade de corte de ponta.

É importante que o projeto de sistemas de energia seja concebido de modo que a qualidade da energia para uso final seja a melhor possível, evitando situações em que um suprimento de alta qualidade seja usado em um uso final de baixa qualidade como é, por exemplo, o aquecimento de água via energia elétrica [18].

3.2.2 Barreiras ao Consumidor

A implementação de programas de GLD no mercado se caracteriza por uma ação difícil e de longa execução, que envolve soluções de compromisso entre concessionária e usuário .

Segundo [19], o investimento em programas de GLD traz como benefícios:

- Disponibilização de potência ao sistema;
- Melhoria no serviço prestado pela concessionária de distribuição;
- Eficiência Energética;
- Postergação de Investimentos na expansão do sistema;
- Impactos ambientais evitados pela não expansão do sistema de geração de eletricidade.

Entretanto nada disto é viável sem levar em conta o consumidor, que deseja crescentes níveis de conforto a preços acessíveis.

As facilidades de instalação do chuveiro elétrico, a praticidade do uso e o baixo custo inicial fazem com que este equipamento se encontre instalado na maioria das residências brasileiras, como verificado por [28]. Portanto, a implementação de um programa de GLD envolveria a quase totalidade do setor residencial. Na sociedade de renda mais elevada, talvez os programas de substituição de equipamentos encontrem menor resistência, pelo fato do investimento inicial não significar grande sacrifício financeiro. Já nas camadas sociais de menor renda, a implementação de um programa de GLD certamente sofreria grandes dificuldades.

Além das dificuldades legais por parte das concessionárias de energia elétrica e sociais por parte dos consumidores, novas alternativas de aquecimento de água em edificações já existentes implicaria em adaptação destas residências, como a instalação de tubulações especiais no interior das paredes, que tem custo elevado de material e de mão de obra, além de representar um incômodo para o morador. É por isto que um programa de gerenciamento da demanda e conservação de energia é muito mais aceitável e facilmente aplicável a edificações novas, onde, inclusive, o custo das instalações de equipamentos para aquecimento de água em substituição ao chuveiro pode ser inserido no financiamento da construção [28].

3.2.3 O Aquecedor Solar Como Uma Forma de Geração Distribuída

A geração distribuída é uma forma de GLD que pode tomar diversas formas. Alternativas como geração eólica, solar, geradores de reserva, cogeração, pequenas centrais hidrelétricas e outros tipos de geração independente, desconectadas do sistema, podem ser implementadas ou coordenadas pelas empresas fornecedoras de energia elétrica para a consecução dos objetivos de um programa de GLD. Seguindo a definição, a geração distribuída só é um programa de GLD quando é a própria empresa de eletricidade quem exerce o controle, seja direto ou indireto. Contudo, quando a geração distribuída é quem forma a carga de base, esta não pode nem deve ser entendida como um programa de GLD [6].

Para as centrais de geração e distribuição de energia elétrica, a vantagem na adoção de sistemas de geração distribuída está na liberação de significativa potência, possibilitando a estas empresas a postergação de possíveis investimentos em geração e distribuição de energia elétrica.

No caso de aquecimento solar de água em substituição aos chuveiros elétricos, deve-se ressaltar, ainda, que embora não ocorra geração de energia, em seu sentido mais restrito, a retirada dos aquecedores elétricos instantâneos (chuveiros elétricos) e a correspondente redução de sua participação no horário de ponta de demanda das concessionárias de energia elétrica, pode ser interpretada como uma intensa e constante geração virtual de energia elétrica. Como essa geração virtual pode se dar nas próprias instalações dos consumidores, ou seja, de forma pontual,

3.2 Gerenciamento Pelo Lado da Demanda e Aquecimento de água 35

ela pode ser entendida como uma geração distribuída.

Com efeito, o aproveitamento da energia solar térmica, através de instalações de aquecimento solar de pequeno, médio e grande portes , tem se mostrado como uma solução técnica e economicamente viável para os problemas de redução de consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro, além de propiciar a modulação da curva de carga das concessionárias de energia [34].

Capítulo 4

Considerações Econômicas da Aquisição do Aquecedor Solar do Lado do Consumidor

4.1 Introdução

Em 2001 o Brasil foi protagonista de uma crise energética que obrigou toda a população a economizar energia elétrica a qualquer custo. Foi nesta época que a divulgação na mídia do uso do aquecedor solar em substituição ao chuveiro elétrico foi maior.

Segundo [16], até o ano de 1994 o mercado de aquecimento solar, ainda bastante incipiente, registrou pequenas taxas de crescimento, com um média de 5,6%. Já o ano de 2001 foi atípico para a indústria de aquecimento solar no Brasil e o crescimento registrado foi superior a 80% em relação ao ano anterior. Grande atenção foi dada à utilização da energia solar, o mercado de aquecedores solares teve uma grande expansão.

Neste período, portanto, o aquecimento solar teve uma divulgação muito grande na mídia, como uma alternativa à crise energética. Entretanto, passada a crise, o mercado sofreu uma forte retração e já no ano de 2002 houve uma queda acentuada do mercado em relação ao ano de 2001. Entre 2002 e 2003 registrou-se um crescimento de 8,1% do mercado. A Figura 4.1 mostra a evolução das taxas de crescimento do mercado de aquecedores solares de 1983 até 2003, tomando como base o mercado de instalação do ano anterior.

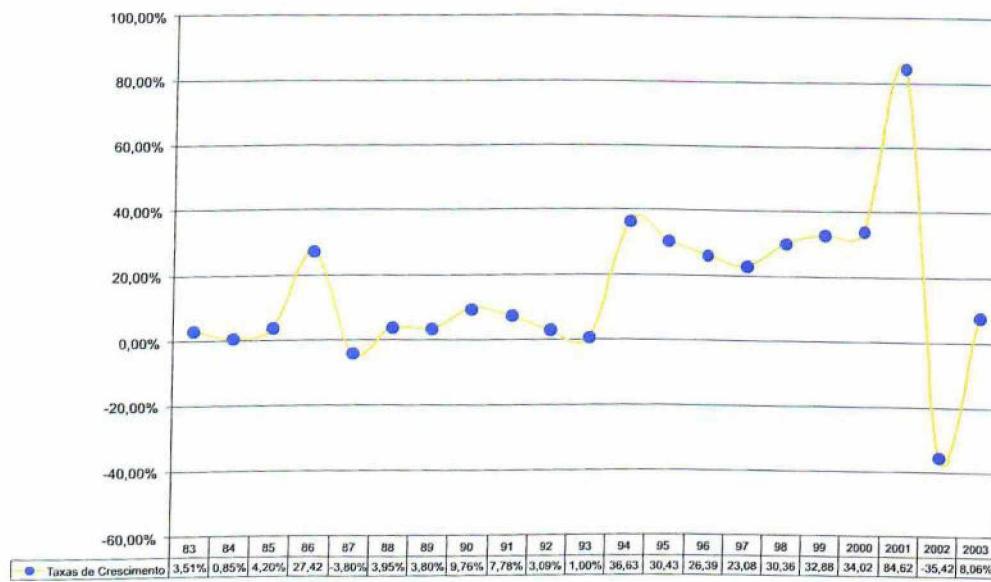


Figura 4.1: *Taxas de Crescimento do Mercado de Aquecedor Solar no Brasil (1985-2003)*

Fonte: ABRAVA

A produção de energia equivalente à área instalada de coletores no ano de 2001 no Brasil foi estimada em 1,25 TWh . Segundo o BEN- Balanço Energético Nacional, o consumo de energia no setor residencial no mesmo ano foi de 73,8 TWh sendo que cerca de 26% deste consumo foi destinado ao aquecimento de água através do chuveiro elétrico, ou seja, cerca de 19,2 TWh . Observa-se que a produção de energia equivalente do aquecimento solar contribuiu somente com 6,1% da demanda total de energia elétrica para o aquecimento de água no setor residencial durante o ano de 2001, ou seja, apenas 1,6% da demanda total de energia elétrica no setor residencial brasileiro [16].

Todas estas considerações permitem concluir que apesar do aumento no setor de aquecimento solar ter sido evidente na época do racionamento, o número de aquecedores solares instalados aliviou uma pequena parcela de consumo referente ao uso final aquecimento de água. Isto se explica pelo fato do preço de aquisição do aquecedor solar ser alto e com isto ter possibilitado a sua aquisição prioritariamente a famílias com poder aquisitivo mais elevado. Para o restante da população, que representa a maioria, restou pensar em outras formas de racionalizar o consumo de energia elétrica para atingir a meta imposta pelo governo.

Isto mostra que ainda há muito o que ser feito no Brasil em termos de incentivo

à expansão das vendas do setor de aquecimento solar para tornar esta alternativa a forma usual de se obter água quente nas residências.

Segundo [33], países como Israel, Grécia e Áustria são líderes mundiais em área de coletores instalada per capita. Já o Brasil, com grande potencial de aproveitamento da energia solar, está entre os últimos países, como mostra a Figura 4.2.

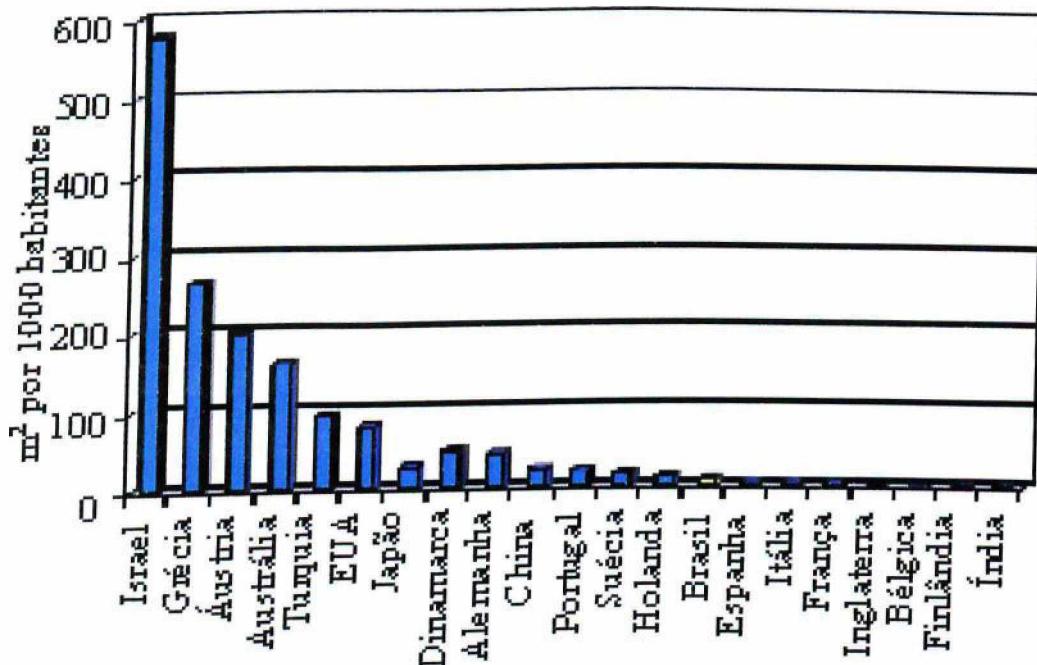


Figura 4.2: Área de coletores solares Instalada
Fonte: ABRAVA

O conhecimento das alternativas disponíveis para aquecimento de água no setor residencial é fator de grande influência na decisão do consumidor, que se encontra acomodado pelas facilidades que o uso do chuveiro elétrico propicia. Parece que este consumidor só toma atitude de mudar seus hábitos ante uma obrigação imposta pelo governo e não pela avaliação das alternativas a longo prazo. Nas próximas seções será feita uma análise comparativa entre as duas alternativas em questão neste trabalho, entre a alternativa solar e o chuveiro elétrico.

4.2 Considerações Sobre a Tarifa de Energia Elétrica Aplicada ao Consumidor Residencial

O preço da energia elétrica aplicado a consumidores residenciais é um dado importante para avaliar a viabilidade da aquisição de um equipamento solar. É a partir deste dado que se conhece o custo final com aquecimento de água para a alternativa chuveiro elétrico. Por isto, será feita aqui uma breve exposição do valor da tarifa oferecido ao setor residencial, levando em consideração os acréscimos sofridos nos últimos dez anos.

A reestruturação do setor elétrico no Brasil, marcada pelo processo de privatização de empresas estatais, acarretou elevações nos valores das tarifas de energia que causou grande impacto aos consumidores domésticos, principalmente aos de baixa renda. No final de 1995, mudanças nas sistemáticas dos descontos que favoreciam os consumidores residenciais com consumo até 200 kWh, resultaram em um significativo aumento nas contas de luz. Os subsídios cruzados que beneficiavam, sobretudo, os consumidores de baixa renda, foram extintos.

Até outubro de 1995, o sistema de descontos beneficiava todos os consumidores residenciais, independentemente do valor consumido no mês. Os descontos eram calculados apenas até a faixa de consumo de 200 kWh, independentemente da classe social do consumidor e a parte do consumo excedente a este valor não receberia desconto. A partir de Novembro de 1995, foram estabelecidos limites de consumo, a partir dos quais o consumidor perderia totalmente o direito ao desconto. A classe residencial foi subdividida em residencial e residencial de baixa renda.

Como regra geral, na década de 90 os percentuais de desconto foram reduzidos progressivamente. O impacto da mudança da sistemática de descontos foi desigual, dependendo da faixa de consumo mensal.

A redefinição da política de tarifas de energia elétrica pôs fim ao regime das tarifas equalizadas. Neste regime, que vigorava desde 1974, os consumidores de um mesmo grupo tarifário pagavam a mesma tarifa, independentemente da região onde era feito o atendimento e, portanto, das diferenças de custo que isto implicava. Com a nova lei, as empresas fornecedoras de energia elétrica

passariam a fixar individualmente suas próprias tarifas, em função dos custos de fornecimento.

Os consumidores residenciais, parte mais vulnerável do sistema, foram os que sofreram os maiores aumentos nos últimos anos, como mostra a Tabela 4.1. O aumento acumulado para o setor residencial foi de 254,69%, sendo o maior entre os setores comercial, residencial e industrial.

Tabela 4.1: *Valores da tarifa de energia elétrica em R\$/MWh aplicados aos setores residencial, comercial e industrial*

Classes de Consumo	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Variação Acumulada (%)
Residencial	76,26	106,63	119,80	126,18	138,93	158,87	179,8	209,7	239,30	270,5	254,69
Industrial	43,59	50,45	54,61	56,54	63,11	71,03	82,18	95,77	111,86	134,7	209,08
Comercial	85,44	99,62	107,99	111,60	121,70	136,76	156,2	185,6	210,3	236,2	176,47

Fonte: ANEEL

Para representar o prejuízo que o consumidor de baixa renda sofreu com o aumento das tarifas, será mostrado na Figura 4.3 um gráfico com a variação acumulada no valor da tarifa de energia elétrica residencial, o IPCA e o salário mínimo.

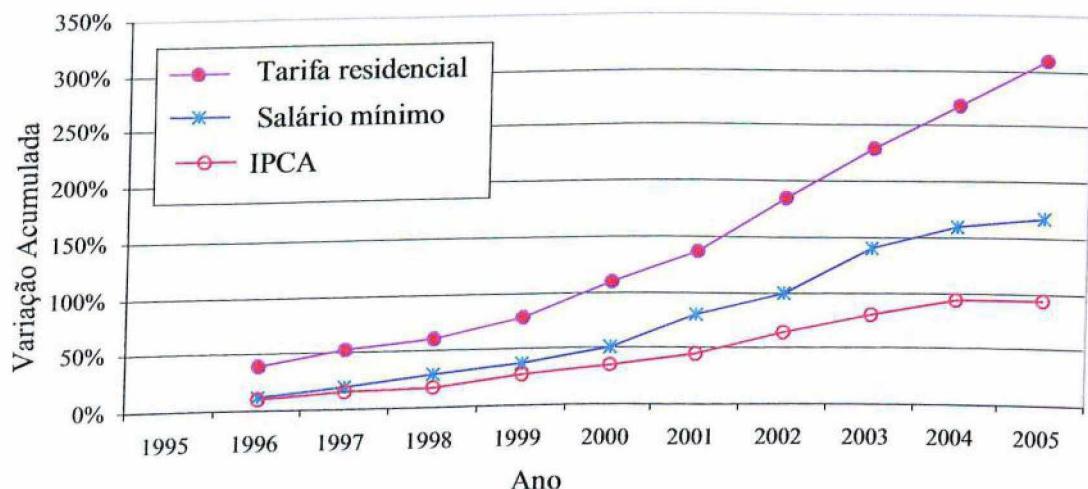


Figura 4.3: *Variações acumuladas dos preços da tarifa residencial, IPCA e salário mínimo*

Fonte: ANEEL e IBGE

O IPCA, Índice de Preços ao Consumidor Amplo é calculado pelo IBGE mensalmente em nove regiões metropolitanas e duas capitais brasileiras e mede a

variação dos custos das despesas das famílias que ganham de 1 a 40 salários mínimos. Esta variável é tomada como referência pelo governo federal para a meta de inflação contratada pelo FMI.

Analizando a Figura 4.3, dá para notar claramente que a tarifa de energia elétrica aplicada a consumidores residenciais sofreu grandes acréscimos comparados ao acréscimos aplicados ao salário mínimo e ao IPCA. Em 9 anos o valor do kWh triplicou, enquanto que o valor do salário mínimo aumentou 167,86% e do IPCA, 92,63% no mesmo mesmo período da análise.

As médias anuais de acréscimos sofridos pela tarifa de energia e pelo IPCA foram encontradas tendo como base o intervalo entre 1997 e 2005, optando-se por excetuar o ano de 1998, pois neste ano a taxa de aumento para as duas modalidades foi atípica, sendo que o motivo foi a política aplicada pelo governo de represar as tarifas públicas como método de conter a inflação. Sendo assim, as médias encontradas foram: tarifa: 14,76%, IPCA: 7,79%.

Fazendo uma previsão dos acréscimos acumulados nos preços da tarifa de energia elétrica e do IPCA até o ano de 2010, tomando como base o ano de 2005 e mantendo a mesma média anual de acréscimos encontrada para os últimos dez anos, foi obtido o gráfico mostrado na Figura 4.4.

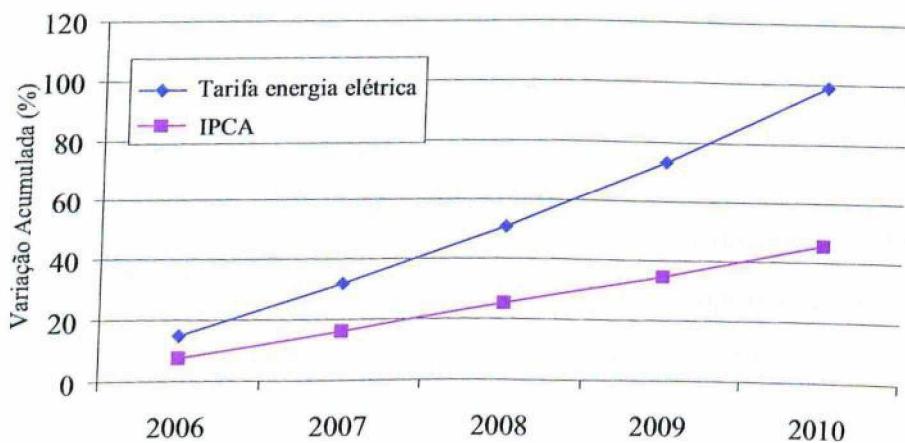


Figura 4.4: Projeção das variações acumuladas sofridas pela tarifa de energia elétrica residencial e o IPCA até 2010

Pode-se verificar da Figura 4.4 que até o ano de 2010 a tendência é que a tarifa de energia elétrica residencial dobre seu valor enquanto que o IPCA tenderá a

sofrer um acréscimo acumulado de menos de 50%.

Esta projeção tem por objetivo apenas mostrar uma tendência nos possíveis acréscimos que serão sofridos pela tarifa de energia elétrica e pelo IPCA, sendo que este evento é algo muito difícil de se prever devido ao fato de depender de diversas variáveis de previsão também muito difícil.

Esta projeção será usada para estimar o tempo de pagamento do aquecedor se a compra for efetuada no ano de 2010, sendo que o valor do equipamento será corrigido tendo em vista o acréscimo acumulado pelo IPCA para este ano.

4.2.1 A Incidência do ICMS Sobre a Tarifa de Energia Elétrica

O ICMS (Imposto sobre Movimentação de Mercadorias e Serviços) incide sobre as tarifas de energia elétrica de modo diferenciado, dependendo da faixa de consumo. A tarifação residencial da CEMIG fica estruturada da seguinte maneira, de acordo com a cobrança de ICMS:

- R\$ 0,406360/KWh (valor sem ICMS), quando o consumo mensal for igual ou inferior a 90 KWh.
- R\$ 0,580500/KWh (valor com ICMS), quando o consumo mensal for superior a 90 KWh.

Especialmente para consumidores de baixa renda, a incidência do ICMS sobre a tarifa de energia elétrica tem um peso significativo no orçamento familiar.

Com o aumento das tarifas de energia decorrente da privatização do setor elétrico, a arrecadação de ICMS aumentou significativamente. O ICMS cobrado nas contas de energia passou a significar parte importante da arrecadação dos Estados.

4.3 Avaliação Econômica de Aquisição do Aquecedor Solar

4.3.1 Análise de Ciclo de Vida Econômico

Dentre as diversas fontes primárias não convencionais utilizadas para a geração de energia elétrica, as tecnologicamente mais avançadas são obtidas a partir da energia solar e a eólica. Porém aspectos técnicos e econômicos muitas vezes inviabilizam suas utilizações na obtenção de energia elétrica. Entretanto os maiores obstáculos para a utilização das energias alternativas são a falta de informação por parte dos consumidores, a falta de uma análise quantitativa qualificada e de uma política de incentivo [30].

A decisão de se optar pelo aquecimento utilizando chuveiro elétrico ou aquecedor solar nunca deve ser tomada levando em consideração apenas seus custos iniciais. Uma metodologia de avaliação das alternativas deve contemplar todos os custos envolvidos no processo, desde a compra até o que se despende para manter os equipamentos em funcionamento, considerando o mesmo período de tempo.

Os sistemas de aquecimento de água com energia solar são caracterizados pelo alto custo inicial e baixo custo operacional. Em essência, o equipamento de energia solar é comprado hoje para reduzir a conta de combustível ou eletricidade de amanhã [25].

Este alto custo inicial que dificulta a difusão deste tipo de energético poderia ser dividido pelas partes envolvidas no processo. O consumidor, a empresa produtora de equipamentos de energia solar, a concessionária de energia elétrica (pela externalidade adquirida) e o governo (pelos bens sociais causados; menor taxa de desemprego, maior contribuição ao meio ambiente, etc) [30].

Dentro do propósito de avaliar e otimizar os aspectos econômicos do uso da energia solar para aquecimento de água, muitos critérios econômicos têm sido propostos e utilizados. Entre os métodos econômicos de mérito, destacam-se:

- Mínimo Custo de Energia;
 - Custo do Ciclo de Vida Econômico;
-

- Economia do Ciclo de Vida Econômico;
- Custo do Ciclo de Vida Econômico Anualizado;
- Economia do Ciclo de Vida Econômico Anualizado;
- Tempo de Retorno do Investimento.

Na análise econômica convencional de sistemas de aquecimento solar de água, calcula-se uma vida útil constante para o equipamento, que usualmente é considerada 20 anos. Os custos ao longo da vida útil do equipamento solar podem ser:

- Gastos com a fonte de energia auxiliar (resistência elétrica ou sistema a gás);
- Gastos com manutenção preventiva;
- Gastos com eventuais trocas (do vidro das placas ou da resistência elétrica).

Além destes itens citados, outros ainda têm que ser levados em conta no momento da análise econômica. São eles:

- Condições de juros;
- Preço de venda da energia elétrica;
- Estimativa de aumento da tarifa de energia elétrica;
- Custo de obtenção do equipamento solar.

Ainda, o valor do dinheiro no tempo tem que ser considerado, já que a análise será consolidada nos vinte anos de vida útil do equipamento solar e os valores serão dados em uma base atual.

4.3.2 Valor do Dinheiro no Tempo

A Engenharia Econômica utiliza o conceito de valor do dinheiro no tempo e a representação gráfica temporal de um investimento, para encontrar uma base comum de comparação entre investimentos distintos.

O conceito de valor do dinheiro no tempo se baseia no fato que toda pessoa física ou jurídica é um investidor em potencial. O investimento teria um rendimento mínimo igual ao da caderneta de poupança. No entanto, este rendimento pode ser maior que a poupança, dependendo das condições financeiras do investidor. Em suma, cada pessoa possui uma taxa de interesse, que é a taxa com que consegue variar seu capital, seja numa base mensal ou anual.

O valor presente de um investimento a ser feito no futuro é dado por:

$$P = \frac{F}{(1 + d)^n} \quad (4.1)$$

Onde P é o valor presente do investimento, F é o valor futuro, d é a taxa de desconto e n o número de períodos de capitalização.

Assim, investimentos ou gastos que possuem uma sequência de lançamentos (receitas e despesas) totalmente distintos podem ser comparados quando levados a uma base comum no tempo.

A progressão de uma série de pagamentos que é esperado inflacionar a uma taxa i pode ser calculada pela soma dos valores presentes de todas as receitas e despesas relativas ao uso do equipamento. Este valor presente líquido pode ser transformado em uma anuidade fixa a ser paga durante a vida útil do equipamento. O valor presente de uma série de pagamentos é, então, dada por:

$$P = \frac{F(1 + i)^n - 1}{i(1 + d)^n} \quad (4.2)$$

Onde i é a taxa de inflação e d a taxa de interesse do investidor, que pode ser o valor vigente da caderneta de poupança. Na estimativa de gastos com energia auxiliar, a taxa i pode ser a taxa de aumento da tarifa de energia elétrica.

Neste trabalho, foi feita uma comparação de custos de aquecimento de água

por energia solar com o uso do chuveiro elétrico convencional. Para isto, foi preciso fazer uma descrição dos gastos com as duas fontes (elétrica e solar) ao longo dos vinte anos da análise e trazer estes valores para uma base atual.

4.3.3 Custos de Aquecimento com Chuveiro Elétrico

Para se estimar os custos totais de aquecimento utilizando chuveiro elétrico, é preciso definir a potência deste. O modelo mais comum de chuveiro elétrico possui uma potência nominal de 4,4 kW. Entretanto, ao mudar a posição da chave de inverno para verão, esta potência cai para 3,6 kW.

De acordo com dados obtidos na estação meteorológica da Universidade Federal de Uberlândia, mostrados no Anexo A, no período entre 2000 e 2003, em média 4 meses no ano foi registrada temperaturas mais baixas. Assim, será estimado que ao longo do ano as famílias utilizam a potência nominal em apenas 4 meses (inverno), nos 8 meses restantes a potência do chuveiro será de 3,6 kW (verão). Então para se obter a potência média (P_m) do chuveiro ao longo do ano é preciso fazer os cálculos mostrados na Equação 4.3.

$$P_m = 4400 \cdot \frac{1}{3} + 3600 \cdot \frac{2}{3} = 3867 [W] \quad (4.3)$$

Logo, para se obter o custo anual com chuveiro elétrico, a Equação 4.4 é utilizada:

$$E = P.t.n.p.365 \quad (4.4)$$

Onde P é a potência do chuveiro em kW , t é o tempo médio de banho por pessoa, n o número de pessoas e p o valor pago por kWh .

4.3.4 Custos de Aquecimento Através da Energia Solar

O custo de sistemas de aquecimento de água com energia solar foram levantados no primeiro semestre de 2005 junto às cinco principais lojas de aquecedor

solar de Uberlândia. Estes custos são divididos em:

- Placas coletoras;
- Reservatório térmico;
- Tubulações;
- Mão de obra, etc

Segundo informações destes fornecedores, os custos relativos a tubulações e mão de obra não são fáceis de serem informados com exatidão devido ao fato de variarem com as condições da instalação, por exemplo, com a posição em que ficará o coletor solar em relação ao chuveiro. Logo, os valores obtidos são uma estimativa, podendo variar de acordo com o caso.

O dimensionamento do sistema de aquecimento solar adotado por estas lojas provém, na maioria das vezes, de tabelas prontas, não observando características do consumo de cada residência e rendimento das placas.

Em algumas lojas, o dimensionamento não leva em consideração o número de pessoas e sim o tamanho do reservatório térmico que é padronizado pela fábrica fornecedora. Houve uma variação muito grande no volume de reservatório adotado por cada loja.

Com os dados obtidos destas lojas, foi feita uma média dos preços para divisões de 3, 4 e 5 consumidores de água quente, para uma instalação que vise apenas a substituição do chuveiro elétrico. Chegando aos resultados mostrados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: *Custo médio de aquisição do aquecedor solar em função do número de moradores*

Número de Moradores	Volume do Reservatório (litros)	Custo Médio de Aquisição do Aquecedor Solar (R\$)
3	300	2200,00
4	400	2550,00
5	500	2900,00

Os custos anuais com aquecimento auxiliar também foram previstos.

Nas análises econômicas do desempenho de sistemas de aquecimento a longo prazo é conveniente expressar a contribuição da energia solar em relação à carga total demandada para aquecimento (*fração solar*) [13].

A fração solar é definida como a parcela de aquecimento de água de uma residência que fica destinada ao aquecedor solar, ou seja, é a razão entre a contribuição do sistema de aquecimento solar e a demanda de aquecimento, que pode ser tomada em uma base mensal ou anual, de acordo com o objetivo da análise. Tal valor é calculado mediante a Equação 4.5:

$$f = \frac{Q_{solar}}{Q_{total}} \quad (4.5)$$

Onde Q_{solar} é a parcela de participação do aquecimento solar e Q_{total} é a energia total demandada para aquecimento de água.

Levando em consideração os dados da Estação Meteorológica da Universidade Federal de Uberlândia com relação ao número de dias com chuva ao longo do intervalo entre os anos 2000 e 2003, foi assumida uma fração não solar de 10%, que é referente à proporção de dias onde não houve disponibilidade de sol na cidade de Uberlândia.

Os custos com energia auxiliar num sistema de aquecimento solar são referentes à quantidade de energia necessária para aquecer a água no interior do reservatório térmico, quando o termostato julgar que houve uma queda de temperatura. Geralmente a regulagem do termostato é feita de 40°C para 60°C, isto é, quando a temperatura no interior do reservatório térmico se encontra a 40°C, a resistência é acionada e então aquece a água até atingir uma temperatura de 60°.

Para estimar o custo com aquecimento auxiliar, é necessário estimar a quantidade de energia necessária para aquecer uma determinada massa de água, e este valor pode ser obtido pela conhecida Equação 4.6.

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta t \quad (4.6)$$

Onde m é a massa de água a ser aquecida, em Kg , C_p é o calor específico da água, Δ_t a variação de temperatura desejada e Q a quantidade de calor necessária para aquecer a água, dada em Cal .

Para se ter o valor desta potência em kWh , é necessário dividir o valor encontrado por 860. Logo, para encontrar os gastos anuais por pessoa com aquecimento auxiliar, basta multiplicar esta potência pela fração não solar e pelo número de dias do ano.

Um outro detalhe que deve ser levado em consideração na análise é a manutenção com o aquecedor solar. Entretanto este evento é muito difícil de prever.

Neste trabalho foi considerado que será feita manutenção no 6.^º ano da análise, no 12.^º, no 16.^º e no 18.^º. Estas manutenções podem ser eventuais reposições de vidro ou da resistência auxiliar. As informações obtidas junto às lojas revendedoras de aquecedores solares são de que praticamente não há necessidade de manutenção no equipamento ao longo de sua vida útil. Foi verificado em outros trabalhos que alguns destes adotam uma manutenção anual com valor equivalente a 1% do valor da compra do aquecedor solar. Neste trabalho achou-se conveniente estimar o valor gasto com estas manutenções em 10% do valor da compra do equipamento, já que a base não será anual.

4.3.5 Comparação Econômica

A comparação dos custos ao longo da vida útil das alternativas de aquecimento de água fornece ao consumidor um critério econômico de decisão.

A análise de ciclo de Vida Econômico consiste em abranger os fluxos de caixa relativos a toda a duração do equipamento, investimento ou despesas.

Utilizando todos os detalhes descritos nas seções anteriores, foi feita uma comparação dos gastos com as duas alternativas, incluindo investimento inicial e custo de operação, sendo que este último se caracteriza pelos custos anuais de energia consumida para cada alternativa.

Ao longo de uma análise de 20 anos é necessário prever o aumento da tarifa de energia elétrica. Entretanto, é praticamente impossível prever os reajustes

tarifários futuros, pois eles dependem de diversos fatores. Tendo em vista este fato, foi feita uma média dos acréscimos sofridos pela tarifa residencial nos últimos nove anos, chegando a uma taxa de 14,76% ao ano, conforme mostrado no ítem 4.1. Portanto este valor será adotado na análise desenvolvida neste trabalho.

O tempo médio de banho considerado por pessoa foi de 10 minutos.

Em seus estudos, [28] chegou a uma duração média de cada banho com utilização de chuveiro elétrico de 7 minutos, sendo que cada morador toma um banho por dia. Cada residência tinha, em média, 4,5 pessoas.

Os lançamentos futuros foram trazidos para uma base atual considerando uma taxa de desconto ou taxa de interesse que foi tomada de acordo com a média anual da caderneta de poupança no ano de 2004, de acordo com [15]. A Tabela 4.3 mostra os valores utilizados para a análise.

Tabela 4.3: *Valores utilizados na análise*

Número de Pessoas na Casa	4
Potência Média do Chuveiro (Watts)	3867
Tempo do Banho Por Pessoa (minutos)	10
Custo da Energia Elétrica (R\$ - kwh)	0,58
Taxa de Interesse do Investidor (%)	6
Aumento Médio da Tarifa (%)	14,76
Fração não Solar (%)	10

A Figura 4.5 traz uma comparação dos custos anuais com aquecimento através do chuveiro elétrico e do aquecedor solar para uma residência com 4 moradores.

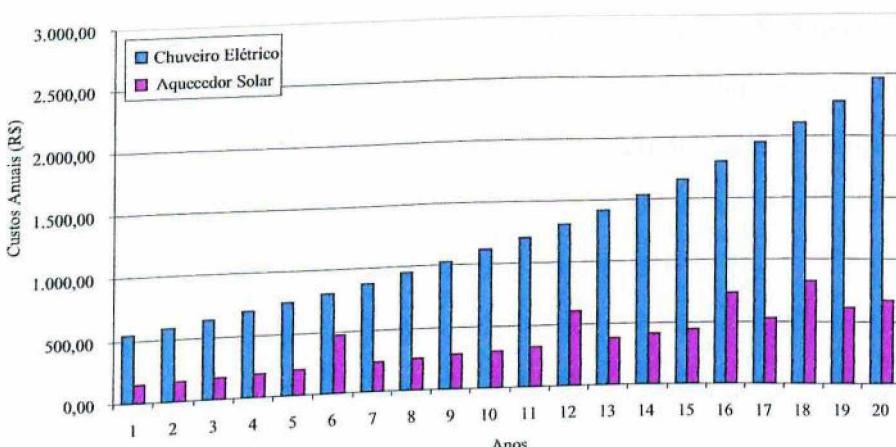


Figura 4.5: *Custos anuais com as fontes elétrica e solar para aquecimento de água*

A economia anual obtida permaneceu fixa em 73% em relação ao uso do chuveiro para os anos em que não foi feita manutenção no aquecedor solar. Já nos anos 6, 12, 16 e 18 do gráfico, os gastos anuais com aquecimento solar tiveram um aumento considerável devido aos custos com manutenção, por este motivo houve uma queda nos valores das economias percentuais obtidas nestes anos. Estes valores são mostrados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4: *Economias percentuais obtidas nos anos em que foi feita manutenção no aquecedor solar*

Ano	Economia (%)
6	41
12	53
16	58
18	61

A economia anual é obtida subtraindo-se os custos anuais com aquecimento elétrico dos custos anuais com aquecimento solar. A economia Acumulada é obtida somando todas as economias anuais obtidas, desde o primeiro ano de uso do aquecedor solar, considerando também o valor da compra do equipamento. O tempo de pagamento do investimento é então, o ano em que a economia tornou-se positiva. Na Figura 4.6 é mostrado o gráfico obtido com a economia acumulada da substituição do chuveiro elétrico pelo aquecedor solar.

O tempo de pagamento mostrado na Figura 4.6 é de cinco anos e a economia solar é de R\$ 15349,77, ou seja, em vinte anos de vida útil do aquecedor solar uma família com quatro pessoas conseguiria economizar em conta de Energia Elétrica seis vezes o valor investido na aquisição do aquecedor solar, isto significa que poderia ainda adquirir mais de um equipamento solar findado o tempo de vida útil do primeiro. O tempo de pagamento do investimento é ainda considerado alto, isto se deve ao alto custo de aquisição do aquecedor solar. Espera-se que este valor tenda a cair com incentivos adequados ao uso da tecnologia solar e também quando a produção de aquecedores solares atingir uma escala industrial maior.

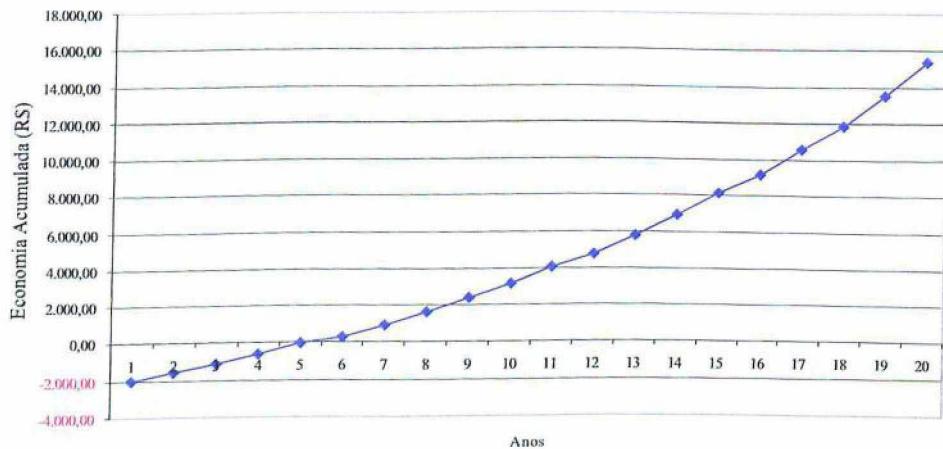


Figura 4.6: *Economia acumulada obtida com a substituição do chuveiro*

Variando o número de pessoas na moradia, a simulação permitiu obter os valores constantes na Tabela 4.5.

Tabela 4.5: *Comparação econômica com variação do número de moradores*

Número de pessoas	Economia Anual Média (%)	Economia Acumulada (R\$ - 20 anos)	Tempo de retorno (anos)
3	59%	9375,60	7
4	69%	15349,77	5
5	74%	21323,93	4

Os valores mostrados na Tabela 4.5 mostram que a economia em R\$ obtida com a substituição do chuveiro elétrico pelo aquecedor solar é bastante sensível ao número de moradores na residência. Este fato se verifica devido à forte tendência de aumento na tarifa de energia elétrica aplicada ao setor residencial e à grande diferença dos acréscimos desta tarifa comparada à inflação.

4.3.6 Análise Econômica Para a Compra do Aquecedor Solar no Ano de 2010

Utilizando os mesmos valores para o estudo anterior, foi feita uma estimativa do tempo de pagamento do investimento se a compra do aquecedor solar fosse feita no ano de 2010.

Para fazer esta previsão, foi necessário estimar quais serão os valores vigentes da tarifa de energia elétrica e de compra do aquecedor solar para o ano em questão. O valor da tarifa foi corrigido tendo em vista a média anual de acréscimos nos últimos anos, obtendo os acréscimos acumulados, como mostrado na seção 4.1. Já o valor de compra do aquecedor solar foi corrigido tendo em vista a previsão de acréscimos acumulados pelo IPCA. A Tabela 4.6 mostra a previsão dos acréscimos acumulados na tarifa de energia elétrica e no IPCA.

Tabela 4.6: *Estimativa do Acréscimo Acumulado Sofrido Pela Tarifa de Energia Elétrica Residencial e Pelo IPCA até o ano de 2010*

Ano	2006	2007	2008	2009	2010
Variação Acumulada IPCA (%)	7,79	16,18	25,23	34,99	45,50
Variação Acumulada Tarifa (%)	14,76	31,69	51,13	73,44	99,04

A previsão do preço do aquecedor solar foi, então, corrigido tomando como base o valor do acréscimo acumulado pelo IPCA no ano de 2010 e se encontra na Tabela 4.7.

Tabela 4.7: *Custo médio de aquisição do aquecedor solar corrigido para o ano de 2010 em função do número de moradores*

Número de Moradores	Volume do Reservatório (litros)	Custo Médio de Aquisição do Aquecedor Solar (R\$)
3	300	3201,00
4	400	3710,25
5	500	4219,50

Logo, os dados utilizados na análise para uma residência de 4 moradores foram atualizados, como mostra a Tabela 4.8.

Tabela 4.8: *Valores atualizados para o ano de 2010*

Número de Pessoas na Casa	4
Potência Média do Chuveiro (Watts)	3867
Tempo do Banho Por Pessoa (minutos)	10
Custo da Energia Elétrica (R\$ - kWh)	1,15
Taxa de Interesse do Investidor (%)	10
Aumento Médio da Tarifa (%)	14,76
Fração não Solar (%)	10

Então o tempo de pagamento do investimento na compra do aquecedor solar considerando uma família com 4 pessoas, obtido analogamente aos procedimentos anteriores, é mostrado no gráfico da Figura 4.7.

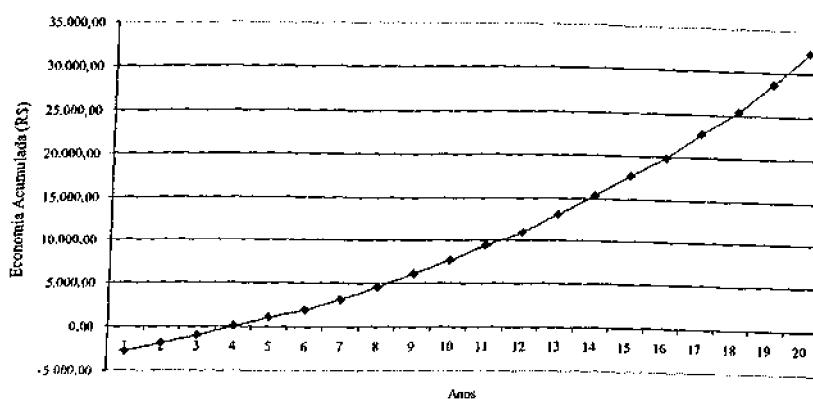


Figura 4.7: *Economia acumulada obtida com a compra do aquecedor solar no ano de 2010*

Variando o número de pessoas na residência da simulação, foram obtidos os resultados constantes na Tabela 4.9.

Tabela 4.9: *Comparação econômica para o ano de 2010 com variação do número de moradores*

Número de pessoas	Economia Anual Média (%)	Economia Acumulada (R\$ - 20 anos)	Tempo de retorno (anos)
3	70%	9375,60	5
4	70%	32.319,45	4
5	76%	44443,95	3

Com objetivo de melhor ilustrar os resultados obtidos, será mostrada na Figura 4.8 a simulação considerando a compra do aquecedor solar por uma família de 5 moradores no ano de 2010.

O fluxo de caixa se torna zero aos três anos depois da aquisição do sistema, ou seja, em três anos se pagaria o investimento. Observa-se, então, uma tendência a diminuir este prazo com o passar dos anos, se a taxa de aumento da tarifa de energia elétrica mantiver sua tendência de aumentar mais rapidamente que

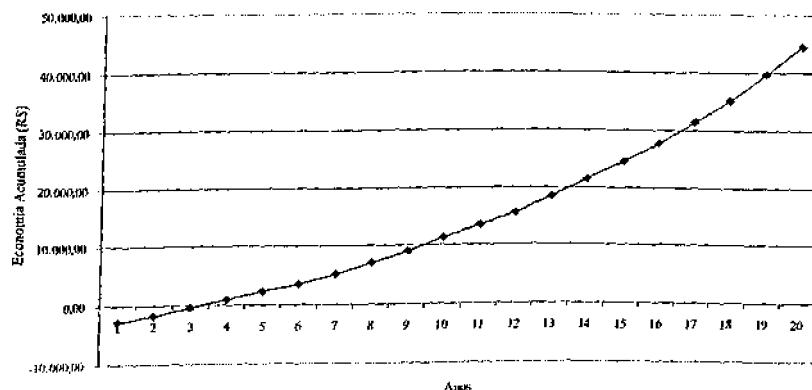


Figura 4.8: *Economia acumulada obtida com a compra do aquecedor solar por uma família com 5 moradores no ano de 2010*

o índice de preços ao consumidor, como observado nos últimos dez anos. Com políticas adequadas de incentivo à queda de preços do aquecedor solar, este prazo pode ser reduzido mais ainda com o passar do tempo.

As vantagens econômicas da aquisição do aquecedor solar não se restringem ao âmbito do consumidor de energia elétrica. O trabalho realizado por [5] levou em consideração a variação no tempo, por um lado, do custo do aquecedor solar e por outro, da tarifa e do custo marginal de fornecimento de energia elétrica, fazendo uma análise de retorno do investimento tanto para o consumidor como para o setor elétrico. O estudo levou o autor a concluir que os custos de fornecimento de energia elétrica para uso do chuveiro é mais danoso às finanças do setor elétrico do que se este doasse o aquecedor solar ao consumidor.

4.4 Conclusões

Este capítulo teve como objetivo avaliar economicamente a compra do aquecedor solar em substituição ao chuveiro elétrico. Assim, inicialmente foi representado o crescimento no mercado de aquecedor solar no Brasil, mostrando que no ano de 2001, época do racionamento de energia elétrica, houve um grande crescimento nas vendas de aquecedores solares no Brasil, impulsionado pela obri-

gação que as famílias tiveram de conter o consumo de energia elétrica em suas residências.

Também foi mostrada a variação nas tarifas de energia elétrica aplicada ao consumidor residencial, já que este detalhe possui uma grande influência na viabilidade de aquisição do aquecedor solar em substituição ao chuveiro elétrico. Os dados obtidos com relação aos históricos de tarifa de energia elétrica permitiram mostrar um grande acréscimo acumulado no valor da tarifa de energia aplicado aos consumidores residenciais nos últimos dez anos. Em comparação ao IPCA, que é tomado pelo governo como base para a meta de inflações, a tarifa de energia subiu significativamente, resultando em um aumento superior à inflação média dos últimos anos. Os dados expostos anteriormente permitem concluir que nos últimos anos a opção de aquecer água através da energia elétrica tornou-se dispendiosa, e ainda, somada aos outros inconvenientes relacionados à utilização do chuveiro elétrico, mostrados no Capítulo 3, comprova-se a necessidade urgente de mudar o padrão de aquecimento de água residencial adotado pelo país.

Utilizando a metodologia de custo do ciclo de vida econômico, foi feito um estudo comparativo das duas alternativas de aquecimento em questão neste trabalho. Foi considerado um tempo de vida útil do equipamento solar de 20 anos. Neste tempo, foram consolidados os gastos totais com aquecimento utilizando as duas alternativas, trazidos para uma base atual de tempo e considerando as devidas taxas de juros e de aumento da tarifa de energia elétrica.

O tempo de retorno do investimento na troca do chuveiro elétrico pelo aquecedor solar foi, então, obtido descontando as economias anuais no preço de aquisição do aquecedor solar, mostrando que para uma família com quatro moradores, este tempo é de cinco anos.

O estudo mostrou também uma grande economia ao fim do ciclo de vida do aquecedor solar. Esta economia tende a ser maior conforme a tendência mostrada na tarifa de energia elétrica a ser maior do que a inflação. Tendo em vista a grande diferença entre a taxa de juros de poupança adotada neste trabalho e a taxa de aumento do preço do kWh , a adoção de um equipamento solar em substituição ao chuveiro elétrico se mostra um grande investimento para o consumidor.

Do ponto de vista puramente econômico do lado do consumidor, apesar do alto investimento inicial, a adoção de um sistema de aquecimento solar se mostrou altamente vantajosa. Do ponto de vista estratégico, no entanto, seria temerário deixar a iniciativa de substituir o chuveiro elétrico unicamente nas mãos do consumidor. Sabe-se que existe uma gama de fatores que impede a penetração do aquecedor solar junto ao grande público; além do mais, o preço e as facilidades de instalação e uso do chuveiro elétrico tornam este equipamento "imbatível" aos olhos do consumidor no aquecimento de água para banho.

Esta dificuldade de penetração do aquecedor solar na maioria das residências deve ser vencido com programas de incentivo adequados, a serem adotados tanto pelo governo, quanto por programas de GLD, e não esperar uma crise no fornecimento de energia elétrica como a vivida em 2001 para difundir o uso desta tecnologia entre as diversas classes sociais. Desta maneira estará se tomando uma medida preventiva, e não corretiva como a da última experiência.

Capítulo 5

Pesquisas Realizadas

5.1 Questionário Aplicado ao Públíco em Geral

5.1.1 Descrição da Pesquisa

A velocidade das transformações tecnológicas e a crescente preocupação da sociedade com questões relativas ao impacto destas transformações sobre a vida das pessoas e sobre o meio ambiente tem forçado tanto empresas quanto universidades e demais instituições científicas a manterem a sociedade informada sobre as características e os efeitos das tecnologias que produzem ou utilizam [32].

A tecnologia de aquecimento de água por energia solar está consolidada. O grande impedimento à expansão no mercado tem sido a falta de divulgação da tecnologia junto à população, o “mito” do custo elevado das energias renováveis e a falta de incentivo governamental [5].

O objetivo deste capítulo é mostrar o resultado de uma pesquisa de campo que tem por finalidade verificar o conhecimento da população em geral a respeito da existência da alternativa de aquecimento solar. Este conhecimento relata o quanto esta alternativa se encontra difundida em meio à população. Para atingir tal objetivo, foram entrevistadas 126 pessoas, sendo que destas, 47 foram entrevistadas dentro do campus universitário da Universidade Federal de Uberlândia.

As 79 restantes foram abordadas no terminal central de ônibus, lugar onde se observa um fluxo intenso de pessoas durante o dia inteiro, pessoas estas de várias idades, níveis de escolaridade e de vários bairros da cidade.

Foi aplicado um questionário no qual se buscou observar alguns detalhes referentes ao conhecimento que as pessoas possuem a respeito da alternativa de aquecimento solar. A forma como este questionário foi apresentado é mostrada na Tabela 5.1.

Tabela 5.1: *Questionário aplicado ao público em geral*

1-Escolaridade	
<input type="checkbox"/> Ensino Fundamental Incompleto	<input type="checkbox"/> Ensino Fundamental Completo
<input type="checkbox"/> Ensino Médio Incompleto	<input type="checkbox"/> Ensino Médio Completo
<input type="checkbox"/> Superior Incompleto	<input type="checkbox"/> Superior Completo
2- Você conhece ou já ouviu falar sobre o sistema solar de aquecimento de água para banho?	
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não - encerrar a pesquisa
Se sim, qual foi o meio pelo qual você se informou do aquecedor solar?	
<input type="checkbox"/> Jornais/revistas	<input type="checkbox"/> Televisão
<input type="checkbox"/> Amigos/Vizinhos	<input type="checkbox"/> Loja de material para construção
<input type="checkbox"/> Outros (especificar)	
3- Você instalaria um aquecedor solar na sua casa?	
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não - Motivo:
Se sim, por qual você optaria por esta tecnologia?	
<input type="checkbox"/> Redução da conta de energia elétrica	<input type="checkbox"/> Segurança
<input type="checkbox"/> Consciência ecológica	<input type="checkbox"/> Estética
<input type="checkbox"/> Outros (especificar)	

Na primeira pergunta buscou-se verificar a escolaridade dos entrevistados, com o objetivo de verificar a influência que este detalhe pode exercer no conhecimento sobre o aquecedor solar. A segunda pergunta investiga o conhecimento propriamente dito, ou seja, se a pessoa conhece ou já ouviu falar sobre o aquecedor solar. Se a resposta for negativa, encerra-se o questionário; se for positiva, o meio de informação que forneceu o conhecimento é investigado, sendo que o questionário expõe cinco opções, sendo elas: jornais ou revistas, televisão, amigos ou vizinhos ou lojas de material para construção, este ítem relata a participação dos meios de

comunicação na divulgação da tecnologia de aquecimento solar. A terceira pergunta investiga as possíveis atitudes que estas pessoas tomariam: de instalar ou não o aquecedor solar e em caso positivo, qual o motivo que as levaria a fazê-lo.

Nas próximas seções serão apresentados os resultados referentes a cada pergunta separadamente.

5.1.2 Escolaridade das Pessoas Entrevistadas

O público que foi abordado dentro do campus universitário representa 37% da amostra, ou seja, esta proporção se refere à quantidade de pessoas que estão cursando o ensino superior. Para a parcela de pessoas que foram abordadas no terminal central é apresentado um gráfico constando o resultado da escolaridade destas pessoas, na Figura 5.1.

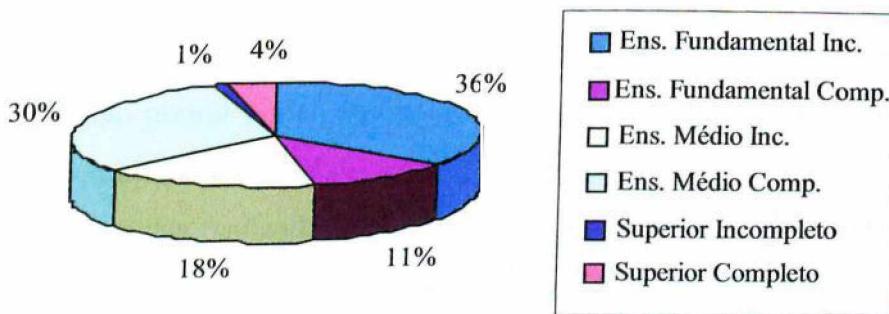


Figura 5.1: *Escolaridade das pessoas entrevistadas*

O resultado mostrado na Figura 5.1 aponta para uma maioria de pessoas com ensino fundamental incompleto, o que representa uma grande parcela de pessoas com baixa escolaridade entre o público que foi abordado no terminal central de ônibus.

5.1.3 Conhecimento a Respeito do Aquecedor Solar

Das 126 pessoas entrevistadas, 11 declararam nunca terem ouvido nenhuma referência a respeito do aquecedor solar e 111 declararam que conhecem ou já ouviram falar. Isto se explica pelo fato de que na cidade de Uberlândia esta tecnologia já está bem difundida, e muitas famílias de classe média instalaram

aquecedor solar em casa, e como este equipamento fica posicionado de maneira visível, muitas pessoas tomam conhecimento pela visão ou através de outras pessoas que adquiriram um equipamento solar. Este resultado pode ser visualizado através de um gráfico da Figura 5.2.

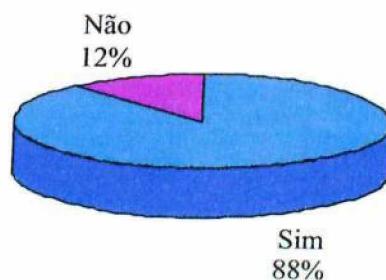


Figura 5.2: *Conhecimento a respeito do aquecedor solar das pessoas entrevistadas*

Este resultado coloca em cheque a veracidade da afirma o da cita o feita no primeiro parágrafo deste capítulo, podendo-se demonstrar o alto ´ndice de conhecimento da alternativa de aquecimento solar. De fato, o que ocorre ´ que a popula o não possui poder aquisitivo que permita adquirir um equipamento solar, dado seu alto custo inicial.

Em uma pesquisa realizada pela ABRAVA [33], os Estados de Minas Gerais e São Paulo foram apontados como locais onde se havia um crescimento generalizado do emprego da tecnologia de aquecimento solar. A mesma pesquisa apontou que quase 70% da popula o brasileira não possui nenhum conhecimento a respeito da existência do aquecedor solar.

Pode-se inferir que houve uma grande divulga o da alternativa de aquecimento solar na cidade de Uberlândia, principalmente pelo fato desta alternativa ter sido muito utilizada na época do racionamento de energia elétrica.

5.1.4 Escolaridade dos Entrevistados que Declararam Não Conhecer o Aquecedor Solar

Das pessoas que declararam não possuírem qualquer referência a respeito da tecnologia de aquecimento solar, a maioria possui ensino fundamental incompleto. Apesar do número de pessoas que declararam não conhecer o aquecedor solar ser pequeno, o resultado da escolaridade mostrado na Figura 5.3 leva a concluir que

o nível de instrução da população é um fator que influencia a difusão de novas alternativas energéticas. Um outro fato que favorece esta conclusão é que das 48 pessoas que declararam estar cursando o ensino superior, apenas uma declarou não possuir nenhuma referência sobre o aquecedor solar.

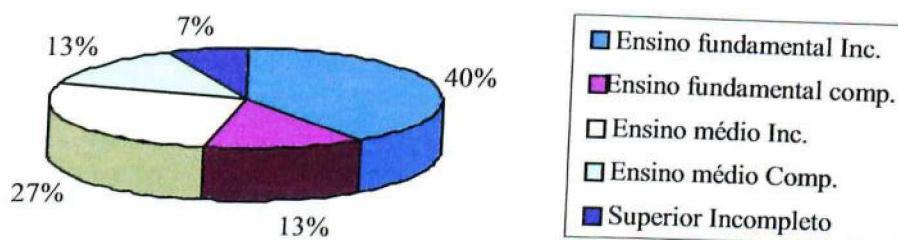


Figura 5.3: *Escolaridade das pessoas que declararam não possuírem nenhuma referência a respeito do aquecedor solar*

5.1.5 Meios de Informação a Respeito do Aquecedor Solar

Os meios de difusão da tecnologia de aquecimento solar foram investigados nesta pergunta e o resultado é mostrado na Figura 5.4.

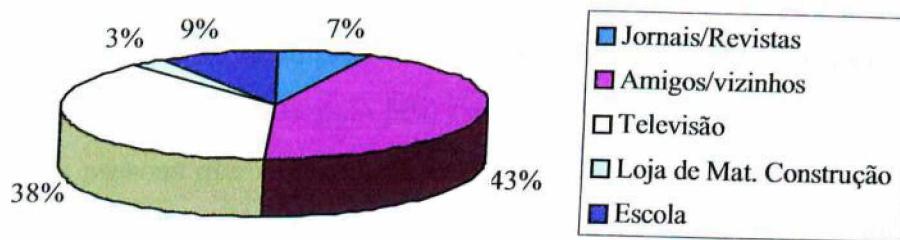


Figura 5.4: *Meios de informação a respeito do aquecedor solar*

Este resultado aponta que o meio de difusão que mais se responsabilizou por informar a população foi o convívio com pessoas que tenham adquirido o equipamento solar; em seguida, o meio televisão também foi bastante citado. A escola foi relativamente pouco citada, isto leva a concluir que o setor educacional deve se preparar mais para dar este tipo de instrução, pois é uma das melhores formas de difundir o conhecimento na sociedade.

5.1.6 Respostas dos Entrevistados à Pergunta se Instalariam ou não o Aquecedor Solar

Para as pessoas que disseram conhecer o aquecedor solar, a pesquisa teve continuidade, e a próxima pergunta foi se a pessoa instalaria ou não um aquecedor solar. O objetivo desta pergunta é verificar a aceitação que as pessoas possuem em relação a este equipamento. A Figura 5.5 mostra a distribuição das respostas obtidas para esta pergunta.

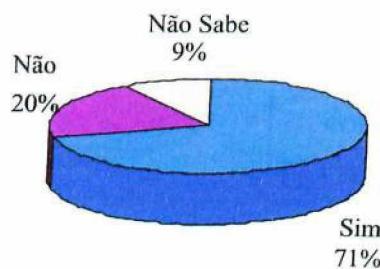


Figura 5.5: *Resposta dos entrevistados à pergunta se instalariam o aquecedor solar*

Das pessoas que declararam que não instalariam o aquecedor solar, grande parte alegou que o preço de aquisição era muito alto. Algumas citaram ainda a praticidade do chuveiro em comparação com o trabalho de se instalar um aquecedor solar. Também houve pessoas que disseram que não havia necessidade de adquirir um aquecedor solar pelo fato de estarem numa região muito quente. A maioria das pessoas que declarou que tomaria iniciativa de adquirir um equipamento solar colocou como observação que o faria se tivesse condições financeiras, pois ainda o preço de aquisição é muito alto.

Um fato notável em relação à tecnologia de aquecimento solar é o interesse e simpatia que a mesma desperta nas pessoas. Com acesso à informação e incentivos, as pessoas se mostram sempre bastante favoráveis à sua utilização. Enquanto algumas tecnologias sofrem restrições por parte dos consumidores, os aquecedores solares são bem vindos por toda a população [33].

5.1.7 Razões Para se Instalar o Aquecedor Solar

A última pergunta do questionário foi feita com as pessoas que disseram que tomariam iniciativa de adquirir o equipamento solar, esta pergunta investiga os possíveis motivos que levariam os entrevistados a adquirir o equipamento solar, apresentando o resultado mostrado na Figura 5.6.

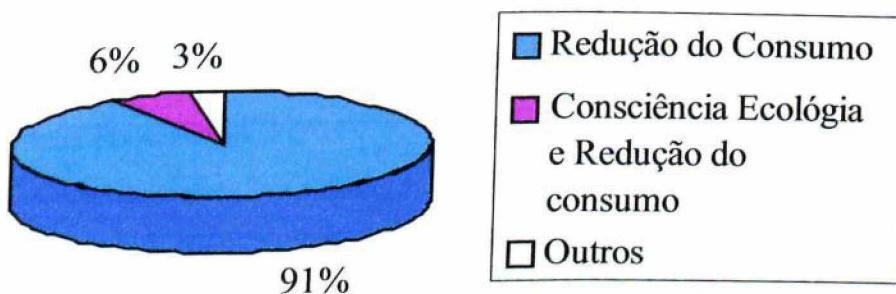


Figura 5.6: *Possíveis razões para se instalar o aquecedor solar*

Este resultado mostra que a grande maioria das pessoas entrevistadas tem intenção de reduzir o consumo de energia elétrica em suas casas, e reconhecem que o aquecedor solar é uma forma de atingir esta meta. Uma pequena parcela de 6% citou também a conscientização ecológica juntamente com a preocupação da economia energética. O restante (3%) citou motivos como praticidade do aquecedor solar e o conforto.

5.2 Questionário Aplicado aos Engenheiros e Arquitetos

5.2.1 Descrição da Pesquisa

Esta pesquisa foi realizada com 30 Engenheiros da cidade de Uberlândia que fazem projeto de moradia. O objetivo desta pesquisa é averiguar a participação deste setor trabalhista na função de difundir a utilização do aquecedor solar. Se todos os Engenheiros que atuam com projetos de construção civil de moradias tiverem a visão de incentivar o uso do aquecedor solar junto aos seus clientes, grande parte do uso final aquecimento de água vai estar livre de usar o aquecimento elétrico. Logicamente que este público se restringiria apenas à classe

média-alta, pois as classes inferiores não contratam este tipo de serviço. Mas mesmo que a classe média atinja pequeno percentual da população, esta pequena parcela seria significativa no que diz respeito a substituir o aquecimento elétrico destas casas.

A forma como o questionário foi apresentado aos engenheiros e arquitetos é mostrada na Tabela 5.2.

Tabela 5.2: Questionário aplicado aos engenheiros e arquitetos

1-Formação profissional	
<input type="checkbox"/> Engenheiro civil <input type="checkbox"/> Arquiteto	
2- Você trabalha com projetos que incluem a instalação de aquecedores solares?	
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não - encerrar a pesquisa	
3- Em caso afirmativo, há quanto tempo?	
4- Você já fez algum curso ou treinamento sobre projeto e dimensionamento de aquecedores solares?	
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
5- Quantos sistemas de aquecimento de água você já projetou?	
<input type="checkbox"/> até 5 <input type="checkbox"/> 5 a 10 <input type="checkbox"/> mais de 10	

A primeira pergunta da entrevista tem por objetivo questionar a formação profissional, ou seja, se o entrevistado é Engenheiro Civil ou Arquiteto.

A segunda pergunta investiga se este profissional possui hábito de incluir a instalação de aquecedores solares em seus projetos. A terceira pergunta é feita às pessoas que responderam sim à questão anterior. Esta pergunta investiga o tempo com que este profissional já vem desenvolvendo trabalhos nesta área, com a importância de investigar a experiência que o entrevistado possui com esta atividade.

A quarta pergunta investiga a preparação que o Engenheiro ou o Arquiteto possui em projetar um sistema de aquecimento solar, ou seja, se ele já fez algum tipo de curso ou treinamento sobre sistemas de aquecimento solar.

E por fim, a quinta pergunta investiga quantos sistemas solares de aquecimento de água o entrevistado já projetou.

As seções seguintes mostram os resultados obtidos com a aplicação deste questionário, de forma separada para cada pergunta.

5.2.2 Porcentagem de Participação em Projetos de Aquecimento Solar

Quanto à formação profissional dos entrevistados, a amostra ficou dividida em 25 engenheiros civis e 5 arquitetos. Dos trinta profissionais que trabalham com projetos de construção civil entrevistados, uma maioria bastante discreta (53%) responderam que fazem projetos com a possibilidade de incluir sistemas de aquecimento solar. Este resultado revela que estes profissionais possuem um grande potencial de participação na divulgação do uso dos aquecedores solares. Na Figura 5.7 é mostrado este resultado.

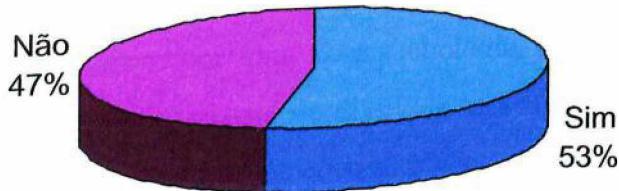


Figura 5.7: *Porcentagem de engenheiros que trabalham com projetos de aquecimento solar*

5.2.3 Tempo de Experiência com Projetos

A Figura 5.8 mostra a distribuição de frequência do tempo que os engenheiros entrevistados vêm propondo e executando o projeto de instalação de aquecedores solares.

Este resultado revela uma moda de tempo de experiência na faixa de 1-5 anos, com uma variada distribuição de frequências. Esta moda de 1-5 anos pode indicar que estes profissionais passaram a incluir o aquecedor solar em seus projetos devido ao racionamento de energia elétrica ocorrido em 2001. A média encontrada para os dados tabelados foi de 11 anos, o que indica um bom tempo de atuação na área de aquecimento solar e também uma grande contribuição à difusão ao uso desta tecnologia. Logicamente não é possível um projetista conseguir inserir um aquecedor solar em cada projeto a executar, pois existem as barreiras que

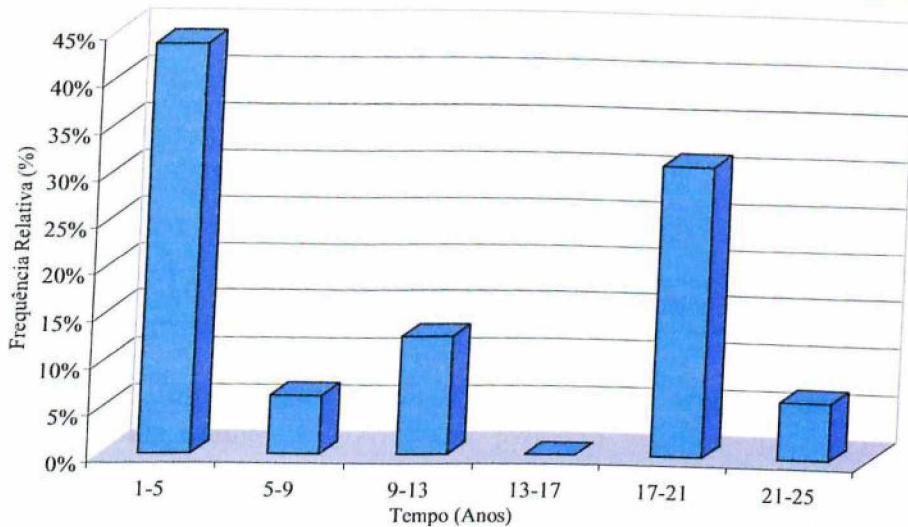


Figura 5.8: *Distribuição de Frequência do Tempo de Experiência Com Aquecimento Solar dos Entrevistados*

o consumidor impõe ao optar por uma nova tecnologia, mas se for considerado o potencial que este profissional possui de divulgar esta tecnologia, em um tempo de 11 anos seria grande a economia de energia obtida pela adoção de um sistema de aquecimento solar.

5.2.4 Qualificação Específica dos Profissionais

Do total de profissionais que responderam que propõem a seus clientes a instalação de sistemas de aquecimento solar, 44% fizeram cursos específicos sobre projeto e dimensionamento e 56% não fizeram nenhum curso.

Da parcela de profissionais que responderam nunca terem se preparado através de cursos, 56% costumam fazer o dimensionamento do sistema de aquecimento solar, já do total que responderam terem feito algum curso, 28% costumam fazer o dimensionamento, como mostrado na Figura 5.9.

Este resultado revela ainda que a maioria dos profissionais, mesmo não possuindo qualificação específica, arriscam em desenvolver estes projetos. Este fato insere a possibilidade de haverem sistemas mal dimensionados, muitas vezes significando um investimento a mais para o morador ou uma insatisfação para este, fazendo com que estas pessoas desacreditem cada vez mais na possibilidade de

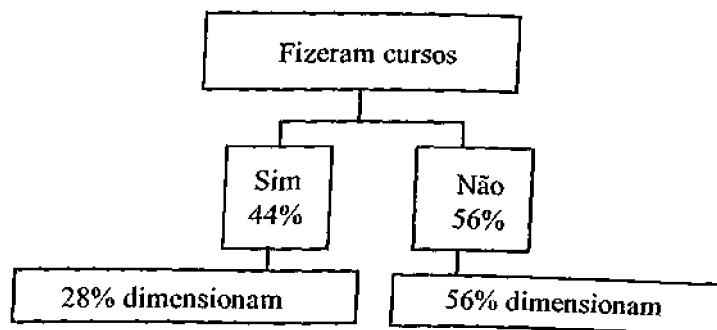


Figura 5.9: *Capacitação específica dos entrevistados e atuação em dimensionamentos de sistemas solares*

adquirir novas tecnologias de aquecimento de água, pelo exemplo vivido. Os profissionais que teoricamente não estão preparados e responderam que também não arriscam fazer dimensionamento, apenas propõem o uso do sistema e fazem o dimensionamento da tubulação, deixando o dimensionamento das placas e do reservatório térmico para o profissional que trabalha com a venda do aquecedor solar. Por outro lado, como mostrado na Figura 5.9, mesmo tendo se preparado através de cursos, a maioria dos profissionais deixa o dimensionamento do projeto para a loja que for vender o aquecedor solar a seu cliente, constituindo-se também em um risco de inserir dimensionamentos inadequados.

Este resultado revela que existe uma grande possibilidade de as instalações de aquecedores solares que se encontram prontas, e aquelas que ainda estão por vir, não respeitarem um rigor com relação ao seu dimensionamento, podendo este fato contribuir para um descrédito por parte da população em geral, já que um exemplo mal vivido pode resultar numa generalização.

Como se não bastasse o fato de recair na energia solar como um todo, o débito de qualquer mal funcionamento de uma instalação de energia solar em particular, a velocidade de propagação e o alcance destas experiências negativas é incomparavelmente maior do que qualquer elogio realizado a uma instalação demonstrativa. Além disso chega-se a responsabilizar o sistema solar por todo e qualquer acontecimento ocorrido em uma residência que o possua. Exemplo disso é o noticiário do jornal 'Folha de Itapira' que veiculou a seguinte notícia: "Aquecimento Solar, uma bomba dentro de casa"[10].

Por aí já se pode imaginar e certificar-se que uma grande parcela dos aspectos negativos debitados à energia solar poderia ser reduzida através de uma regulamentação da instalação de um sistema de energia solar [10].

5.2.5 Número de Aquecedores Propostos Por Cada Profissional

Para os entrevistados que declararam propor a inclusão de sistemas de aquecimento solar foi perguntado o número médio de propostas que já havia feito e/ou executado. O resultado das respostas dadas à pergunta que investiga o número de sistemas de aquecimento solar que estes profissionais já projetaram é mostrado na Figura 5.10.

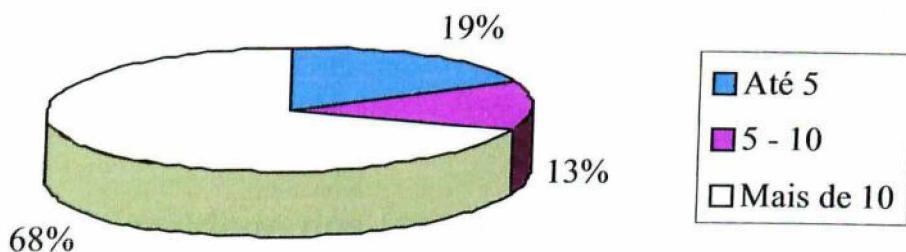


Figura 5.10: *Número de aquecedores inseridos pelos profissionais entrevistados*

Do total de entrevistados, a maioria já inseriu mais de 10 aquecedores nas residências onde atuou. O resultado obtido com esta pergunta confirma a hipótese de que os Engenheiros e Arquitetos projetistas possuem um grande potencial de participação na difusão de novas tecnologias de aquecimento de água e que ainda, este potencial tem sido aproveitado por estes profissionais de modo satisfatório.

5.3 Questionário Aplicado aos Instaladores de Aquecedor Solar

5.3.1 Descrição da Pesquisa

O questionário aplicado aos instaladores de sistemas de aquecimento solar teve como principal objetivo verificar a qualificação específica destes profissionais para indicar se estes estão preparados para atuarem na área de instalação de aquecedores solares. Foram entrevistados 11 profissionais que vêm prestando

serviços às lojas revendedoras de aquecedores solares de Uberlândia. A forma como o questionário foi apresentado é mostrada na Tabela 5.3.

Tabela 5.3: *Questionário aplicado aos instaladores de sistemas de aquecimento solar*

1-Escolaridade	
<input type="checkbox"/> Ensino Fundamental Incompleto <input type="checkbox"/> Ensino Fundamental Completo <input type="checkbox"/> Ensino Médio Incompleto <input type="checkbox"/> Ensino Médio Completo <input type="checkbox"/> Superior Incompleto <input type="checkbox"/> Superior Completo	
2- Fez algum curso ou treinamento que o habilitasse para a instalação de aquecedores solares?	
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Em caso afirmativo, qual?	
3- Há quanto tempo você trabalha com a instalação de aquecedores solares?	

5.3.2 Escolaridade dos Instaladores

A primeira pergunta do questionário investiga a escolaridade dos profissionais que vêm atuando com instalação de aquecedores solares em Uberlândia. O resultado é mostrado na Figura 5.11.

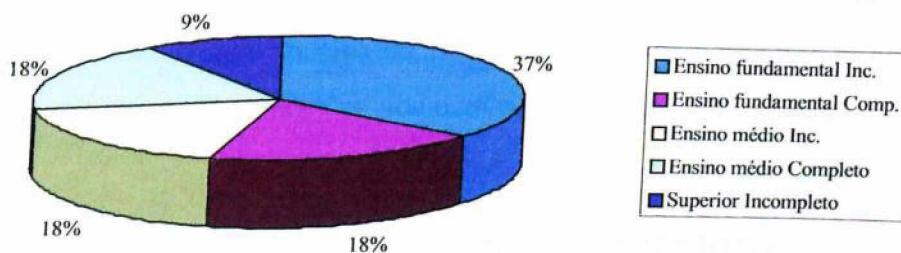


Figura 5.11: *Escolaridade dos Instaladores de Aquecedor Solar*

Como era de se esperar, o resultado aponta para uma maioria de profissionais que não concluiu o ensino fundamental. Por outro lado, tem-se 36% destes instaladores com ensino médio concluído ou a concluir. Surpresa é que 9% estão cursando o ensino superior.

5.3.3 Qualificação Específica dos Profissionais

A segunda pergunta do questionário investiga a qualificação específica que os profissionais instaladores receberam para atuarem com montagem de aquecedores solares.

Dos 11 profissionais entrevistados, 6 receberam treinamento na própria loja onde trabalham, ou seja, não frequentaram nenhum curso específico oferecido por empresas. O restante, 5 profissionais, fizeram cursos com duração média de dois dias e citaram empresas que fornecem estes cursos, como Soletrol e ELUMA.

Este resultado leva a concluir que as lojas revendedoras de sistemas de aquecimento solar possuem uma visão de simplicidade da prática de instalação destes equipamentos, pois grande parte dos entrevistados recebeu treinamento rápido oferecido por pessoas que dividiram suas experiências. Este procedimento pode conduzir à formação de profissionais mal preparados para atuarem com a instalação de aquecedores solares, podendo acarretar em erros graves no serviço prestado e com isto gerar uma grande insatisfação por parte de quem contrata o serviço. E, como já comentado na seção 5.2.4, uma experiência mal vivida pode contribuir para um descrédito na tecnologia de aquecimento solar.

Além da tecnologia de aquecimento solar merecer um melhor incentivo por parte dos setores governamentais, é preciso capacitar melhor os profissionais que atuam nesta área com o intuito de pôr fim a qualquer oportunidade de gerar situações que gerem insatisfações aos usuários de aquecimento solar.

5.3.4 Tempo de Experiência dos Instaladores

A última pergunta do questionário aplicado aos instaladores tem por objetivo verificar há quanto tempo estes profissionais vêm atuando em suas tarefas. O resultado é mostrado na Figura 5.12.

Como se pode observar na Figura 5.12, o tempo de experiência dos profissionais entrevistados é consideravelmente alto, fato que conduz a uma superação nos possíveis erros que se pode haver por um profissional que tenha eventualmente sido mal preparado para esta função. A moda do tempo de experiência dos

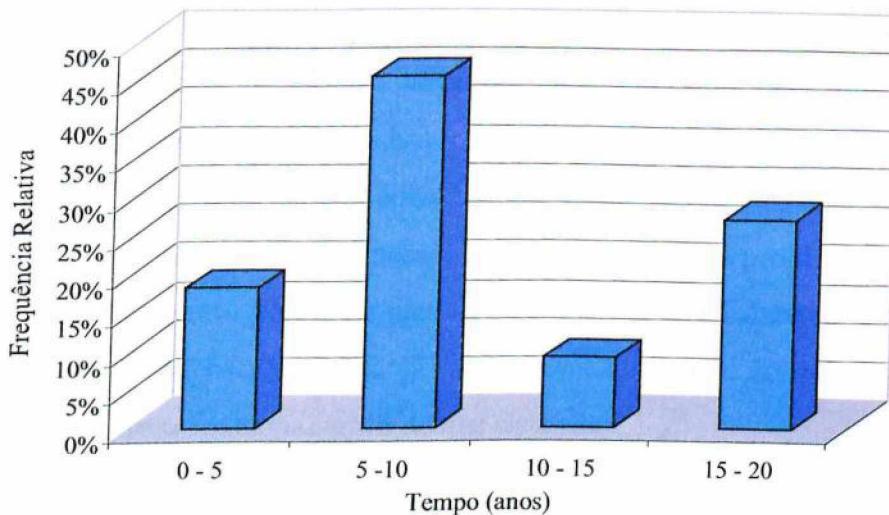


Figura 5.12: *Tempo de Experiência dos Instaladores*

taladores de sistemas de aquecimento solar está na faixa de 5 a 10 anos e a média encontrada é de 9 anos.

5.4 Conclusões

O primeiro questionário apresentado neste capítulo teve como objetivo mostrar o conhecimento geral que a população possui sobre o aquecedor solar. Os resultados mostraram que a cidade de Uberlândia já possui um grande potencial de participação no uso da tecnologia solar para aquecimento, já que a maioria dos entrevistados declarou possuir algum tipo de referência sobre esta alternativa, fato que não ocorre em muitas regiões brasileiras.

Os dois últimos questionários expostos neste capítulo tiveram como objetivo geral mostrar a atuação dos profissionais que vêm atuando com projetos e instalações de sistemas de aquecimento solar, apresentando resultados que permitiram dizer se estes profissionais possuem ou não qualificação específica para atuarem nesta área. Os resultados apontaram que a prática de projetar e instalar o equipamento solar vêm sendo vista com certa simplicidade pelos profissionais em geral, pois, como mostrado, muitos engenheiros não fizeram cursos específicos sobre projeto e dimensionamento de sistemas solares e mesmo assim o fazem. No que diz

respeito aos instaladores, estes muitas vezes recebem cursos oferecidos por profissionais que se baseiam na própria experiência para ensinar seus funcionários, introduzindo uma possibilidade de haver erros nas instalações.

No entanto, estas informações sozinhas não permitem que se conclua que as instalações encontradas na cidade possam estar apresentando problemas. Já uma investigação diretamente junto aos usuários de aquecedores solares pode estimar a qualidade dos serviços prestados, já que o nível de satisfação destes usuários reflete diretamente o funcionamento destes sistemas.

No próximo capítulo será apresentado o resultado de uma investigação desta natureza, além de outros relacionados ao uso do aquecedor solar.

Capítulo 6

Pesquisa Realizada Junto aos Usuários de Aquecimento Solar

6.1 Introdução

Neste capítulo é apresentado o resultado da pesquisa realizada nas residências onde foi instalado o aquecedor solar. O objetivo desta pesquisa é fazer o levantamento de algumas características das famílias que optaram pela alternativa de aquecimento solar, bem como algumas características das instalações encontradas e, por fim, mostrar a redução no consumo de energia elétrica que estas residências apresentaram após a instalação do equipamento.

6.2 Descrição da Pesquisa

A metodologia adotada para levantamento dos dados foi a aplicação de um questionário a todas as residências a serem visitadas. Para ter acesso a estas residências, foi feito um levantamento junto às lojas revendedoras do equipamento solar. Inicialmente o objetivo era visitar somente as residências nas quais havia sido feita a substituição do chuveiro elétrico, ou seja, onde houvesse a possibilidade de se fazer um levantamento do consumo de energia com o chuveiro elétrico instalado e do consumo após a substituição do chuveiro pelo aquecedor solar, para fins de comparação. Entretanto, ao fazer o levantamento das residências onde haviam sido instalados aquecedores solares nos últimos dois anos, foi

verificado que do total de clientes informado pelas lojas, a maioria havia instalado o aquecedor solar no momento da construção da casa, resultando, assim, em um número restrito de famílias que havia optado pela substituição do chuveiro elétrico. Mesmo com a verificação deste fato, buscou-se visitar o maior número possível de famílias onde houvesse a possibilidade de fazer uma análise das contas de energia elétrica. Logo, a entrevista ficou dividida da seguinte forma:

- 19 famílias que instalaram o aquecedor solar na construção da casa;
- 34 famílias que fizeram substituição do chuveiro elétrico

A localização das residências visitadas para a realização da pesquisa é mostrada em um mapa constante no Anexo B. Além do questionário, foram feitas medições do ângulo de inclinação e da orientação das placas, com o objetivo de verificar se as instalações obedecem às recomendações de instalação no que diz respeito a estes itens. As medições dos ângulos de inclinação das placas solares das residências foram feitas utilizando um inclinômetro mostrado na Figura 6.1.



Figura 6.1: Inclinômetro utilizado nas medições

A forma como o questionário foi apresentado aos entrevistados é mostrada na Tabela 6.1.

Tabela 6.1: *Questionário apresentado aos usuários de aquecimento solar*

Parte I – Caracterização dos moradores
1- Qual é o número de moradores da residência? 2- Quais são as idades dos moradores? 3- Qual é a escolaridade dos responsáveis? 4- Qual é a renda familiar média? 5- A casa é própria?
Parte II – Conhecimento dos entrevistados
1- Qual foi o meio pelo qual você se informou a respeito da tecnologia de aquecimento solar? <input type="checkbox"/> Jornais/revistas <input type="checkbox"/> Televisão <input type="checkbox"/> Amigos/Vizinhos <input type="checkbox"/> Loja de material para construção <input type="checkbox"/> Outros (especificar)
2- Você sabe da existência de linhas de crédito específico para financiamento do aquecedor solar? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Parte III – Detalhes referentes à instalação dos aquecedores solares
1- Sabe da existência de uma resistência que aquece a água em dias de pouco sol? 2- Possui o hábito de desligar o disjuntor da resistência em algum horário do dia? 3- Possui conhecimento da necessidade de limpeza periódica nos vidros do aquecedor solar? Se sim, com qual frequência você faz esta manutenção? 4- Teve algum tipo de problema com a instalação do aquecedor solar? 5- Você está satisfeito com o sistema de aquecimento solar? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não
Parte IV – Detalhes referentes ao consumo das residências
1- Você observou se houve alguma redução no valor da conta de energia elétrica após a instalação do aquecedor solar? 2- Você adquiriu ou retirou algum equipamento de grande consumo após a instalação do aquecedor solar? <input type="checkbox"/> Sim. Qual? <input type="checkbox"/> Não

Na próxima seção serão mostrados separadamente os resultados obtidos em cada pergunta do questionário.

6.3 Caracterização dos Moradores

A pesquisa realizada junto às famílias que adquiriram o aquecedor solar possui caráter descritivo. Por isto foi feito um levantamento das características destas famílias, o resultado será mostrado nas subseções seguintes.

6.3.1 Número de Moradores Por Habitação

A primeira pergunta do questionário (página 76) possui objetivo de investigar o número de moradores de cada habitação visitada. Este dado permite estabelecer os valores de economia per capita obtida com a substituição do chuveiro elétrico. Também se constitui num dado importante para avaliar o consumo de energia de cada residência. O resultado obtido com esta pergunta será mostrado na Figura 6.2.

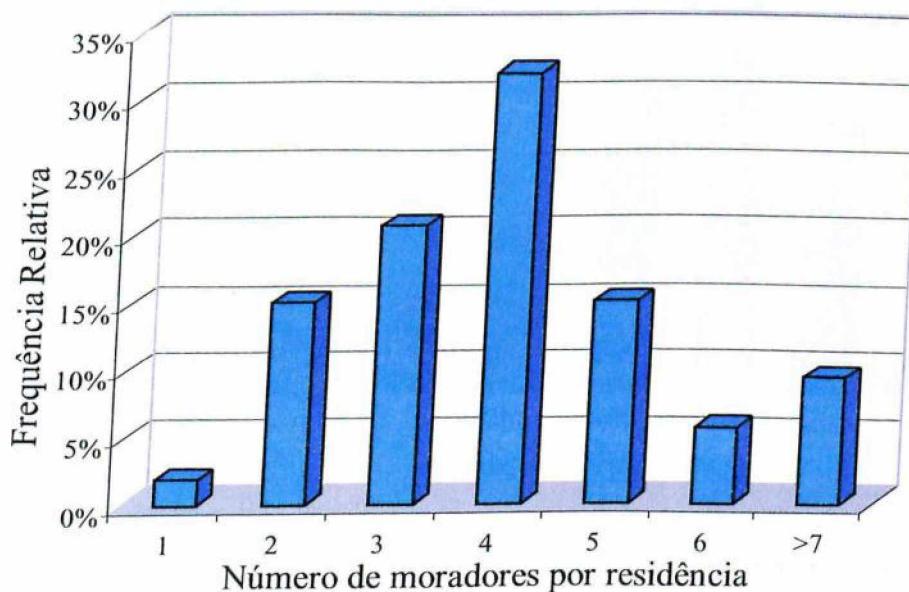


Figura 6.2: Distribuição de freqüência do número de moradores por habitação

A moda obtida foi de 4 moradores por residência, sendo que o número máximo encontrado foi 9, ficando a média em 3,6 moradores por habitação. Este resultado mostra que a maioria das habitações possui três ou mais moradores.

Considerando que no estudo de viabilidade econômica de instalação do aquecedor solar realizado no Capítulo 4, o número de pessoas na moradia interfere no

tempo de retorno do investimento, o resultado encontrado aqui leva a concluir que o tempo médio de retorno do investimento para estas famílias é de 7 anos.

6.3.2 Idade dos Moradores

A segunda pergunta do questionário (página 76) investiga a idade de todos os integrantes das famílias visitadas. Uma população jovem possui um potencial de continuidade do uso de aquecedores solares bem maior, considerando que com o tempo a tendência é dos moradores mais jovens constituírem nova família, onde a probabilidade de se fazer opção pelo aquecimento solar aumenta pelo fato destas pessoas já terem tido alguma experiência com o uso desta tecnologia.

O resultado desta investigação é mostrado na Figura 6.3.

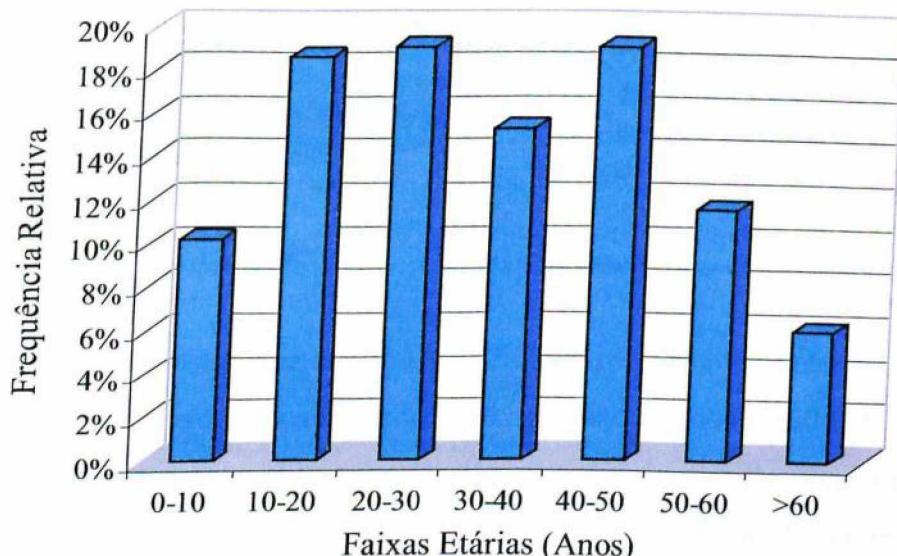


Figura 6.3: Distribuição da população por faixas etárias

A Figura 6.3 mostra uma distribuição bastante variada, mas isto se deve ao fato de haver sido considerada também a idade dos pais. Levando em consideração apenas a idade dos filhos, trata-se de uma população bastante jovem, com média de 48% de ocorrência de idades até 30 anos. Logo, o potencial de continuidade do uso do aquecedor solar pelos membros destas famílias será muito grande e isto contribuirá mais ainda para a difusão do uso desta tecnologia.

Um outro fato a se considerar é que a população mais jovem tende a tomar banhos mais demorados. Sendo assim, a instalação de um aquecedor solar nestas residências representa uma economia ainda maior.

6.3.3 Escolaridade

A terceira pergunta do questionário investiga a escolaridade dos responsáveis pela habitação, ou seja, das pessoas que tomaram iniciativa de comprar um aquecedor solar. Esta pergunta tem a importância de mostrar se há influência da educação na atitude de adquirir um aquecedor solar.

O resultado é mostrado na Figura 6.4.

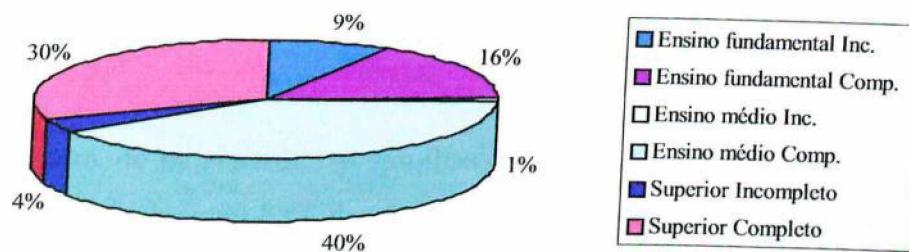


Figura 6.4: *Escolaridade das pessoas que adquiriram o aquecedor solar*

O Figura 6.4 mostra que a maioria (70%) dos responsáveis pelas habitações pesquisadas possui pelo menos segundo grau completo, sendo que 30% deste total se refere a pessoas com ensino superior completo, o que leva a concluir que a escolaridade das pessoas pode ser um fator decisivo na atitude de optarem por novas tecnologias de aquecimento.

6.3.4 Renda Familiar

O nível social das famílias visitadas também foi investigado neste questionário, na quarta pergunta da Parte I (página 76). É de se esperar que a compra de um equipamento solar para aquecimento de água seja feita prioritariamente pelas classes sociais mais elevadas. Portanto o objetivo de mostrar a renda familiar das famílias entrevistadas reside no fato de confirmar esta hipótese e também

de mostrar se existe alguma família de baixa renda que fez opção pelo uso do aquecedor solar. O resultado é mostrado na Figura 6.5.

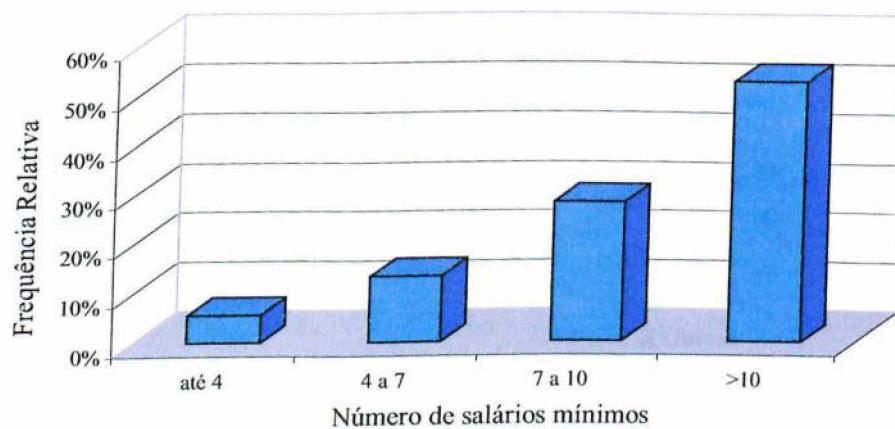


Figura 6.5: *Distribuição de frequência do número de salários mínimos das famílias*

Como era de se esperar, as famílias entrevistadas pertencem a uma classe social mais elevada, com 53% das famílias possuindo renda familiar superior a 10 salários mínimos. A renda média encontrada foi de 9 salários mínimos.

Das 53 famílias visitadas, apenas 6 são de classe social mais baixa. A faixa salarial mínima encontrada foi de 3 salários mínimos, sendo que em alguns casos observados, a iniciativa de instalar o aquecedor solar se deu pelo fato da pessoa responsável pela casa trabalhar na área da construção, tendo um contato maior com este tipo de tecnologia e por isto, em muitos casos, resultando em um investimento em mão de obra de instalação do aquecedor solar inferior ao valor de mercado.

6.4 Conhecimento dos Entrevistados

6.4.1 Meios de Informação a Respeito da Tecnologia de Aquecimento Solar

O meio com que as pessoas entrevistadas se informaram da opção de aquecimento solar também é investigado nesta pesquisa. A descrição deste detalhe é

importante para mostrar que tipo de meio de comunicação mais atua na difusão da forma de aquecimento solar. O resultado obtido é mostrado na Figura 6.6.

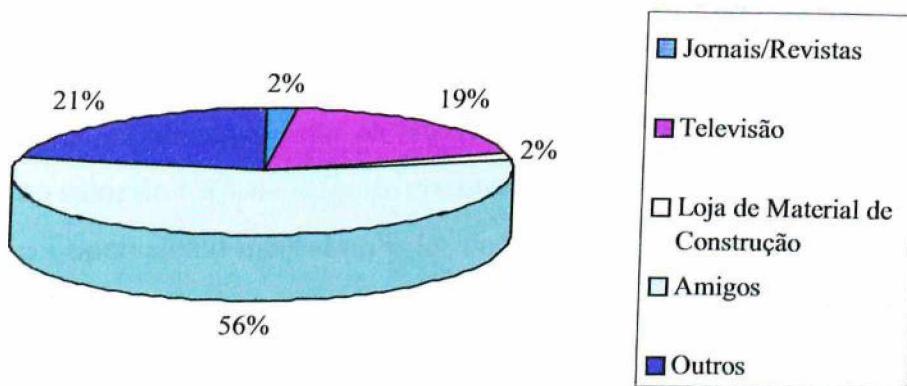


Figura 6.6: *Meios de informação a respeito do aquecedor solar*

Da mesma forma como encontrado no questionário aplicado ao público e mostrado no Capítulo 5, a grande maioria das pessoas entrevistadas declararam que ficaram conhecendo o aquecedor solar através de amigos ou vizinhos. O ítem "outros" se refere aos meios de conhecimento: internet, escola e demonstração comercial em shopping.

6.4.2 Conhecimento de Linhas de Crédito Específico para Financiamento do Aquecedor Solar

Com o objetivo de verificar se as famílias entrevistadas possuíam conhecimento da existência de alguma linha de crédito específica para financiamento do aquecedor solar, foi inserida esta pergunta no questionário. Os resultados obtidos com esta investigação mostram que a grande maioria (87%) destas pessoas não possui qualquer conhecimento da existência de algum financiamento. O restante (13%) que responderam sim à pergunta, não souberam citar especificamente como se obtinha este financiamento, ou seja, não procuraram informações claras a respeito do assunto.

Este resultado pode ser explicado pelo fato de que a maioria destas famílias possui um alto poder aquisitivo e por este motivo não tiveram interesse em procurar um financiamento para a compra do aquecedor solar.

Um outro fato que deve ser comentado é que foi procurada a Caixa Econômica Federal para saber da existência de algum financiamento específico para a compra

do aquecedor solar destinado à população em geral. A informação obtida é que existe a possibilidade de se financiar a compra do aquecedor solar, porém não em uma linha de crédito específica para este fim e sim inserindo-a na linha de crédito destinada à construção (CONSTRUCARD). Além do mais, este financiamento oferece uma certa dificuldade ao contratante, pois cobra taxa de abertura de crédito no valor de 1,5% do valor do crédito concedido a ser cobrado à vista e ainda cobra taxa operacional mensal no valor de R\$ 25,00, tornando este financiamento inviável para a opção de compra do aquecedor solar. Segundo informações obtidas na agência bancária, na época do racionamento de energia elétrica o governo lançou um financiamento específico para a compra do aquecedor solar, mas mesmo assim quase não teve procura e logo foi extinto.

6.5 Detalhes Referentes às Instalações

Com o objetivo de fazer algumas verificações nas características das instalações visitadas, alguns ítems foram verificados, como a inclinação das placas coletores, o uso da fonte auxiliar de aquecimento e se houve algum tipo de problema com a instalação. Os resultados serão mostrados no próximo ítem.

6.5.1 Ângulo de Inclinação dos Coletores Solares

Com o objetivo de verificar se as instalações de aquecedores solares das residências visitadas obedecem à regra específica do ângulo de inclinação das placas para se obter um bom funcionamento geral do sistema, foram feitas medições utilizando um inclinômetro, mostrado na Figura 6.1. Foram feitas 43 medições no total, sendo que 32 eram de casas que já haviam sido construídas e 11 de casas onde o aquecedor foi instalado no momento da construção. Como mostrado no Capítulo 2 deste trabalho, é recomendado que as placas coletores sejam instaladas de modo a formarem um ângulo que seja coincidente ao da latitude local. No caso da cidade de Uberlândia, as placas devem se encontrar com uma inclinação por volta de 19°, pois a latitude local é de 18°55'.

O resultado destas medições é mostrado na Figura 6.7.

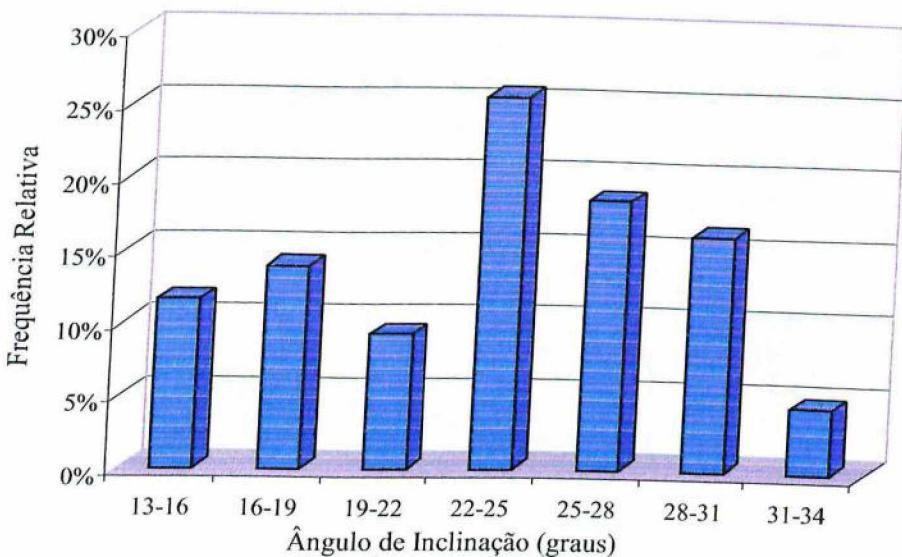


Figura 6.7: *Freqüência Relativa dos ângulos de inclinação medidos*

A média encontrada para os ângulos de inclinação medidos foi de $22,74^\circ$ e o desvio padrão de $5,48^\circ$, ficando a moda no intervalo de $22-25^\circ$, como mostra a Figura 6.7. Observa-se que as instalações visitadas não obedecem a um critério específico no que diz respeito ao ângulo de inclinação das placas, pois foi encontrada uma variedade considerável nos ângulos medidos.

Na maioria das residências visitadas, as placas se encontravam deitadas sobre o telhado, ou seja, com a mesma inclinação deste. Foram encontradas 10 residências onde as placas coletoras se encontravam montadas sobre suporte, e destas apenas quatro possuíam ângulos na faixa entre $18-22^\circ$. Daí podendo-se concluir que o uso do suporte visava apenas obter a inclinação que possibilita a circulação natural ou a orientação correta e não uma maior eficiência do sistema. A Figura 6.8 mostra a foto de um aquecedor solar instalado em uma das residências visitadas, o qual utilizava suporte para que as placas ficassem voltadas para o Norte.

Analizando separadamente as residências que receberam o aquecedor solar no momento da construção, foram encontradas duas residências onde as placas tinham inclinações de 15° e 13° , 3 onde as inclinações ficaram no intervalo entre 25° e 34° e 6 residências onde foram observadas inclinações entre 20° e 24° .

Ainda considerando as moradias onde o aquecedor foi instalado no momento da construção, foi encontrado um caso em que a posição onde se situava a caixa



Figura 6.8: *Foto do aquecedor solar de uma das residências visitadas*

de água fria dificultava enormemente a inclusão do aquecedor solar, sendo necessário alterá-la para se obter as condições que favorecem a circulação natural, o que resultaria em um investimento muito maior que o previsto. Nesta residência, observou-se que mesmo com estas dificuldades, o aquecedor solar foi instalado. O proprietário da casa relatou que depois de pronta a instalação do aquecedor solar, o aquecimento desejado não havia sido obtido. Foi necessário incluir mais um reservatório térmico e aumentar o número de placas e ainda mudar a posição dos coletores para se obter o aquecimento desejado, ficando as placas em uma posição que recebe sombra até metade do dia e resultando num sistema superdimensionado e em uma grande insatisfação por parte do usuário.

A conclusão que se pode tirar da observação deste ítem da instalação dos aquecedores solares é que os instaladores não vêm obedecendo a um padrão de inclinação para as placas coletoras. Também pode-se dizer que, apesar da instalação do aquecedor solar ter se dado no momento da construção de algumas casas onde foram feitas as entrevistas e medições, parece que alguns projetos não previram a inclusão deste ítem na hora da escolha da inclinação do telhado, ficando, em alguns casos observados, com uma inclinação fora da média prevista.

6.5.2 Orientação das Placas Solares

Com intuito de verificar se as placas solares das instalações visitadas obedeciam ao critério de orientação, ou seja, se elas se encontravam voltadas para o Norte geográfico, foram feitas medições com auxílio de uma bússola. Para se obter a localização do norte geográfico é necessário fazer a correção, já que a bússola fornece a localização do norte magnético da Terra. Esta correção é obtida considerando que o norte geográfico está defasado de 20° a leste em relação ao norte magnético, para a localidade de Uberlândia.

A Figura 6.9 mostra a distribuição de frequência da variação das declinações encontradas, sendo que as declinações obtidas estão defasadas a Leste ou a Oeste.

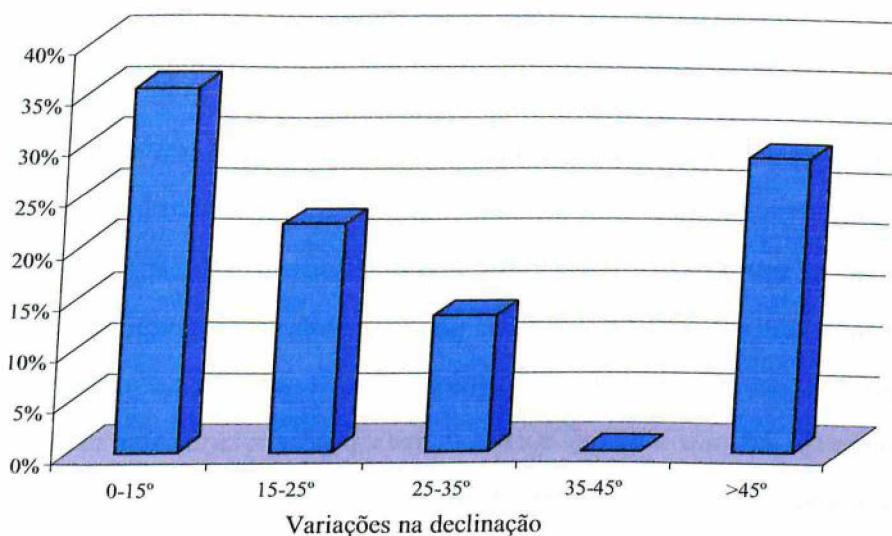


Figura 6.9: Frequência relativa das declinações medidas

A Figura 6.9 mostra uma grande variação nas declinações encontradas, sendo que a média encontrada nos valores de declinação para leste ou para oeste é de 29° e o desvio padrão de 26° .

A moda obtida está na faixa de 0 a 15° , ou seja, a maioria das instalações apresentavam declinações neste intervalo, para leste ou para oeste, o que não representa uma defasagem significativa. Por outro lado também se encontra um grande número de instalações com grandes defasagens (acima de 45°), ou seja, completamente voltadas para leste ou para oeste.

Pode-se concluir deste resultado que os instaladores de sistemas de aqueci-

mento solar não vêm atendendo com rigor ao critério de orientação das placas solares, pois foi encontrada uma grande variação nos valores das declinações. Muitas vezes estes instaladores encontram telhados que não estão voltados para o norte e mesmo fazendo o uso de suportes não conseguem orientar corretamente as placas.

A falta de uma orientação correta das placas solares pode resultar num superdimensionamento do sistema, implicando um custo maior para o proprietário da casa, que na maioria das vezes não possui conhecimento para interferir na instalação.

6.5.3 Fonte Auxiliar de Energia

Para verificar as características de uso da resistência auxiliar, primeiramente foi questionado se o morador sabia da existência desta fonte auxiliar de energia, ou seja, se havia um esclarecimento por parte deste usuário, esta pergunta se encontra na Parte III do questionário (página 76). A falta de um esclarecimento correto da existência e funcionamento de uma resistência auxiliar pode levar a desperdícios energéticos, pois estando sempre ligado o disjuntor da resistência, esta pode entrar em funcionamento em horários em que não há necessidade de água quente, como de madrugada, por exemplo, resultando em um consumo maior do que se fosse usado o aquecimento instantâneo e originando, desta forma, uma insatisfação geral por parte deste usuário.

Para os entrevistados que declararam estar informados da existência da fonte auxiliar de aquecimento, foi perguntado como era utilizada esta fonte.

Das 53 instalações visitadas, apenas quatro moradores declararam que não haviam sido informados a respeito da existência de fonte auxiliar de energia, logo estas pessoas também não saberiam informar como era utilizada a fonte auxiliar de suprimento de calor. E o restante, 49 pessoas, declararam estar informadas a respeito da resistência auxiliar.

Do total 49 pessoas que declararam estar cientes a respeito da resistência auxiliar, o resultado da pergunta que investiga a respeito da forma como era

utilizada esta resistência ficou dividida da seguinte maneira:

- 31 mantêm o disjuntor desligado
- 16 optaram por não instalar a resistência auxiliar
- 1 optou por utilizar potenciômetro
- 1 mantém o disjuntor ligado

Logo, a maioria dos entrevistados foi bem informada a respeito da instalação da fonte auxiliar de suprimento de energia, sendo que deste conjunto, a maioria informou que só liga o disjuntor da resistência quando julga necessário. As pessoas que disseram não terem instalado a resistência informaram também que deixaram um chuveiro elétrico instalado estrategicamente para fim de aquecimento auxiliar.

Com o objetivo de verificar o quanto o aquecedor solar vem atendendo as necessidades das famílias entrevistadas, foi questionado o quanto a resistência vem sendo acionada desde a instalação deste equipamento. Logicamente que uma investigação desta natureza não conduz a resultados exatos como se fosse feita uma medição, mas em todo caso serve para estimar através da observação do usuário a participação da energia elétrica no aquecimento de água destas residências.

A metodologia consistiu em perguntar a frequência de acionamento da energia elétrica, sendo esta frequência sugerida em três níveis: nunca, raramente e freqüentemente.

O resultado é que em 100% das residências visitadas raramente a resistência é acionada ou se faz uso do chuveiro elétrico, fato que permite concluir que o aquecedor solar vem atendendo muito bem as necessidades de aquecimento destas famílias, contribuindo para uma grande satisfação do uso deste equipamento.

6.5.4 Limpeza Nos Vidros do Aquecedor Solar

Com o objetivo de verificar se as pessoas entrevistadas vêm fazendo limpeza periódica nos vidros do aquecedor solar, primeiramente foi perguntado se estas pessoas foram devidamente informadas a respeito desta necessidade. Às pessoas

que declararam estar informadas foi perguntado ainda sobre a frequência com que elas fazem esta manutenção.

O resultado obtido é que a amostra entrevistada ficou dividida entre 53% de pessoas que possuem o conhecimento da necessidade de limpeza nos vidros do aquecedor solar e 47% que não estão informadas.

Das pessoas que declararam possuir conhecimento da necessidade de limpeza periódica nos vidros do aquecedor solar, a maioria (60%) declarou que raramente faz esta manutenção.

O total de entrevistados que declararam não possuir conhecimento a respeito da necessidade deste tipo de manutenção estão sujeitos a não fazê-la, a não ser que estas pessoas sejam conscientizadas e começem a observar melhor este detalhe. Somado ao fato que muitas pessoas, mesmo estando bem informadas, raramente fazem esta limpeza, o resultado é que a maioria destas instalações podem vir a ter queda na eficiência a longo prazo.

6.5.5 Problemas com a Instalação

Para verificar a qualidade dos serviços de instalação do aquecedor solar, foi inserida uma pergunta no questionário investigando se houve algum tipo de problema na instalação do equipamento, ou seja, se o sistema funcionou corretamente logo após o serviço. Esta pergunta está inserida na Parte III do questionário (página 76).

Segundo estudo realizado pela CEMIG [9] , os motivos para o não funcionamento dos sistemas solares de aquecimento ficam divididos da seguinte maneira:

- 56% são problemas na instalação hidráulica;
- 33% são problemas arquitetônicos;
- 11% são problemas no sistema de aquecimento solar.

Das 53 residências visitadas, apenas 6 responderam que tiveram algum tipo de problema com a instalação do equipamento solar, sendo que deste grupo, 4

relataram que os problemas eram de origem da instalação hidráulica e 2 relataram que o sistema de circulação natural não funcionou corretamente, como relatado na seção anterior.

6.5.6 Satisfação do Usuário

O nível de satisfação do usuário de aquecedor solar reflete razoavelmente bem a qualidade das instalações. A questão se os moradores estão ou não satisfeitos com os sistemas instalados também consistiu numa preocupação desta pesquisa.

Dos 53 entrevistados, apenas 2 responderam que estavam parcialmente satisfeitos com o sistema de aquecimento solar, sendo que os restante (96,2%) declararam estar totalmente satisfeitos com o equipamento.

Em uma pesquisa realizada entre usuários de aquecedor solar por [33] os resultados apontaram um nível de satisfação bastante elevado entre o público entrevistado, 50% destes usuários declararam uma alta satisfação com o equipamento e 48% declararam uma satisfação média. Em outra pesquisa realizada também entre usuários de aquecedor solar pela CEMIG [8], os resultados se mostraram bastante próximos aos anteriores, com índices de avaliação de desempenho entre ótimo e bom acima de 96%.

Este resultado mostra que apesar do fato da maioria das residências visitadas terem recebido o aquecedor solar após já estarem construídas, ou seja, apesar de não terem sido projetadas com a finalidade de receber este equipamento, e ainda, apesar de ter sido encontrada uma variação considerável nos valores dos ângulos de inclinação e orientação das placas, as instalações encontradas vêm atendendo bem as necessidades desta população, sem apresentar problemas que possam colocar em cheque a confiança que os usuários adquiriram com a experiência desta alternativa de aquecimento de água para banho.

6.6 Análise das Contas de Energia Elétrica

Com objetivo de mostrar as reduções obtidas nas contas de energia elétrica das famílias que instalaram o aquecedor solar em substituição ao chuveiro elétrico, foram levantados dados de consumo de energia destas residências, num prazo de um ano antes da instalação do aquecedor e um ano depois. Inicialmente o objetivo era obter estes dados de todas as residências visitadas, mas, como verificado junto às lojas revendedoras de aquecedores solares, a maioria das famílias que adquiriram o equipamento, o fizeram no momento da construção da casa, impossibilitando a análise do consumo anterior à instalação do aquecedor solar. Mesmo com esta dificuldade, buscou-se visitar o número máximo possível de residências onde fosse possível fazer a comparação do consumo. A amostra de residências ficou, então, dividida da seguinte maneira:

- 36 residências que fizeram a substituição do chuveiro elétrico;
- 17 residências que instalaram o aquecedor solar na construção da casa.

As contas de energia elétrica das residências não são facilmente acessíveis, pois a concessionária dispõe dos valores ao consumidor apenas em um histórico de 12 meses, pela internet, sendo necessária solicitação junto à agência de atendimento no caso de se desejar um histórico anterior a este tempo. Ainda, esta solicitação deve ser feita pelo próprio titular da conta, consistindo em uma outra dificuldade de obtenção dos dados.

Como não foi possível obter os históricos de consumo junto à concessionária de energia elétrica, optou-se por buscá-los junto às famílias visitadas, que, na maioria dos casos, possuem o hábito de guardar as contas de energia em um certo prazo.

Em alguns casos analisados observou-se que os dados de consumo não serviriam de base para avaliação da economia de energia, pois algumas famílias adquiriram equipamentos novos depois da instalação do aquecedor solar. O cuidado de verificar este fato foi tomado na hora da aplicação dos questionários, verificando se as características de consumo se mantiveram ou se houve alguma alteração.

Ainda, um outro filtro para a realização da pesquisa consistiu em tomar o cuidado de selecionar as famílias que haviam adquirido o aquecedor no período entre 2002 e 2004, pois antes deste período se encontrava a época do racionamento de energia elétrica e também a possibilidade de alguma família possuir contas de energia desta época é muito remota.

Desta forma, só foram considerados os casos em que as condições para análise eram perfeitas, ou seja, onde se pudesse concluir que a redução no consumo de energia das residências pudesse realmente ser atribuída ao uso do aquecedor solar.

Tendo em mãos os dados para análise, os resultados estatísticos foram obtidos em uma planilha de cálculos e serão mostrados nas próximas seções.

6.6.1 Percepção Por Parte do Usuário na Redução do Consumo de Energia Elétrica

A análise das contas de energia elétrica das famílias visitadas permite mostrar a redução no consumo de energia obtida com a substituição do chuveiro elétrico pelo aquecedor solar. Porém achou-se conveniente pesquisar se estas famílias vêm observando se realmente houve esta redução. A leitura das contas de energia elétrica permite mostrar se estas famílias vêm se preocupando em observar este detalhe. O resultado é mostrado na Figura 6.10.

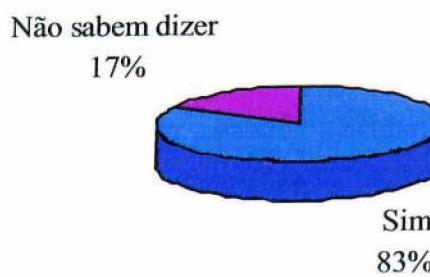


Figura 6.10: *Percepção da economia por parte do usuário*

A Figura 6.10 mostra que a grande maioria dos entrevistados possui uma preocupação em observar o valor do consumo de energia elétrica de suas casas, respondendo que realmente sentiram redução no consumo de energia elétrica pela adoção do sistema de aquecimento solar. A minoria que respondeu não ter observado esta redução pertence ao grupo das famílias que instalaram o aquecedor solar

durante a construção da casa e este fato contribui para que fique realmente difícil comparar os valores de consumo, já que as contas de energia elétrica referentes ao período anterior à instalação do aquecedor solar pertencem a uma residência onde se havia outra situação. Porém mesmo com a existência deste fato, do total de pessoas que declararam ter observado a redução na conta de energia elétrica, ainda está inserida uma parcela de pessoas que instalaram o aquecedor solar na construção da casa, ou seja, mesmo com toda a mudança, ainda foi possível ter um sentimento desta economia.

O fato de que a maioria das pessoas que instalaram o aquecedor solar em substituição ao chuveiro elétrico observou uma economia de energia em suas contas constitui numa contribuição para uma visão positiva do uso do aquecedor solar por parte destas famílias, contribuindo ainda mais para a comprovação da vantagem de uso da energia solar para aquecimento de água residencial.

6.6.2 Economia em kWh Por Residência

Os resultados gerais tiveram como base os dados de consumo de cada residência, porém serão mostrados nesta seção alguns gráficos com a comparação do consumo mês a mês, antes e depois da instalação do aquecedor solar de algumas residências isoladamente.

O gráfico mostrado na Figura 6.11 se refere ao consumo de uma família de 4 pessoas. Nesta residência, a média mensal de economia encontrada foi de 24% e o desvio padrão de 8%. Nota-se um consumo uniforme ao longo do ano para as referências antes e depois da instalação do aquecedor solar, fato que leva a concluir que a redução de consumo se deu pela instalação do aquecedor solar, já que o perfil de consumo se manteve.

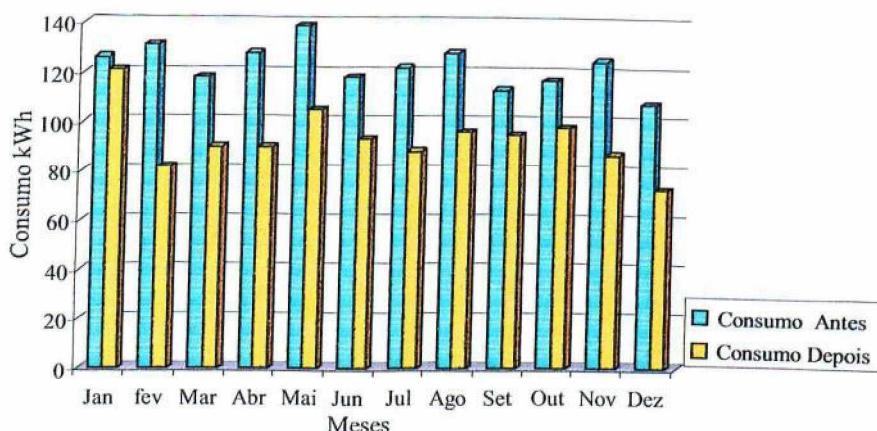


Figura 6.11: *Comparação de consumo de energia elétrica - residência 1*

Para o caso da residência com cinco moradores, mostrado na Figura 6.12, a média de economia foi de 31% e o desvio padrão de 11%, notando-se um consumo menos uniforme no período anterior à instalação do aquecedor solar e mais uniforme no período posterior.

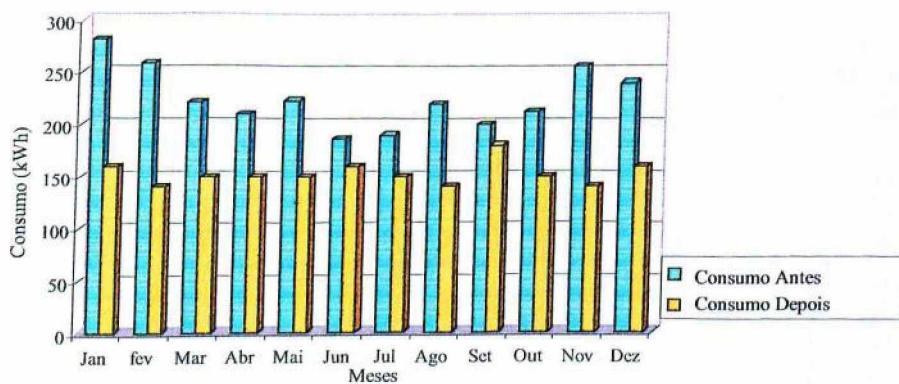


Figura 6.12: *Comparação de consumo de energia elétrica - residência 2*

Já o caso mostrado na Figura 6.13 consiste na menor economia encontrada, sendo que a residência é de 2 moradores. A média de economia encontrada foi de 6% e o desvio padrão de 13%. Esta economia baixa pode ser explicada pelo fato de haver um baixo número de pessoas na residência e com isto a participação do consumo do chuveiro elétrico ser menor.

Em posse dos dados de consumo antes e depois da instalação do aquecedor solar, o passo foi comparar estes valores. As reduções percentuais mensais foram obtidas para os doze meses em cada residência, mas devido ao grande número

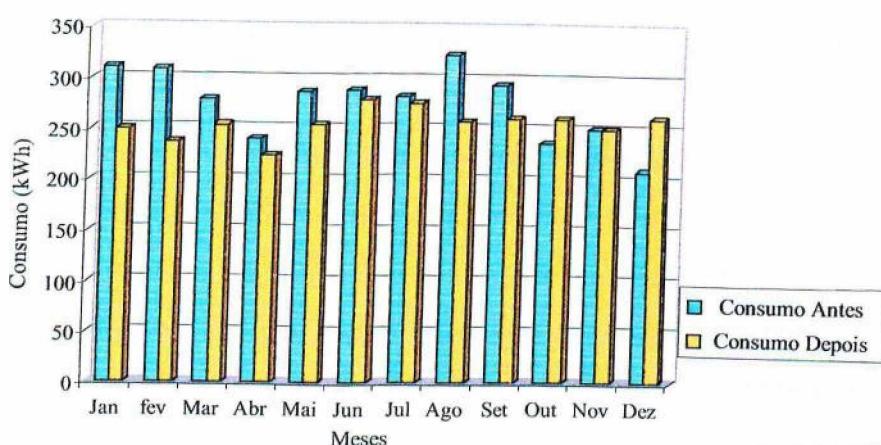


Figura 6.13: Comparação de consumo de energia elétrica - residência 3

de dados, será mostrada na Tabela 6.2 a média mensal para cada residência, incluindo o valor desta economia em moeda, considerando o valor vigente da tarifa praticada pela CEMIG.

Tabela 6.2: Economias médias mensais obtidas por residência

Residência	Economia Obtida (kWh)	Redução Média (%)	Economia per capita (kWh)	Economia Média (R\$)
1	167,2	47,6	20,9	96,97
2	26,9	13,2	13,45	15,60
3	286,5	46,3	95,5	166,17
4	100,9	33,2	20,2	58,52
5	187,6	33,1	23,4	180,80
6	72,4	32,2	14,5	41,99
7	29,6	24,1	7,4	17,17
8	-19,8	-5,7	-9,9	-11,48
9	79,4	22,2	26,5	46,05
10	17,4	8,9	3,5	10,09
11	32,4	24,8	10,8	18,79
12	57,1	25,8	14,3	33,12
13	20,1	7,3	10,0	11,65
14	30,9	30,7	7,7	17,92
15	46,8	25,4	46,8	27,14
16	84,1	52,5	9,3	48,78
17	73,2	57,9	24,4	12,46
18	89,5	37,5	29,8	51,91
19	174,0	33,3	29,0	100,92
20	139,6	32,8	46,5	80,97

A Tabela 6.2 mostra que houve uma variação considerável nos valores da economia per capita, mas isto pode ser explicado pelo fato do número de banhos por pessoa ser muito variável em cada residência e também a participação do

chuveiro elétrico no consumo total de energia elétrica depende fortemente da carga total instalada em cada residência.

As reduções percentuais mês a mês foram obtidas com os valores de consumo antes e depois da instalação do aquecedor solar em cada residência, como mostrado nos gráficos anteriores. A maior redução percentual observada ocorreu no mês de janeiro em uma residência com quatro moradores, sendo esta redução de 63,5%. Também observou-se que em uma residência o consumo depois da instalação do aquecedor solar sofreu um acréscimo, mesmo mantendo a mesma carga instalada e o mesmo número de pessoas na casa. O valor da redução mínima percentual encontrada foi de -10%. Observou-se também que houve uma pequena variação nos valores de economia percentual média mensal encontrado para todas as residências (15,3%). A Tabela 6.3 mostra os valores das economias médias de cada mês para todas as residências agrupadas e seus respectivos desvios padrões.

Tabela 6.3: *Média e desvio padrão dos valores de economia percentual para todas as residências*

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sct	Out	Nov	Dez
Média	28%	30%	31%	26%	29%	25%	34%	30%	24%	24%	28%	20%
Desvio Padrão	25%	19%	16%	17%	16%	22%	15%	16%	15%	19%	19%	25%

A Tabela 6.3 mostra que não houve uma variação considerável no comportamento das economias obtidas com a substituição do chuveiro elétrico das residências visitadas, sendo o desvio padrão máximo observado de 25%, ocorrido nos meses de dezembro e janeiro. Fazendo a média das reduções mensais para todas as residências agrupadas, foi obtido o gráfico da Figura 6.14.

A Figura 6.15 representa as reduções obtidas em todas as residências em forma de frequência absoluta, mostrando que das 20 casas onde foi possível fazer a análise das contas de energia, a maior ocorrência foi uma redução na faixa de 30 a 35% e apenas uma ocorrência onde o consumo aumentou depois da instalação do aquecedor solar.

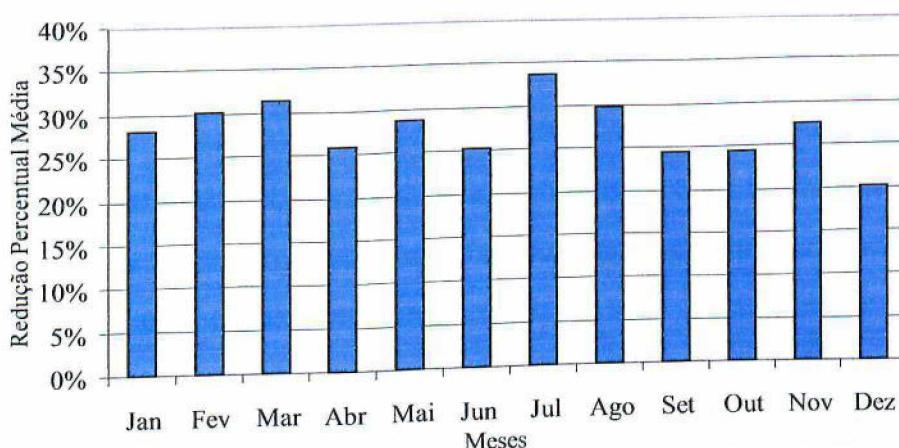


Figura 6.14: Reduções médias mensais obtidas em todas as residências

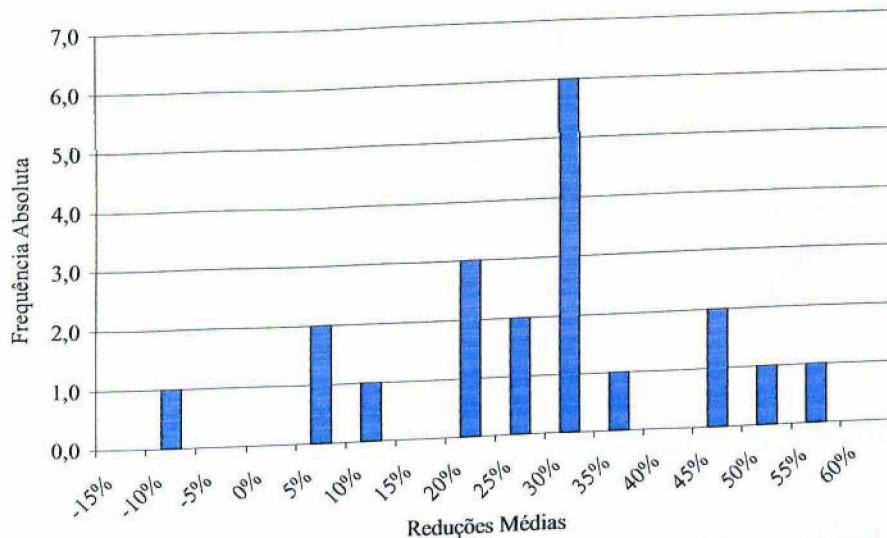


Figura 6.15: Frequência absoluta das reduções percentuais médias obtidas em todas as residências

6.6.3 Distribuição Normal da Amostra Pesquisada

A curva normal é muito utilizada para mostrar o comportamento de uma variável estudada numa amostra populacional, ela se baseia em dois parâmetros desta amostra: a média e o desvio padrão. A média se refere ao centro da distribuição e o desvio padrão ao espalhamento da curva.

A curva normal da amostra estudada neste trabalho se refere à média e ao

desvio padrão obtidos com a redução percentual mensal de todos as residências visitadas. Para cada residência foram obtidas as médias de consumo antes e depois da instalação do aquecedor solar; com estes valores, foi calculada a economia percentual mensal média. Agrupando os valores obtidos para todas as residências, foram obtidos os valores da média e do desvio padrão, resultando na curva de distribuição normal mostrada na Figura 6.16.

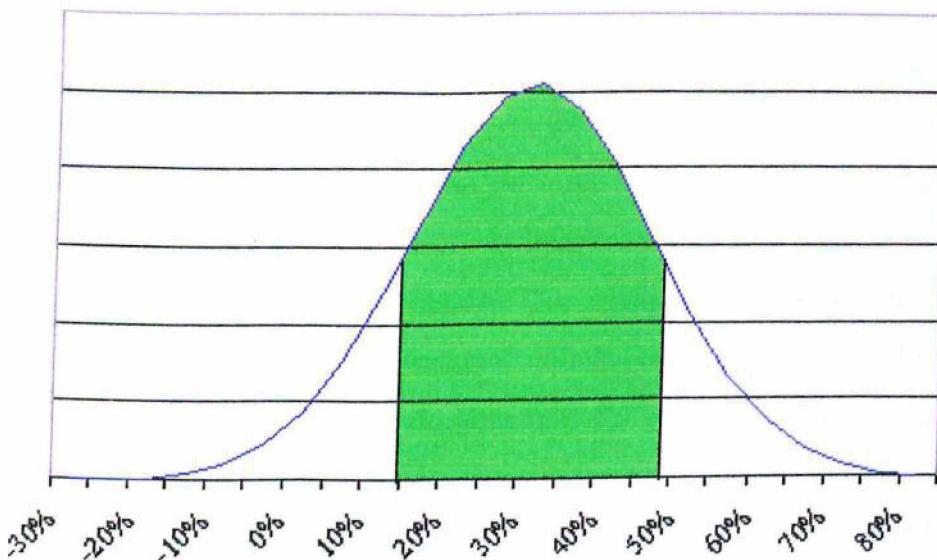


Figura 6.16: *Distribuição normal da redução percentual mensal*

A área colorida mostrada na Figura 6.3 se refere à probabilidade com que a variável estudada se encontre entre os pontos que limitam esta área. Esta representação normal mostra que 70% das residências visitadas obtiveram uma redução média entre 20% e 50% no valor do consumo de energia elétrica pela substituição do chuveiro elétrico pelo aquecedor solar, sendo que a média ficou em torno de 30% e o desvio padrão em 15,6%.

6.6.4 Conclusões

O levantamento das contas de energia elétrica das famílias visitadas permitiu que se fizesse uma comparação do consumo antes e depois da instalação do aquecedor solar. A apuração destes dados permite concluir que não houve grande

variação no comportamento geral das reduções obtidas, ficando a média de economia, considerando todas as residências, na faixa de 30%, e o desvio padrão das reduções de 15,6%.

Um programa criado por iniciativa do Green Solar - Grupo de Estudos em Energia e com financiamento pela ELETROBRÁS - PROCEL no ano de 1998 propôs a inserção da tecnologia solar em um bairro de interesse social da cidade de Contagem - MG. A monitoração do consumo das residências num período de dois meses antes da instalação dos aquecedores solares e dez meses subsequentes permitiu encontrar uma média de redução também de 30%.

O comportamento de consumo de uma residência não é uniforme ao longo do ano, possuindo algumas variáveis intervenientes nos valores. Tais variáveis são muitas vezes de difícil previsão. Na avaliação dos dados de consumo das famílias visitadas buscou-se selecionar aquelas onde se havia constatado, através de questionário, que o perfil de consumo da residência não havia se alterado depois da instalação do aquecedor solar, permitindo que se pudesse afirmar, pelo agrupamento dos dados, que a redução no consumo constante na conta de energia elétrica fosse atribuída à instalação do equipamento solar.

O questionário aplicado aos usuários encontrou uma grande satisfação com a tecnologia de aquecimento solar, podendo este fato ser relacionado com a economia verificada nestas residências.

Capítulo 7

Conclusões Finais

7.1 Considerações Finais

O trabalho aqui mostrado permeou algumas frentes no que diz respeito à utilização de aquecedores solares na cidade de Uberlândia, desde o conhecimento que a população em geral possui a respeito da tecnologia solar, da atuação dos engenheiros e arquitetos na tarefa de incutir o aquecedor solar nas novas moradias e ainda na opinião das pessoas que já estão utilizando esta tecnologia.

A pesquisa realizada junto ao público mostrou que este está bem informado a respeito da opção de aquecimento solar, possibilitando concluir que os fatores que impedem a utilização em massa deste equipamento tem caráter histórico: primeiramente o uso do chuveiro elétrico na grande maioria das residências brasileiras está consolidado, depois vem o fato do preço de aquisição ainda ser muito alto e inacessível à maioria das famílias.

Apesar da pesquisa aqui realizada haver encontrado uma grande divulgação da alternativa solar na cidade de Uberlândia, nunca é exagero dizer que ainda existe necessidade de se investir mais em educação, visto que o caso de Uberlândia é um dos melhores no que diz respeito ao conhecimento propriamente dito e que este conhecimento vem se propagando preferencialmente através da própria sociedade, mostrando que a escola pode se esforçar mais para dar sua contribuição à energia

solar.

Estratégias e ações voltadas para o incentivo à divulgação tecnológica e à educação em diversas esferas sociais podem contribuir para uma maior difusão do uso da tecnologia de aquecimento solar nas residências brasileiras. Tais estratégias devem estar inseridas numa parceria entre Universidades e profissionais da educação de nível médio.

Uma contribuição à difusão do uso da alternativa solar nas residências de baixa renda pode ser a existência e divulgação de fundos de financiamento do equipamento solar a juros acessíveis a toda população. Neste trabalho também se verificou que praticamente não existem alternativas de financiamento da compra do aquecedor solar.

No que diz respeito aos profissionais que atuam com projetos de instalação de sistemas de aquecimento solar, um dos alvos deste trabalho, a pesquisa mostrou que, no caso dos Engenheiros e Arquitetos, grande parte destes vem desenvolvendo trabalhos sem possuírem a devida qualificação. Tal fato não conduz necessariamente à conclusão de que todos estes profissionais não estão bem preparados para atuarem em seus papéis, mas uma falta de qualificação pode levar a erros de dimensionamento, acarretando muitas vezes em instalações superdimensionadas, o que significa excesso de investimento e desperdício de materiais.

Agora considerando o caso dos profissionais que vêm instalando os aquecedores solares, estes também não têm recebido treinamento formal. Somado à baixa escolaridade destes profissionais, este fato se constitui numa potencialidade para que se introduzam erros nestas instalações, podendo trazer, com isto, uma grande insatisfação por parte de quem utiliza a tecnologia. Isto pode ser confirmado pelo fato de ter havido uma variação considerável nos ângulos de inclinação e orientação medidos. Sendo assim, estes profissionais carecem um treinamento melhor por parte dos revendedores de aquecedores solares.

Em contrapartida, ao se investigar o nível de satisfação por parte das pessoas que vêm solicitando serviço dos profissionais em questão, encontrou-se um resultado otimista, ou seja, a maioria das pessoas que adquiriram o aquecedor solar se mostrou muito satisfeita com o produto e com o serviço prestado. Tal

fato pode ser explicado pelo resultado que mostra o tempo de experiência destes profissionais. Tanto os Engenheiros e Arquitetos como os instaladores já possuem experiência de anos com o trabalho na área de aquecimento solar, mostrando que tal satisfação destes usuários pode se dar ao fato de que estes profissionais vêm aprendendo e aperfeiçoando suas técnicas através da prática do dia-a-dia.

Também a pesquisa realizada junto aos usuários de aquecimento solar mostrou que os equipamentos instalados vêm atendendo muito bem as necessidades das famílias que fizeram opção pelo seu uso, observando que em 100% das residências visitadas, raramente a resistência auxiliar é acionada. Pela análise das contas de energia elétrica destas residências, a grande maioria obteve redução na faixa de 30 a 35% no consumo de energia elétrica, o que representa uma grande economia financeira para estas famílias, considerando que o preço de venda do kWh tem aumentado substancialmente nos últimos anos. Ainda, uma outra vantagem a ser destacada deve ser o conforto no banho que o uso do aquecedor proporciona por permitir que se aumente a vazão da ducha.

Falando-se de tarifa de energia elétrica, este ítem possui grande importância na análise de retorno do investimento em tecnologia solar para aquecimento de água residencial, como mostrado no capítulo 4. Considerando que nos próximos anos a taxa de aumento da tarifa de energia elétrica se mantenha constante e igual à média encontrada para os últimos dez anos, com o tempo a tendência é que o tempo de recuperação do capital investido na compra do aquecedor solar se torne ainda menor. Ainda, com incentivos adequados à queda de preço deste equipamento, a tendência é que sua compra se torne ainda mais atrativa, podendo atingir as classes sociais menos favorecidas, visto que a maioria das famílias entrevistadas possuem grande poder aquisitivo.

O uso de coletores solares nas moradias populares brasileiras ainda está restrito a experiências isoladas. A inclusão do uso do aquecedor solar no momento da construção das moradias encontra amplo campo de atuação quando se considera o déficit habitacional brasileiro.

Todas estas considerações mostram as vantagens do lado do consumidor. Porém, não apenas este lado é beneficiado. Ao se avaliar a carga demandada

para aquecimento que o uso do aquecedor libera no horário de ponta, as concessionárias de energia elétrica têm muito a lucrar, pois podem utilizar a potência liberada para outros setores de consumo e, com isto, adiar possíveis investimentos. Todas estas considerações foram feitas no Capítulo 3, e agora deve ser acrescentado que os esforços demandados para incentivar o uso do aquecedor solar nas residências brasileiras não deve ser deixado apenas para o consumidor, visto que muitos fatores contribuem para que o uso do chuveiro elétrico continue em alta. Tais esforços, portanto, devem ser divididos por todas as partes que se beneficiam da difusão do uso da alternativa solar, como o consumidor, as concessionárias de energia elétrica e ainda os setores governamentais, em uma grande campanha de incentivo, que pode estar inserida no contexto de um programa de Gerenciamento Pelo Lado da Demanda (GLD).

Para aplicar uma política de conservação de energia com enfoque no gerenciamento da demanda e voltada para o aquecimento de água, é necessário possuir tecnologia de sistemas eficientes e competitivos econômicamente.

Este trabalho mostrou a experiência das residências da cidade de Uberlândia com o uso da tecnologia solar para aquecimento de água, mostrando um alto grau de satisfação destas famílias, contribuindo, portanto, para que se forneça mais informações voltadas à prática do uso do aquecedor solar.

Espera-se que este trabalho contribua como fonte de pesquisa para trabalhos futuros e ainda que todos os esforços demandados para sua realização sirvam como base para tomadas de decisão, tanto do lado de quem busca conhecer a alternativa de aquecimento solar quanto do lado de quem trabalhe por incentivá-la.

7.2 Sugestões Para Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros nesta área, são feitas as seguintes sugestões:

- Pesquisas de desenvolvimento de modelos de aquecedor solar de baixo custo para aplicação em residências de baixa renda, otimizando não apenas o custo inicial, mas também a vida útil do sistema;

- Estudo específico para determinação da participação do consumo do chuveiro elétrico nas residências de Uberlândia, com o objetivo de verificar com melhor precisão a redução obtida com a substituição deste equipamento;
- Ampliação da pesquisa de campo realizada neste trabalho para várias cidades da região do triângulo mineiro para se ter um resultado mais amplo com relação ao hábito dos usuários de aquecedores solares.
- Pesquisa de desenvolvimento e divulgação de softwares de projeto e dimensionamento de sistemas de aquecimento solar para variadas localidades, voltados para projetistas de sistemas de aquecimento solar, com intuito de minimizar a utilização de dimensionamentos prontos.

Referências Bibliográficas

- [1] AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. *ASHRAE: Systems and Equipment Handbook*, 1996.
- [2] ARRUDA, L. B. *Operação de Sistemas de Aquecimento Solar de Água Com Controle de Vazões em Coletores Planos*. Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- [3] BEZERRA, A. M. *Aplicações Térmicas da Energia Solar*, vol. único. Editora UFPB, 4 ed., 2001.
- [4] BORGES, T. *Síntese Otimizada de Sistemas de Aquecimento Solar de Água*. Tese de doutorado, Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, 2000.
- [5] BRAGA, E. M. & DE CASTRO, M. S. Substituição do chuveiro elétrico por aquecedor solar. *Eletricidade Moderna*, no. 313, Abril 2000. pp 320 - 324.
- [6] CAMPOS, A. Gerenciamento pelo lado da demanda: Um estudo de caso. Dissertação de mestrado, Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, 2004.
- [7] CAVALCANTI, E. S. C. Sistemas de geração heliotérmica de eletricidade. *Coletânea de Artigos Energia Solar e Eólica*, vol. 1, no., 2003. pp 101 - 112.
- [8] CEMIG. Pesquisa de hábitos de consumo em residências que utilizam aquecedor solar. 1989.

- [9] CEMIG. Energia solar para aquecimento de água - instruções para engenheiros e projetistas. 1995.
- [10] CESPEDES, J. F. P. Uso da energia solar: Subsídios para a elaboração de uma política de incentivos. *Anais do Simpósio Nacional Sobre Fontes Novas e Renováveis de Energia*, vol. 1, no., 1988. pp 447 - 451.
- [11] COSTA, H. S.; AMON, R. & ECK, M. Análise comparativa entre a extensão da rede e os sistemas fotovoltaicos. *Revista Eletricidade Moderna*, no. 315, 2000. pp 222 - 227.
- [12] DANIELS, F. *Uso Directo de la Energia Solar*, vol. único. Madrid, 1 ed., 1978.
- [13] DUFFIE, J. A. & BECKMAN, W. *Solar Engineering of Thermal Processes*, vol. Único. New York : John Willey & Sons, 2 ed., 1980.
- [14] ELETROBRÁS. Uso final de energia elétrica e sua desagregação no setor residencial,2000, Acesso em 23/02/2005, às 13:55 h. www.eletrobras.gov.br/procel/cons1.htm.
- [15] ESTADÃO. Juros caderneta de poupança 2004, Acessado em 16/06/2005, às 15:23 h. <http://www.estadao.com.br/ext/financas/investimentos/rendafixa5.htm>.
- [16] FARIA, C. F. C. O desenvolvimento do mercado de aquecimento solar. *ABRAVA, Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento*, 2004.
- [17] FERREIRA, O. C. Promoção do uso da energia solar para aquecimento de água no setor residencial. *Economia & Energia*, no. 47, 2004.
- [18] FILHO, D. O., C. S. & COSTA, J. M. Considerações da análise exergética em tarifas de energia elétrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 4, no. 1, 2000. pp 114 - 119.

- [19] GALVÃO, L. C. R.; UDAETA, M. E. M. & GIMENES, A. L. V. GLD: O estado da arte no brasil e suas perspectivas para o futuro. *Revista Eletricidade Moderna*, vol. XXVI, no. 286, 1998. pp 143 - 159.
- [20] GELLINGS, C. W. The concept of demand side management for electric utilities. *Proceedings of the IEEE*, vol. 73, no. 10, Outubro, 1985. pp 1468 - 1470.
- [21] JURADO, D. A. J. *Modelagem dinâmica de um sistema solar termossifão usando coletores atmosféricos de plástico*. Dissertação de mestrado, Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2004.
- [22] LAGES, P. I. A. G. Contribuição da energia solar térmica para a redução das emissões nacionais de gases de efeito estufa. *Energia Solar - Revista de Energias Renováveis e Ambiente*, no. 49, 2001.
- [23] LENTZ, R. A. A. & JIMÉNEZ, G. Receiver behavior in direct steam generation with parabolic troughs. *Solar Energy*, vol. 61, no. 4, 1997. pp 275 - 278.
- [24] LIMAYE, D. Implementation of demand-side management programs. *Proceedings of the IEEE*, vol. 73, no. 10, 1985. pp 1503 - 1512.
- [25] LIMA, J. B. A. Otimização de sistema de aquecimento solar de água em edificações residenciais unifamiliares utilizando o programa TRNSYS. Dissertação de Mestrado, São Paulo, 2003.
- [26] MATAJS, R. R. Demanda, consumo e custo das alternativas ao chuveiro elétrico: o exemplo do estado de São Paulo. Dissertação de mestrado, Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia da USP, 1997.
- [27] PEREIRA, A. B. Estimativa da radiação solar global diária em função do potencial de energia solar na superfície do solo. vol. 59, no., 2002.

- [28] PRADO, R. T. A. Gerenciamento da demanda e consumo de energia elétrica para aquecimento de água em habitações de interesse social. Dissertação de Mestrado, São Paulo, 1991.
- [29] SHARIAH, A. M. & LOF, G. O. Effects of auxiliary heater in annual performance of thermosyphon solar water heater simulated under variable operating conditions. *Solar Energy*, vol. 60, no. 2, 1997. pp 119 - 126.
- [30] SILVA, A. S. & DE SOUZA, F. M. C. Viabilidade econômica da energia solar. *Anais do IV International Congress of Industrial engineering*, 1998.
- [31] SOUSA, K. Q. M. & DE SOUSA, R. M. A. Energia solar: uma fonte de energia alternativa viável. *Anais do VI Congresso Brasileiro de Energia*, vol. 3, no., 1993.
- [32] SOUZA, H. M. & AGUIAR, J. C. Uma estratégia de divulgação de energias alternativas e eficiência energética. *Coletânea de Artigos Energia Solar e Eólica*, vol. 1, no., 2003. pp 127 a 133.
- [33] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO. O aquecedor solar de água para o setor elétrico e para o usuário final. *Eletrobrás - PROCEL*, 1996.
- [34] TOLMASQUIM, M. T. *Fontes Renováveis de Energia no Brasil*, vol. único. Editora Interciênciac, 1 ed., 2003.

Anexo A

Dados obtidos da Estação Meteorológica

Nas Tabelas A.1 a A.4 são apresentados os dados obtidos da Estação Meteorológica da Universidade Federal de Uberlândia entre os anos 2000 e 2003, utilizados para estimar a fração solar demandada para aquecimento de água nas simulações do Capítulo 4.

Tabela A.1: *Dados da Estação Meteorológica da Universidade Federal de Uberlândia - ano 2000*

	Temperatura do Ar						Umidade Relativa (%)			Precipitação (mm)			Cobertura do Céu
	Média Mensal	Média Máximas	Média Minimas	Extremas		Média Mensal	Máxima	Mínima	Total Mensal	Máxima em 24 horas	Nº de dias com chuva		
Janeiro	23,7	28,8	20,4	32,9	18,4	80	98	52	339,4	84,7	21	7	
Fevereiro	24,0	28,6	20,1	31,8	19,0	82	97	48	288,0	40,6	21	6	
Março	23,3	28,6	19,8	31,4	18,4	81	98	54	532,6	90,8	21	3	
Abril	23,0	28,9	18,1	31,2	11,8	70	88	42	72,8	47,2	8	3	
Maio	21,1	27,4	15,7	29,4	9,3	67	90	38	0,0	0,0	0	2	
Junho	20,7	27,4	15,4	29,8	13,4	59	94	32	0,0	0,0	0	4	
Julho	18,9	25,8	13,3	29,8	3,6	61	97	34	14,0	8,4	3	1	
Agosto	22,6	29,4	17,2	34,0	13,6	52	96	26	7,6	5,8	2	6	
Setembro	22,5	28,0	18,2	31,4	14,4	69	96	35	174,7	45,6	11	5	
Outubro	26,0	32,3	20,7	36,2	17,4	58	90	28	16,7	10,8	4	7	
Novembro	23,2	28,3	19,4	32,0	17,4	76	98	47	183,7	56,9	17	7	
Dezembro	24,1	29,1	20,2	32,6	17,0	79	98	47	329,7	98,2	19	4,8	
Média	22,8	28,6	18,2	31,9	14,5	70	95	40	1959,2	40,8	127		

Tabela A.2: Dados da Estação Meteorológica da Universidade Federal de Uberlândia - ano 2001

	Temperatura do Ar				Umidade Relativa (%)				Precipitação (mm)				Cobertura do Céu
	Média Mensal	Média Máximas	Média Mínimas	Extremas	Média Mensal	Média Extremas	Máxima	Mínima	Total Mensal	Máxima em 24 horas	Nº de dias com chuva		
Janeiro	24,2	30,2	20,0	37,4	18,6	74	97	49	256,6	59,7	17	6	
Fevereiro	25,1	31,2	21,1	34,0	17,0	71	91	27	112,3	40,2	13	7	
Março	24,1	29,8	20,4	32,2	19,0	74	96	40	198,6	52,0	18	7	
Abril	24,6	30,3	20,5	36,8	17,0	64	87	39	15,7	12,0	4	4	
Maio	20,8	26,9	16,3	30,4	12,0	66	96	25	67,8	18,4	6	5	
Junho	20,2	26,9	15,5	30,0	7,0	66	98	31	1,3	1,3	1	3	
Julho	21,3	27,9	16,7	30,4	12,6	56	89	28	0,0	0,0	0	3	
Agosto	21,3	28,3	15,6	31,8	13,6	53	100	26	27,5	11,6	5	2	
Setembro	23,2	29,8	17,0	34,8	8,8	56	96	24	73,3	22,8	6	5	
Outubro	23,7	29,5	18,7	34,2	13,6	66	93	31	99,5	44,0	12	6	
Novembro	24,1	29,5	20,2	32,2	17,2	75	97	46	164,1	49,8	19	7	
Dezembro	23,5	28,6	19,2	31,2	14,2	75	98	34	319,1	63,2	19	7	
Média	23,0	29,1	18,4	33,0	14,2	66,3	94,8	33,3	1335,8	375,0	120,0	5,2	

Tabela A.3: Dados da Estação Meteorológica da Universidade Federal de Uberlândia - ano 2002

	Temperatura do Ar						Umidade Relativa (%)			Precipitação			Cobertura do Céu
	Mádi Mensal	Mádi Maxi	Mádi Mai	Extremas Maxi	Mádi Miní	Mádi Mensal	Extremas Maxi	Mádi Miní	Total Mensal	Máxi em 24 horas	Nº de dias com chuva		
Janeiro	24,2	29,4	19,8	32,4	16,0	75	100	43	325,9	147,0	13	7	
Fevereiro	23,3	28,4	19,5	30,8	15,4	83	96	49	319,0	79,8	22	8	
Março	24,6	30,3	20,4	32,2	19,0	72	94	44	105,9	19,4	9	5	
Abri	24,7	30,4	19,0	31,4	14,8	66	93	36	53,0	28,5	3	3	
Maio	22,4	28,4	17,5	31,4	12,0	66	100	41	19,4	17,1	4	3	
Junho	21,5	27,7	15,9	30,2	11,4	60	80	33	0,0	0,0	0	3	
Julho	21,0	27,9	15,7	30,8	10,2	58	92	31	1,3	1,3	1	3	
Agosto	23,0	30,0	16,8	33,2	12,6	53	92	26	0,1	0,1	1	3	
Setembro	22,6	29,5	16,6	33,8	5,0	59	94	20	57,5	16,8	6	5	
Outubro	27,0	34,1	21,6	36,8	17,0	54	91	24	45,1	17,0	6	4	
Novembro	24,5	30,4	19,9	33,6	15,6	71	97	41	216,4	51,8	13	7	
Dezembro	23,7	29,1	20,2	35,4	18,2	75	100	33	341,5	83,7	22	7	
Média	23,5	29,6	18,6	32,7	13,9	66	94	35	1485,1		100	5	

Tabela A.4: Dados da Estação Meteorológica da Universidade Federal de Uberlândia - ano 2003

	Temperatura do Ar						Umidade Relativa (%)			Precipitação			Cobertura do Céu
	Média Mensal	Média Máximas	Média Mínimas	Extremas		Média Mensal	Extremas		Total Mensal	Máxima 24 horas	Nº de dias com chuva		
				Máxima	Mínima		Máxima	Mínima					
Janeiro	23,4	28,4	20,6	33,2	17,6	84	98	50	556,1	73,6	25	6	
Fevereiro	25,1	30,8	20,8	33,5	17,0	70	98	33	97,0	22,0	13	6	
Março	23,6	28,9	19,9	32,4	18,0	81	100	48	310,2	60,5	20	7	
Abri	23,3	28,9	19,2	34,0	14,8	74	99	38	97,8	31,2	12	6	
Maio	19,6	26,4	14,3	30,6	9,2	66	92	31	62,1	24,2	4	4	
Junho	21,1	27,8	15,2	29,4	11,0	60	80	34	0,0	0,0	0	1	
Julho	20,5	27,0	15,2	29,4	13,0	56	94	32	1,2	1,2	1	3	
Agosto	21,2	28,8	15,5	36,0	10,0	58	94	27	2,7	1,9	2	3	
Setembro	23,9	30,8	18,5	36,2	12,6	57	96	27	38,4	22,6	5	5	
Outubro	24,1	29,8	19,5	35,6	17,4	62	93	25	67,1	45,4	9	6	
Novembro	23,8	29,8	19,7	34,2	15,8	74	100	38	234,2	92,6	17	7	
Dezembro	24,8	30,3	20,6	34,4	17,6	73	98	39	179,7	55,9	14	6	
Média	22,9	29,0	18,3	33,2	14,5	68	95	35	1646,5		122	5	

Anexo B

Localização das residências visitadas

Na Figura B.1 é mostrado um esboço dos bairros onde estão localizadas as residências visitadas para execução da pesquisa.

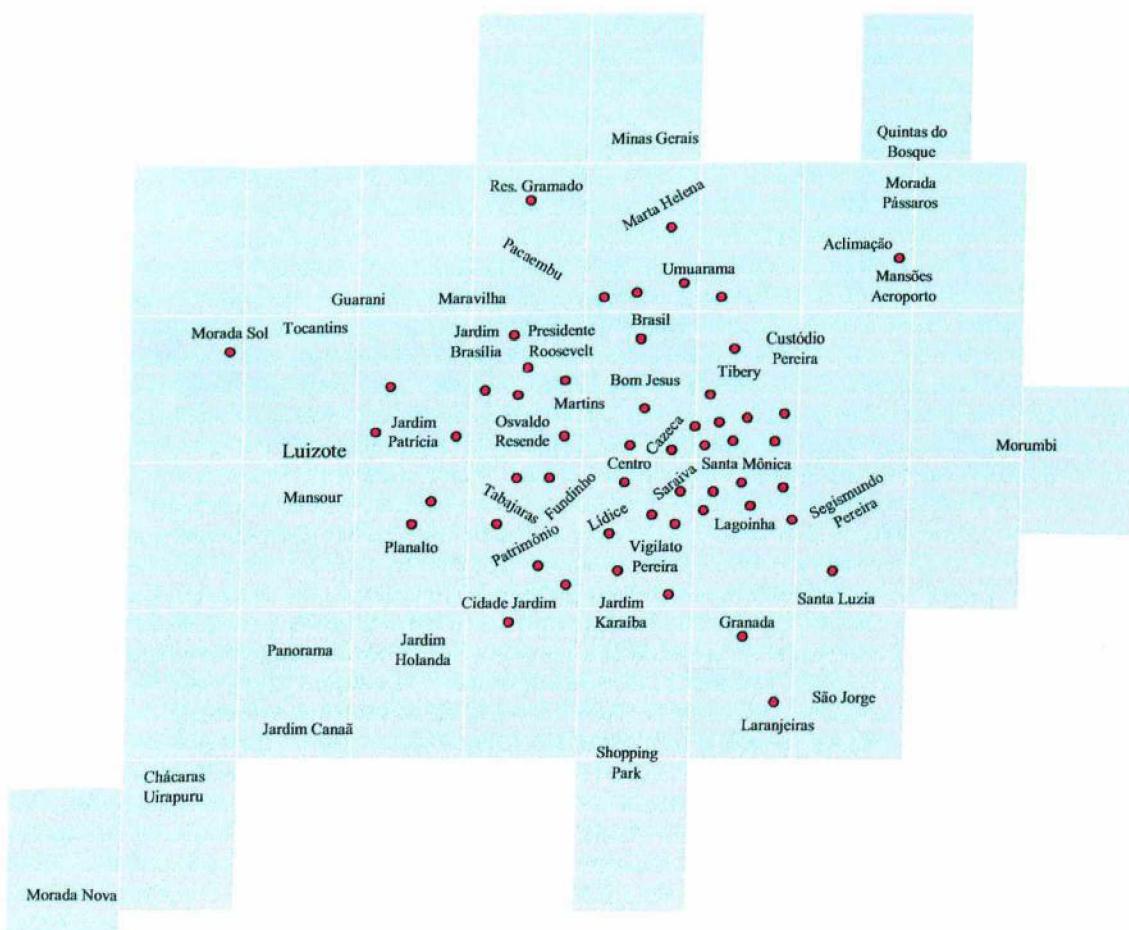


Figura B.1: Mapa com a localização das residências visitadas