

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Marco Vinicio
Yáñez Salcedo E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM
Gilberto De Martino Jannuzzi
ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

SUB-COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS

**METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE
CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL PELO USO
DE COLETORES SOLARES PLANOS EM UMA REGIÃO E SUA
APLICAÇÃO NA CIDADE DE CAMPINAS.**

Autor: **Marco Vinicio Yáñez Salcedo**
Orientador: **Gilberto De Martino Jannuzzi**
Co-Orientador: **Ennio Peres da Silva**

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos

Dissertação de mestrado apresentada à comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos.

**Campinas, 2002
SP - Brasil**

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

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

**METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE
CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL PELO USO
DE COLETORES SOLARES PLANOS EM UMA REGIÃO E SUA
APLICAÇÃO NA CIDADE DE CAMPINAS.**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia
Mecânica da Universidade Estadual de Campinas
para a obtenção do título de Mestre em
Planejamento de Sistemas Energéticos.

Marco Vinicio Yáñez Salcedo

Campinas, 2002

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

Y16m Yáñez, Salcedo, Marco Vinicio
Metodologia para estimativa do potencial de
conservação de energia elétrica residencial pelo uso de
coletores solares planos em uma região e sua aplicação
na cidade de Campinas / Marco Vinício Yáñez Salcedo.-
-Campinas, SP: [s.n.], 2002.

Orientadores: Gilberto De Martino Jannuzzi e Ennio
Peres da Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Coletores solares - uso. 2. Energia elétrica. I.
Jannuzzi, Gilberto De Martino. II. Silva, Ennio Peres da.
III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Mecânica. IV. Título.

RADE 80
HAMADA T/UNICAMP
Y16m
EX
BO BCI 50554
C 16-837/02
DX
ÇO R\$ 11,00
A 23/08/02
CPD

CM00172190-7

B ID 252454

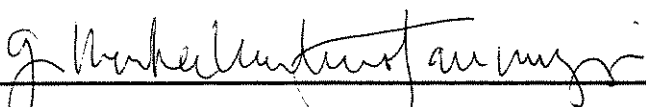
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

SUB-COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGETICOS

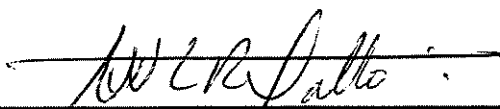
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE
CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL PELO USO
DE COLETORES SOLARES PLANOS EM UMA REGIÃO E SUA
APLICAÇÃO NA CIDADE DE CAMPINAS.**

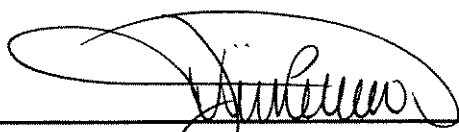
Autor: **Marco Vinicio Yáñez Salcedo**
Orientador: **Gilberto De Martino Jannuzzi**
Co-Orientador: **Ennio Peres da Silva**



**Prof. Dr. Gilberto De Martino Jannuzzi, Presidente
Unicamp/FEM**



**Prof. Dr. Waldyr Luiz Ribeiro Gallo
Unicamp/FEM**



**Prof. Dr. José Tomaz Vieira Pereira
Unicamp/FEM**

Campinas, Maio 2002

200239367

Agradecimentos

A realização deste trabalho contou com o apoio e colaboração de algumas pessoas e entidades às quais gostaria de agradecer.

Assim, agradeço inicialmente ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, pela bolsa de estudos fornecida.

Ao Prof. Dr. Gilberto De Martino Jannuzzi que orientou meu trabalho e que depositou em mim, sua confiança ao envolver-me no projeto de pesquisa sobre o uso eficiente da energia.

Ao Prof. Dr. Ennio Peres da Silva que co-orientou meu trabalho com muito acerto.

Ao Prof. Dr. José Tomaz Pereira e ao Prof. Dr. Waldyr Luiz Gallo cujas acertadas sugestões no exame de qualificação permitiram melhorar a qualidade do trabalho.

Ao Prof. Dr. Reinaldo Charnet pela sua gentileza e ajuda na parte estatística.

A todos os meus professores do Curso de Planejamento de Sistemas Energéticos que, através de suas aulas contribuíram na minha formação acadêmica.

A todos os meus amigos e amigas do Curso de Planejamento de Sistemas Energéticos pelo apoio e amizade. Especialmente à Miriam e aos meus colegas de sala Cássia e Máximo.

À Tila pela sua valiosa ajuda na elaboração das listas telefônicas dos bairros Cidade Universitária e Nova Campinas desta cidade e também nas entrevistas da pesquisa de campo e e também à Rosana Baninger pela revisão e sugestões na caracterização demográfica da cidade de Campinas.

Ao grupo de pessoas envolvidas na fabricação e distribuição de sistemas de aquecimento de água, especialmente ao Paulo, de Lopes Comercial, pelas informações sobre o mercado de coletores solares da cidade de Campinas e região.

Aos funcionários e técnicos da FEM/Unicamp com particular agradecimento às secretárias Estér, Vera e Neusa e ao amigo Rodrigues.

A todos os meus amigos e amigas do bairro Vila Sta. Isabel e Jardim Guanabara.

A todos, muito obrigado.

ÍNDICE

Índice de Tabelas	i
Índice de Figuras	iii
Nomenclatura	iv
Resumo	v
Resumen	vi
Abstract	vii

Capítulo 1: Apresentação do Trabalho

1.1	Introdução	01
1.2	Objetivos	02
1.3	Justificativa	02
1.4	Estrutura	02

Capítulo 2: Revisão Bibliográfica

2.1	Introdução	04
2.2	Breve Descrição da Tecnologia Envolvida nos Coletores Solares Planos	04
2.2.1	Cobertura Transparente	05
2.2.2	Placa Absorvedora	05
2.2.3	Isolamento Térmico	06
2.2.4	Caixa do Coletor	06
2.2.5	Estocagem de Água Quente	07
2.2.6	Dimensionamento	07
2.2.7	Instalação dos Coletores Solares Planos	07
2.3	Desenvolvimento e Estado Atual do Uso de Coletores Solares Planos no Brasil	08
2.4	Descrição do Modelo SPURR de Penetração de Coletores Solares no Brasil	08
2.4.1	Descrição do Estudo de Penetração do Mercado de Coletores no Brasil	09
2.4.2	Mercado de Equilíbrio dos Aquecedores Solares	10
2.4.3	Modelo de Penetração de Mercado	11
2.4.4	Estimativa da População de Coletores Solares no Brasil	13
2.4.5	Estimativa da População de Coletores Solares em Campinas-SP	14

Capítulo 3: Metodologia para Estimativa do Potencial de Conservação de Energia Elétrica pelo Uso de Coletores Solares Planos em uma Região. Estudo de Caso para a Cidade de Campinas-SP.

3.1	Descrição da Metodologia	17
3.1.1	Conteúdo da Caracterização Sócio-econômica da Região em Estudo	19
3.1.2	Conteúdo da Caracterização Climatológica da Região em Estudo	20
3.2	Caracterização Sócio-econômica da Cidade de Campinas-SP.	20
3.3	Caracterização Climatológica de Campinas	24
3.3.1	Consumo Residencial de Eletricidade Segundo as Estações do Ano	26
3.4	Elaboração de Questionários. Coleta, Tabulação e Apuração de Dados	29
3.4.1	Plano na Elaboração dos Questionários	29
3.4.2	Alguns Resultados da Aplicação de Questionários na Fabricação, Distribuição e Utilização de Coletores Solares na Cidade de Campinas	30
3.4.2.1	Fabricantes	30
3.4.2.2	Distribuidores	31
3.4.2.3	Consumidores	32
3.4.3	Análise Econômica da Energia Elétrica Anual Evitada pelas Famílias Entrevistadas no Uso de Coletores Solares na Cidade de Campinas-SP.	33
3.4.3.1	Estudo de Caso do Consumo de Eletricidade de uma Família que possui um Aquecedor Solar de Água	33
3.4.3.2	Análise do Consumo de Energia Elétrica de Famílias de Duas, Três, Quatro, Cinco e Seis Pessoas que possuem um Coletor Solar Plano para Aquecimento de Água	34
3.5	Levantamento do Número de Coletores Solares e Potencial de Conservação de Energia Elétrica pelo seu Uso	36
3.5.1	Potência Evitada pelo Uso de Coletores Solares em Campinas-SP.	39

Capítulo 4: Aplicação da Metodologia para Estimar o Potencial de Conservação de Energia Elétrica pelo Uso de Aquecedores Solares na Região das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari

4.1	Introdução	40
4.2	Caracterização da Região	40
4.3	Estimativa do Número de Coletores Planos, Energia Elétrica Residencial e Potência Evitada na Região das Bacias	42

Índice de Tabelas

Capítulo 2

Tabela 2.1	Crescimento Econômico Utilizado para o Estudo de Penetração de Mercado de Aquecedores Convencionais no Brasil	09
Tabela 2.2	Mercado de Aquecedores Convencionais no Brasil- Estimativa de Vendas (Supondo Inexistência de Aquecedores Solares)	10
Tabela 2.3	Penetração do Mercado de Aquecedores Solares como Função do Tempo de Retorno	13
Tabela 2.4	Estimativa de Vendas Anuais de Coletores Solares, em 10^3 m^2	14
Tabela 2.5	Estimativa da População de Coletores Solares no Brasil, em 10^3 m^2	14
Tabela 2.6	Mercado de Aquecedores Convencionais em Campinas-SP. - Estimativa (Supondo inexistência de Aquecedores Solares)	15
Tabela 2.7	Estimativa de Vendas de Coletores Solares em Campinas-SP, em 10^3 m^2	16
Tabela 2.8	Estimativa do Número de Residências com Sistemas Aquecimento Solar na Cidade de Campinas até 1995	16

Capítulo 3

Tabela 3.1	Produção e Área de rendimento do Município de Campinas, Região de Governo de Campinas e Estado de São Paulo	21
Tabela 3.2	Taxas de Crescimento Populacional da Região de Campinas, R.A.C., Município de Campinas, da Região Sudeste, da Cidade de São Paulo e de Brasil em %, 1940/1991	22
Tabela 3.3	População e Densidade demográfica do Município de Campinas, Região de Campinas e Região Administrativa de Campinas, 1983-1993	22
Tabela 3.4	População Total, Urbana e Rural Distritos e Município de Campinas, 1991	23
Tabela 3.5	Condição dos Domicílios Particulares do Município de Campinas. 1970/91	23
Tabela 3.6	Renda Média Domiciliar do Município de Campinas	24
Tabela 3.7	Clima de Campinas e Região segundo as Estações do ano Normais Climatológicas- 1961 a 1990	25

Capítulo 5: Conclusões e Recomendações

5.1	Conclusões	45
5.2	Recomendações	46

Referências bibliográficas

Anexo 2.1	Reprdução do Modelo SPURR em Brasil	50
Anexo 2.2	Aplicação do Modelo SPURR em Campinas	52
Anexo 3.1	Levantamento da Fabricação de Coletores Solares em Campinas e Região	55
Anexo 3.2	Levantamento da Distribuição de Coletores Solares em Campinas e Região	56
Anexo 3.3	Levantamento do Uso de Coletores Solares na cidade Campinas	58
Anexo 3.4	Distribuidores de Sistemas de aquecimento solar na cidade de Capinas e região	59
Anexo 3.5	Lista de ruas dos bairros Cidade Universitária e Nova Campinas da cidade de Campinas SP.	60
Anexo 3.6	Análise da Viabilidade Econômica do Investimento no Coletor Solar da Família A	61
Anexo 4.1	Estimativa do Número de Coletores Solares na R.B.P.C. Até Finais de 1995	62
Apêndice A	Amostragem Aleatória Estratificada	63
Exemplo 1	Aquecedores Solares em Cidade Universitária (amostra aleatória)	66
Exemplo 2	Aquecedores Solares em Nova Campinas (amostra aleatória)	67

Tabela 3.8	Consumo Residencial de Energia Elétrica Segundo as Estações do Ano Em MWh	26
Tabela 3.9	Possível Política de Custos de Aquecedores Solares em Campinas-SP.	31
Tabela 3.10	Consumo de uma Residência de 5 Pessoas com e sem Aquecedor Solar no Bairro Cidade Universitária, Campinas-SP. 1995-1996	33
Tabela 3.11	Consumo Mensal das Famílias Específicas Entrevistadas que usam Aquecedor Solar em Cidade Universitária. Consumo em KWh/mês	34
Tabela 3.12	Área Ótima dos Coletores Solares nas Residências Estudadas <u>em Termos</u> de Energia Elétrica Economizada	36

Capítulo 4

Tabela 4.1	Área Territorial, População Residente e Densidade Demográfica da Região das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, 1993	41
Tabela 4.2	População, Taxas de Crescimento, Número de Consumidores e Consumo de Energia Elétrica das Regiões de Governo das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, 1993	42
Tabela 4.3	Estimativa do Número de Coletores Solares, Economia de Energia Elétrica e Potência Evitada pelo Uso de Coletores nas Regiões de Governo das Bacias até Finais de 1995	43

Apêndice A

Tabela A.1	Variável Normal Padronizada da Distribuição Normal	65
------------	--	----

Índice de Figuras

Capítulo 2

Figura 2.1	Partes principais do coletor solar	06
Figura 2.2	Coletor solar plano tipo termo-sifão	07
Figura 2.3	Grau de interesse G em função do tempo de retorno	11

Capítulo 3

Figura 3.1	Fluxograma da metodologia de estimativa do potencial de conservação de eletricidade pelo uso de coletores solares planos para aquecimento de água residencial	18
Figura 3.2	Fluxograma da caracterização sócio-econômica de uma região	19
Figura 3.3	Caracterização gráfica do clima de Campinas	26
Figura 3.4	(Verão) Consumo residencial de eletricidade no Município de Campinas 1983/1993	27
Figura 3.5	(Outono) Consumo residencial de eletricidade no Município de Campinas 1983/1993	27
Figura 3.6	(Inverno) Consumo residencial de eletricidade no Município de Campinas 1983/1993	28
Figura 3.7	(Primavera) Consumo residencial de eletricidade no Município de Campinas 1983/1993	28
Figura 3.8	Consumo de eletricidade das residências estudadas que possuem aquecedores solares no bairro Cidade Universitária da cidade de Campinas-SP. Março/1995 - Fevereiro/1996	35

Capítulo 4

Figura 4.1	Possível número de coletores solares planos e potência evitada na Região das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari	44
Figura A.1	Intervalo de confiança para a proporção populacional p	64

Nomenclatura

Abreviações

Ac	área do coletor solar plano
M	massa de água aquecida
R.B.P.C.	Região das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari
p.	página

Letras Gregas

μ	comprimento de onda $\equiv 10^{-6}$ m.
α	coeficiente de absorção
ε	coeficiente de emissividade

Siglas

BEN	Balanço Enegetico Nacional
SP	São Paulo
FEM	Faculdade de Engenharia Mecânica
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
NEPAM	Núcleo de Estudos de Problemas Ambientais
FAPESP	Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Resumo

YÁNEZ, Marco Vinicio, *Metodologia para Estimativa do Potencial de Conservação de Energia Elétrica Residencial pelo Uso de Coletores Solares Planos em uma Região e sua Aplicação na Cidade de Campinas.*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2002. 67 p. Tese (Mestrado).

Neste trabalho, apresenta-se uma metodologia que permite fazer uma estimativa do potencial de conservação de energia elétrica em uma região pelo uso de coletores solares planos para aquecimento de água residencial. A metodologia utiliza basicamente índices sócio-econômicos e climatológicos, assim como também a aplicação de questionários nos setores envolvidos (fabricantes, distribuidores e consumidores de coletores solares planos) e técnicas básicas de amostragem. A partir do número de sistemas de aquecimento solar de água, estimou-se o potencial de conservação de energia elétrica.

A metodologia foi aplicada à cidade de Campinas que teria cerca de 2.800 sistemas de aquecimento até finais de 1995, com 20.000 m² de superfície total. Para sistemas de aquecimento de 7 m² de superfície, estimou-se um potencial de conservação de 1,2 MW.

Estimou-se também que a Região das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari teria cerca de 9.300 residências com sistemas de aquecimento solar de água, que representam uma potência evitada de 4 MW.

Resumen

YÁNEZ, Marco Vinicio, *Metodologia para Estimativa do Potencial de Conservação de Energia Elétrica Residencial pelo Uso de Coletores Solares Planos em uma Região e sua Aplicação na Cidade de Campinas.*, Campinas: Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Estatal de Campinas, 2002. 67 p. Tesis (Masterado).

En este trabajo, se presenta una metodología que permite realizar una estimativa del potencial de conservación de energía eléctrica en una región por el uso de colectores solares planos para calentamiento de agua residencial. La metodología utiliza básicamente índices socio-económicos y climatológicos, así como la aplicación de cuestionarios en los sectores involucrados (fabricantes, distribuidores y consumidores de colectores solares planos) y técnicas básicas de muestreo. A partir del número de sistemas de calentamiento solar de agua, se estimó el potencial de conservación de energía eléctrica.

La metodología fue entonces aplicada en la ciudad de Campinas-SP., que tendría cerca de 2.800 sistemas de calentamiento hasta finales de 1995, con 20.000 m² de superficie total. Para sistemas de calentamiento con 7 m² de superficie se estimó un potencial de conservación de 1,2 MW.

Se estimó también que la cuenca de los ríos Piracicaba y Capivari tendría 9.300 residencias con sistemas de calentamiento solar de agua, lo que representa una potencia evitada de 4 MW.

Abstract

YÁNEZ, Marco Vinicio, *Metodologia para Estimativa do Potencial de Conservação de Energia Elétrica Residencial pelo Uso de Coletores Solares Planos em uma Região e sua Aplicação na Cidade de Campinas.*, Campinas: Faculty of Mechanical Engineering, Campinas State University, 2002. 67 p. Thesis (Master).

It is presented a methodology that allows to estimate of conservation potential of electric power in a region for the use of Domestic Solar Heat Water (DSHW). The methodology uses basically both economic and climatological indexes, it was also used the application of questionnaires in the involved sectors (makers, distributors and consumers of DSHW) and basic techniques of survey. Starting from the number of heating solar systems, it can be estimated of conservation potential of electric power.

Then, The methodology was applied in Campinas city (SP) which could have almost 2,800 heating systems until the end of 1995, with 20,000 m² of total surface. For heating systems of 7 m² it was estimated a conservation potential of 1.2 MW.

It was considered that the basin of Piracicaba and Capivari rivers would have 9,300 households with heating solar systems, which represents an avoided power of 4 MW.

Capítulo 1

Apresentação do Trabalho

1.1 Introdução

Já na década do 70, *coletores solares* plásticos para aquecimento de água residencial (aquecedores solares), de baixo custo¹ e tecnologia simples apropriados em zonas rurais, eram vendidos a um ritmo de 60.000 unidades/ano no Japão [12].

O aquecedor solar de água tipo termo-sifão que será descrito no Capítulo 2, possui uso cada vez mais extenso, sendo Israel um dos países com maior uso e aproveitamento [44]. Israel exporta aquecedores solares para mais de 25 países.

Entretanto, o número de *coletores solares* para aquecimento de água instalados hoje no setor residencial de Taiwan - um dos *Tigres Asiáticos* - vem crescendo desde 1992 a um ritmo de 25.000 unidades/ano [23]. A energia elétrica poupada neste setor pode ser utilizada na indústria, o que possibilita aumentar a produção e deixar excedentes para exportação de produtos industrializados.

Cada vez é maior o número de países que reporta em jornais e/ou revistas especializadas, os avanços no uso e aproveitamento da energia solar térmica através dos aquecedores solares de uso residencial em particular. Desde estudos de caso de seu uso e operação, como por exemplo os trabalhos feitos em Madrid na Espanha [14], estudos em diferentes regiões de um mesmo país como no Egito [41], até melhoras tecnológicas desses aparelhos como as reportadas em Quito² no Equador [16]. Mostrando que, atualmente existe um uso não desprezível da energia solar térmica através de aquecedores solares, ainda em países com pouca representatividade a nível internacional na área tecnológica.

Embora não exista hoje no Brasil uma pesquisa sobre a utilização e/ou crescimento do número de *coletores solares* para aquecimento de água no setor residencial, acredita-se que venha crescendo nos últimos anos³. Nesse sentido o presente trabalho pretende, de alguma maneira, cobrir em parte essa carência.

¹ US\$ 20 com uma capacidade de 180 litros, a temperatura varia de 50°C no verão a 27-35°C no inverno.

² Aquecedores solares de alta eficiência foram apresentados em Abril de 1994 na exposição industrial de Hannover, na Alemanha.

³ O estudo de penetração do mercado de *coletores solares* de uso residencial no Brasil realizado por ORLÁNDO em 1985, está baseado em um modelo teórico, modelo SPURR, que será analisado no Capítulo 2.

1.2 Objetivos

O intuito fundamental do presente trabalho é desenvolver uma metodologia que permita fazer uma estimativa do potencial de conservação de energia elétrica em uma região, pelo uso de *coletores solares* planos para aquecimento de água residencial. A metodologia é então aplicada como um estudo de caso para estimar o potencial de conservação de energia elétrica na cidade de Campinas, e, a partir desses resultados, inferir o potencial de conservação na Região das Bacias dos rios Piracicaba e Capivari, R.B.P.C.

São objetivos particulares:

- estudar as características do mercado de *coletores solares* planos para aquecimento de água residencial na cidade de Campinas;
- fazer uma estimativa do potencial de conservação das regiões que formam as bacias dos rios Piracicaba e Capivari.

1.3 Justificativa

O trabalho é parte de um projeto de pesquisa que visa verificar o potencial de maior aproveitamento de energias renováveis, assim como o uso eficiente de energia e desenvolvimento regional. Esse trabalho envolve professores e estudantes de mestrado e doutorado da área de Planejamento de Sistemas Energéticos da FEM/UNICAMP.

Este projeto é parte integrante de dois outros trabalhos em andamento na UNICAMP:

- "*Balanço Energético, Conservação e Perspectivas de consumo de Energia na Região de Campinas - SP.*", que tem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, que iniciou-se em março de 1993 e integrou-se logo como parte do projeto NEPAM/FAPESP, intitulado: "*Uso Eficiente de Energia e Redução de Consumo de Energia Fóssil na Região das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari*" [25].
- "*Qualidade Ambiental e Desenvolvimento Regional*", apoiado pelo Núcleo de Estudos de Problemas Ambientais (NEPAM), da Unicamp e a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) - Projeto NEPAM/FAPESP - abordando também as bacias hidrográficas já citadas.

Os objetivos estabelecidos são atingidos segundo à estrutura que se descreve a seguir.

1.4 Estrutura

O Capítulo 2 apresenta uma breve descrição dos *coletores solares* planos com destaque nos coletores tipo termo-sifão que são os mais utilizados no setor residencial e disponíveis no mercado, pois dispensam o uso de bombas. Logo descreve-se as partes principais que formam o coletor solar plano. A seguir neste capítulo, apresenta-se etapa por etapa o método que utiliza o modelo SPURR para avaliar o mercado de aquecedores solares

planos para aquecimento de água residencial no Brasil. O método é então aplicado para avaliar esse mercado na cidade de Campinas-SP e cujos resultados poderão ser comparados com os obtidos na metodologia desenvolvida no Capítulo 3, apresentada como estudo de caso.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada para levantar o potencial de energia elétrica conservada pelo uso de *coletores solares* para aquecimento de água em uma região, principal intuito do presente trabalho. Essa metodologia é utilizada como estudo de caso na cidade de Campinas-SP. Ainda neste capítulo apresenta-se um estudo sobre as características desse mercado através da elaboração, aplicação e apuração de questionários nos setores envolvidos: fabricantes, distribuidores e consumidores desses aparelhos. Ao final do capítulo, apresenta-se um estudo econômico sobre o uso de coletores solares na cidade de Campinas de famílias específicas pesquisadas de duas, três, quatro, cinco e seis pessoas, como um *exemplo particular* de aplicação dos questionários antes mencionados.

No Capítulo 4 apresenta-se uma breve descrição da região das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, que é objeto dos projetos de pesquisas antes descritos. A seguir, procura-se inferir o potencial de conservação de energia elétrica pelo uso de *coletores solares* nessa região a partir dos resultados encontrados para a cidade de Campinas.

O Capítulo 5, apresenta as conclusões e recomendações do trabalho desenvolvido.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.1 Introdução

No presente capítulo apresenta-se uma revisão do estado atual dos coletores solares planos para aquecimento de água residencial. Primeiro é apresentada uma breve descrição da tecnologia que envolve os *coletores solares* planos em geral, a seguir descreve-se o desenvolvimento e estado atual dos coletores planos no Brasil e, finalmente, apresenta-se uma descrição detalhada do *Modelo SPURR* de penetração de *coletores solares* planos apresentada no seminário “*Introdução de Tecnologias Energéticas Alternativas no Brasil até o Ano 2000*” realizado em Rio de Janeiro em Novembro de 1985. O modelo é então aplicado na cidade de Campinas-SP.

2.2 Breve Descrição da Tecnologia Envolvida nos Coletores Solares Planos

Atualmente, existem tecnologias desenvolvidas para o uso e aproveitamento da energia solar em forma de calor, através de *coletores solares* planos e concentradores solares de diferentes geometrias e em forma de eletricidade por meio de painéis fotovoltaicos.

Coletores solares e painéis fotovoltaicos melhoram dia a dia a sua tecnologia devido ao uso de materiais mais eficientes que visam maior aproveitamento da energia solar. Um melhor conhecimento do potencial solar de cada região também contribui para um melhor aproveitamento dos equipamentos em termos de energia útil.

Uma das maiores aplicações dos coletores planos é no aquecimento de água residencial. A montagem mais utilizada é o tipo termo-sifão; a água fria do fundo do reservatório retorna por gravidade ao coletor solar, que está em um nível mais baixo, esta água fria sendo mais pesada, desloca a água aquecida desde o coletor solar até o reservatório térmico, fazendo com que a circulação seja natural, não necessitando de bombas. O conjunto coletor-tubulação-reservatório recebe o nome de aquecedor solar doméstico de água.

Os *coletores solares* planos são dispositivos que funcionam segundo a conversão térmica da radiação solar, transferindo o fluxo energético proveniente da radiação para o fluido de trabalho que circula no interior da placa absorvedora do coletor.

Um coletor plano é uma caixa retangular hermeticamente fechada, com isolamento térmico nas laterais e na parte inferior, cobertura de vidro plano transparente na parte superior. Entre esta cobertura e o isolamento térmico encontra-se uma placa metálica pintada de preto fosco ou tratada eletroliticamente, absorvedora da radiação⁴ e em cuja tubulação circula o fluido aquecido (água, ar, óleo, etc).

⁴ Os corpos de cor mais próxima do negro absorvem mais radiação que as outras cores.

Quando este conjunto está submetido à radiação solar, observa-se que a radiação de comprimento de onda na faixa do visível, ultravioleta, e no infravermelho próximo, passa através da cobertura de vidro e atinge a placa metálica preta e a tubulação por onde circula a água.

A placa e a tubulação vão gradativamente aumentando de temperatura ao mesmo tempo em que reemitem calor num comprimento de onda maior na faixa do infravermelho que oscila entre ($4,0 \mu$ e 20μ) e para o qual o vidro não é transparente. De essa radiação emitida pela placa; uma parte é absorvida pelo vidro, conduzida para a superfície externa e perdida para o ambiente e outra parte é refletida de volta à placa coletora, num processo contínuo, enquanto esta permanecer aquecida, num fenômeno conhecido como EFEITO ESTUFA, o que permite obter água quente aproveitável [4], [12]. A seguir apresenta-se uma descrição dos principais componentes dos coletores solares.

2.2.1 Cobertura transparente

O principal objetivo do vidro é proteger o coletor do resfriamento direto do ar, existindo coletores que podem apresentar uma dupla cobertura de vidro, é portanto um dos itens a ser considerado no custo do coletor.

Estudos comparativos com vidros e polímeros do mercado brasileiro de diversas espessuras com relação ao comprimento de onda, ângulo de incidência da radiação, valores integrados de acordo com o espectro solar e principalmente o infravermelho, etc., mostraram que os melhores resultados de transmissividade foram apresentados pelo acrílico, seguido dos vidros de pequena espessura (3 ou 4 mm) [30].

O comportamento de uma cobertura de vidro pode melhorar depositando-se em sua face interna um revestimento transparente. Do mesmo modo, óxidos de índio ou estanho são por vezes usados; um depósito feito no vácuo dá uma transmitância de 0,85 na banda visível ($0,55 \mu$) e um coeficiente de reflexão de 0,97 na banda infravermelha ($4,0 \mu$) [43].

2.2.2 Placa Absorvedora

É o item mais importante do coletor, já que a placa é constituída do conjunto chapatubo, formando uma única peça e é o elemento que tem que absorver a radiação solar.

Várias são as geometrias possíveis na construção da chapa absorvedora, assim como são variados os materiais empregados, sendo o cobre, o alumínio, o ferro galvanizado e o plástico os mais usados.

Na fabricação de coletores solares mais eficientes, a quantidade de radiação emitida pela placa do coletor pode ser reduzida pelo tratamento da superfície para diminuir a sua emissividade [8], [15], [28], [29], [31], [33], [37], [42].

O revestimento de cromo negro, com a marca registrada Harshaw Chrom-Onyx, foi considerado em 1975 o melhor sistema comercializado [31], [37]. Um coeficiente $\alpha/\epsilon = 9$ com $\alpha = 0,9$ tem sido sugerido, onde α é o coeficiente de absorção e ϵ o coeficiente de

emissividade [15]. Recentemente foram apresentadas superfícies coletoras cujo revestimento de cobalto-cádmio apresenta um coeficiente $\alpha/\varepsilon = 12$, com $\alpha = 0,96$ [28].

Têm também sido propostas superfícies coletoras com ranhuras em V, de dimensões grandes em relação a todos os comprimentos de onda, de forma que a radiação proveniente das direções quase normais à superfície sofra múltiplas reflexões dentro da ranhura [15].

2.2.3 Isolamento Térmico

Para que o sistema possa funcionar de acordo com os níveis térmicos desejados, é importante reduzir ao máximo as perdas térmicas, já que tratando-se de sistemas que funcionam a temperaturas superiores às do ambiente é preciso evitar-se as respectivas trocas de calor. Isto é obtido com o emprego de materiais de baixa condutibilidade térmica, os quais são conhecidos como isolantes térmicos. Destacam-se o poliuretano rígido ou expandido e a lã de vidro.

2.2.4 Caixa do Coletor

É o elemento estrutural do sistema de aquecimento. A sua construção pode ser de chapa ou perfil de ferro galvanizado, chapa ou perfil de alumínio, fibra de vidro, fibrocimento, madeira, etc. A madeira seria a solução mais indicada por possuir baixa condutibilidade térmica e por ser facilmente trabalhável, mas nem por isso é a mais econômica, pelo fato de possuir reduzida vida útil quando exposta às intempéries. Entre os demais materiais relacionados, a escolha é mais uma questão de custo e disponibilidade de mercado.

Apesar do alumínio ser condutor de calor, ele tem sido usado com frequência em forma de perfil para compor a caixa do coletor, porque facilita sua construção, dispensa a mão-de obra de acabamento e tem boa apresentação. Sempre que se usar materiais metálicos, o isolamento deverá se estender também pelas laterais da caixa.

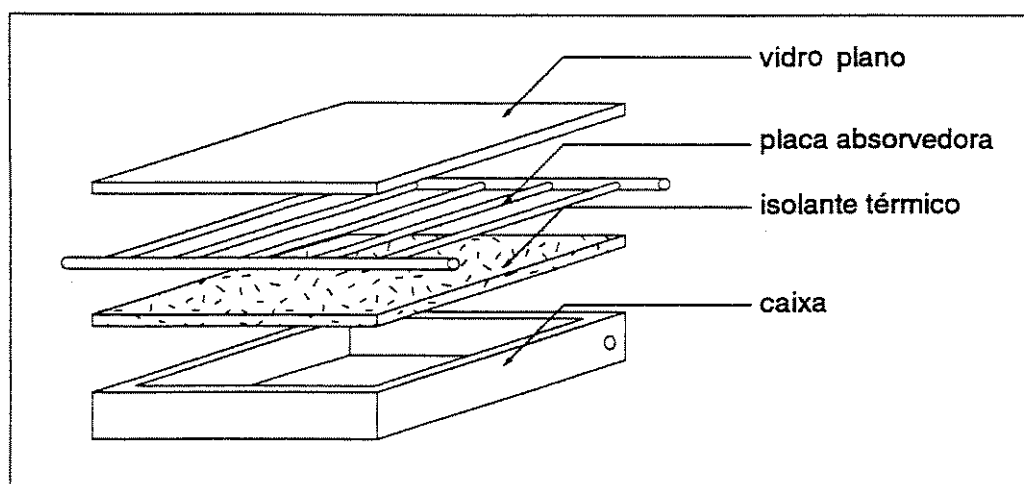


Figura 2.1 Partes principais do *coletor solar*.

2.2.5 Estocagem de Água Quente

O sistema de estocagem deverá oferecer condições suficientes para que a água quente não sofra trocas de calor com o ambiente e portanto resfrie, de modo que possa ser utilizada dentro dos limites de temperatura previstos. Este objetivo é conseguido por meio de reservatórios termicamente isolados, geralmente metálicos, constituídos por dois ou mais recipientes entre os quais se interpõe lâ de vidro ou poliuretano expandido.

2.2.6 Dimensionamento

O área do coletor solar é função da quantidade de água a ser aquecida numa faixa de 60 a 70 °C. Pesquisas internacionais mostram que em um aquecedor solar de água eficiente tipo termo-sifão, tem-se a relação $M/A_c = 75 \text{ Kg/m}^2$, onde M é a massa de água aquecida e A_c é o área do coletor solar [23]. Alguns fabricantes locais indicam que a produção de água quente por cada metro quadrado de superfície de coletor é de 65 litros por dia nas regiões quentes e 50 litros por dia nas regiões frias. Esses sistemas alcançam temperaturas de até 80°C.

2.2.7 Instalação dos Coletores Solares Planos

Normalmente as dimensões dos *coletores solares* planos para aquecimento de água residencial disponíveis no mercado, estão compreendidas entre 1,5 m² e 2,0 m². Sendo assim, isto constitui um fato determinante no dimensionamento e/ou instalação do sistema de aquecimento.

Os *coletores solares* planos para o aquecimento de água residencial mais utilizados são os de tipo termo-sifão ou de circuito natural porque dispensam o uso de bombas. O coletor é orientado para o norte geográfico no hemisfério Sul e inclinado de um ângulo igual ao da latitude do lugar, acrescido de 10 °.

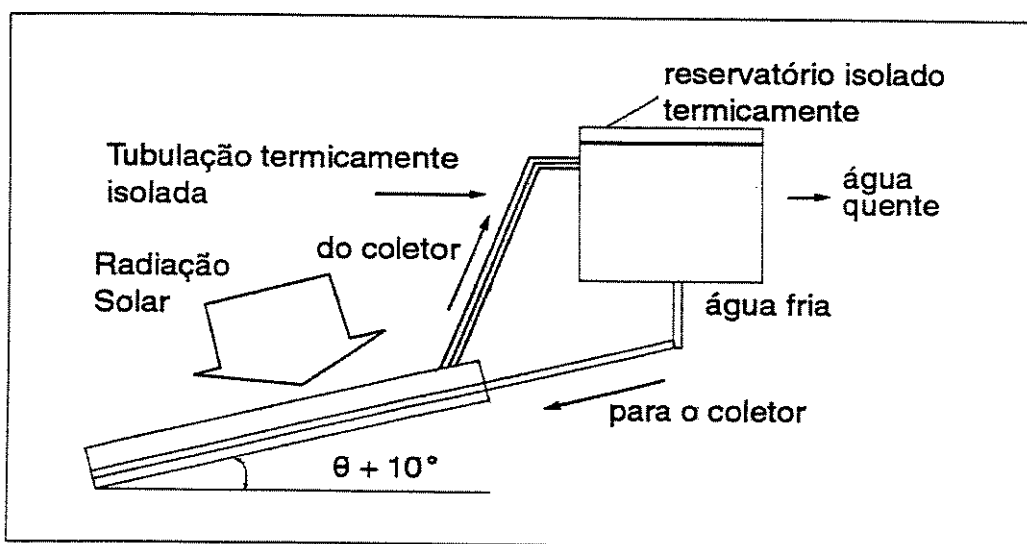


Figura 2.2 Coletor solar plano tipo termo-sifão.

2.3 Desenvolvimento e Estado Atual do Uso de Coletores Solares Planos no Brasil

As vantagens do uso da energia solar no Brasil são discutidas desde 1978, onde as principais vantagens do uso futuro da energia solar começaram a ser discutidas [31]. Um ano depois, o Centro de Tecnologia Promon, CTP, apresentou um projeto “multicliente” intitulado: “*Estado de Arte e Viabilidade Técnico-Econômica de Aquecimento de Água*” [11].

Desde inícios dos 80, as pesquisas em energia solar em geral, e em aquecimento de água através de *coletores solares* planos em particular, passaram da fase teórica à fase experimental. Em várias cidades desenvolvidas do Brasil, o uso de *coletores solares* planos para aquecimento de água residencial encontra-se desde então na fase de produção industrial e comercialização.

Já em 1985, em um seminário realizado em Rio de Janeiro foi apresentado um estudo da penetração do mercado de *coletores solares* planos residenciais, baseando-se em alguns aspectos tais como desconfiança do consumidor em relação à nova tecnologia, tradição, falta de propaganda, etc., utilizando-se um modelo (modelo SPURR), que simula aproximadamente estas reações de mercado e que foi testado na Flórida entre 1938 e 1942 [36].

Quase dez anos depois do modelo SPURR foi apresentado no primeiro Workshop de Energia da Amazônia, um modelo de simulação de desempenho de sistemas híbridos fotovoltaico-térmico para otimização do aproveitamento da energia solar, ainda não disponíveis no Brasil a nível industrial. Nota-se aqui uma clara evolução e penetração da energia solar [35].

O número de “*papers*” sobre energia solar apresentados nesse III Congresso de Engenharia Mecânica Norte-Nordeste, em 1994, é muito representativo e indica o grande interesse atual pela energia solar.

Em geral, merecem destaque os trabalhos sobre aproveitamento térmico da energia solar através de *coletores solares* planos realizados na Universidade Federal de Rio Grande do Norte, UFRN, [13], da Pontifícia Universidade Católica, PCU-Rio, [35], da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, [27], entre outras. A ABRAVA tem dedicado muita atenção em relação ao uso e aproveitamento da energia solar térmica com destaque nos aquecedores solares residenciais, apoiando projetos de pesquisa⁵ e eventos sobre o assunto.

2.4 Descrição do Modelo SPURR de Penetração de Coletores Solares Planos no Brasil

No seminário “*Introdução de Tecnologias Energéticas Alternativas no Brasil até o Ano 2000*”, realizado em Rio de Janeiro em Novembro de 1985, foi apresentada uma estimativa de penetração do mercado de *coletores solares* residenciais no Brasil [36]. Este estudo que tem muito interesse para nosso trabalho, é descrito e reproduzido⁶ a seguir.

⁵ Como por exemplo o Projeto UNICAMP/CPFL

⁶ Anexo 2.1

2.4.1 Descrição do Estudo de Penetração do Mercado de Coletores Solares no Brasil

Este estudo de penetração de *coletores solares* planos residenciais considera três aspectos fundamentais:

- Mercado de aquecedores convencionais
- mercado de equilíbrio dos aquecedores solares, e
- modelo de penetração de mercado.

Neste estudo, uma avaliação do mercado de aquecedores solares é função do mercado de aquecedores convencionais. Isto porque se admite que o mercado convencional já estava estabelecido e os sistemas solares deveriam deslocar uma fração deste mercado. O estudo não considera um possível aumento do mercado de aquecedores de água residenciais como consequência da mudança de hábito e do nível de vida da população.

O crescimento econômico é estimado com base no crescimento do consumo de energia elétrica disponível na data da pesquisa. A seguir apresenta-se o crescimento econômico percentual até o ano 2000 (Ver Tabela 2.1A no Anexo 2.1).

Crescimento Econômico Utilizado para o Estudo de Penetração de Mercado de Aquecedores Convencionais no Brasil

Tabela 2.1

Ano	1978	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
CE %	-	10	0	0	0	0	5	5	5	5	5
Ano	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
CE %	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	

Fonte: Orlándo, 1985

Aquecedores convencionais são classificados em elétricos e a gás como mostrado na Tabela 2.2. Neste estudo, a quantificação do mercado de 1978 foi realizada com base em informação fornecida pelos fabricantes na data da pesquisa e apurada pelo Centro de Tecnologia Promon - CTP.

O mercado convencional de aquecedores de água residenciais convencionais, supondo inexistência de aquecedores solares até o ano 2000, foi estimado a partir do crescimento econômico apresentado na Tabela 2.1 como mostrado na seguinte tabela (Ver Tabela 2.2A no Anexo 2.1).

**Mercado de Aquecedores Convencionais no Brasil - Estimativa de Vendas
(Supondo Inexistência de Aquecedores Solares)**

Tabela 2.2

Tipo/Ano		1978	1985	1990	1995	2000
Aq.Elétrico	Passagem	26.000	28600	36.500	47.900	66.000
Aq.Elétrico	Boiler	46.000	50600	64.600	84.800	116.700
Aq.Elétrico	Chuveiro	1.520.000	1.673.000	2.133.900	2.802.200	3.857.200
Total		1.592.000	1.752.200	2.235.000	2.934.900	4.039.900
Aq.a Gás	Passagem	20.500	22.600	28.800	37.800	52.000
Aq.a Gás	Boiler	36.500	40.200	51.200	67.300	92.600
Total		57.000	62.800	80.000	105.100	144.600
T O T A L	Elét.& Gás	1.649.000	1.815.000	2.315.000	3.040.000	4.184.500

Fonte: Orládo, 1985

2.4.2 Mercado de Equilíbrio dos Aquecedores Solares

Para estudar o mercado de equilíbrio dos aquecedores solares há necessidade da definição do tempo de retorno. Primeiro, deve-se calcular o custo efetivo do aquecedor solar como a diferença entre o custo deste e o do convencional a ser deslocado. Segundo Orládo, a relação entre o custo efetivo e a economia realizada no primeiro ano como resultado da não utilização do aquecedor convencional é chamada de tempo de retorno, TR.

Naturalmente poder-se-ia levar em consideração taxas de juros e de aumento de custo energético. Como no modelo o mercado de equilíbrio é apenas função do tempo de retorno, qualquer que seja o método adotado para cálculo do tempo de retorno conduzirá a determinação do tempo de retorno. Na realidade este deverá ser considerado como um valor médio ao longo do período examinado [36].

Neste estudo, o mercado de equilíbrio é modelado pelo grau de interesse G da população em adquirir o sistema como função do tempo de retorno TR, através da relação:

$$G = \frac{1}{1 + 0,1 \left(\frac{TR}{2} \right)^4} \quad (2.1)$$

Esta relação foi levantada em 1979 pelo Centro de Tecnologia Promon - C.T.P., por intermédio de pesquisas de campo [11]. Um alto grau de interesse, da ordem do 99% para um tempo de retorno de um ano (Figura 2.3), só seria possível em condições ideais onde o custo dos sistemas de aquecimento fiquem muito próximas à economia anual de energia elétrica. Isto só seria possível com tarifas de eletricidade extremamente altas ou com grandes subsídios por parte do governo. Isto, atualmente, não acontece em nenhum país do mundo.

O tempo de retorno para os sistemas de aquecimento de água residencial é 10 anos e portanto, o grau de interesse em adquirir esses sistemas é inferior a 5%. O seguinte gráfico mostra o grau de interesse na aquisição de um sistema de aquecimento solar em função do tempo de retorno do investimento.

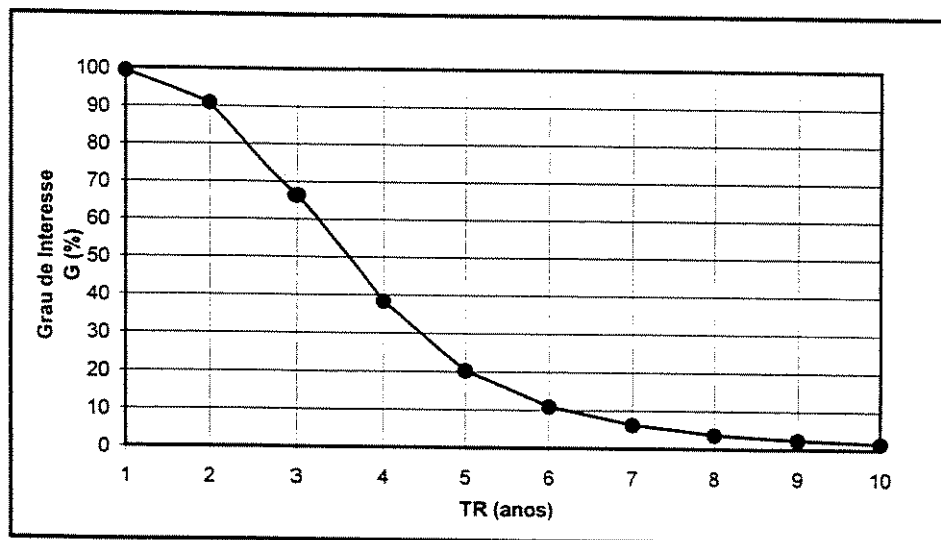


Figura 2.3 Grau de interesse G em função do tempo de retorno TR.
Fonte: Orládo, 1985.

O grau de interesse é inferior a 10% para tempos de retorno do investimento maior que seis anos e é superior a 70% para tempos de retorno menores que três anos como pode ser visto na Figura 2.3 acima.

2.4.3 Modelo de Penetração de Mercado

Considerando que o mercado não responde instantaneamente às solicitações econômicas, a penetração de mercado de coletores solares deverá levar em consideração - segundo este estudo- os seguintes aspectos: [36]

- Desconfiança do consumidor em relação à nova tecnologia;
- o consumidor não quer testar primeiro;
- tradição, e
- Falta de propaganda e informação.

O estudo trabalha com o modelo SPURR que simula aproximadamente estas reações de mercado e foi testado na Flórida como dito anteriormente. Neste modelo define-se a seguinte expressão para o mercado solar Y:

$$Y = \frac{1}{1 + \frac{1}{F \cdot \tanh(R) \exp\left[R \cdot \left(1 - \frac{1}{F}\right)\right]}} \quad (2.2)$$

$$\text{sendo } R = \left(\frac{T - T_0}{t} \right)^2 \quad (2.3)$$

e onde:

Y, mercado solar, isto é, porcentagem do mercado de aquecimento de água deslocado pela energia solar;

T, ano de análise do mercado;

T₀, ano em que a tecnologia se tornou disponível em escala. É estimado para o Brasil em $T_0 = 1975$;

t, fator de escala de tempo representando o número de anos requeridos para a tecnologia amadurecer. Estimado para o Brasil em $t = 25$ anos; e

F, índice de mérito econômico

A metodologia utilizada para o cálculo do mercado solar Y segue as seguintes etapas:

- a) Estimativa do mercado de aquecedores convencionais como descrito ao final do 2.4.1 e apresentado na Tabela 2.2.
- b) Estimativa do tempo de retorno do investimento, TR.
- c) Estimativa do grau de interesse do comprador, G, expressão (2.1). Este coincide com o mercado de equilíbrio.
- d) Estimativa do índice de mérito, F. É determinado segundo (Orlando, 1985), usando-se a expressão (2.2) e $R = 3$. Conhecendo-se o mercado de equilíbrio G, pode-se calcular F para $Y = G$ através da seguinte expressão:

$$F \cdot \tanh(3) \exp \left[3 \cdot \left(1 - \frac{1}{F} \right) \right] = \frac{G}{1 - G} \quad (2.4)$$

- e) Estimativa do mercado solar Y. Para o ano em questão e para o valor de F calculado em d). Determina-se Y ano a ano. Se $Y > G$, tomar $Y = G$.
- f) Estimativa de vendas anuais de coletores solares. Multiplicando-se o mercado solar Y calculado no item e) pelo mercado de aquecedores convencionais calculado no item a) e pela área média de coletores de 4 m^2 para cada residência, obtém-se o número de metros quadrados a serem comercializados.

A expressão (2.4) acima é não linear e pode ser resolvida por aproximações sucessivas, aplicando métodos numéricos ou ainda utilizando-se *soft-ware* matemáticos específicos como por exemplo *eureka* e *matlab* da Micro Soft entre outros.

2.4.4 Estimativa da População de Coletores Solares no Brasil

A preços de agosto de 1985, um sistema de aquecimento de água com energia solar, com 4 m², pode custar instalado, cerca de US\$ 1.000 ou seja US\$ 250/ m², com a seguinte participação percentual: [36].

- coletores solares: 50 a 60%
- reservatórios: 20 a 25%
- instalação: 20 a 25%

O custo médio da energia elétrica residencial em 1985 foi de 0,06 US\$/kWh, portanto, em média a economia no primeiro ano é de aproximadamente US\$ 130. O tempo de retorno do sistema, sem considerar a inflação da energia elétrica, pode estar na faixa de 8 a 10 anos (item b) da metodologia). O modelo apresenta resultados com tempos de retorno de um a dez anos (Tabelas 2.3 e 2.4).

Os itens c) d) e e) calculam-se com as relações (2.1), (2.2) e (2.4). Os resultados apresentam-se na seguinte tabela⁷.

Penetração do Mercado de Aquecedores Solares como função do Tempo de Retorno.

Tabela 2.3

TR anos	Índice de mérito, F	G %	Y (1985) %	Y (1990) %	Y (1995) %	Y (2000) %
1	10,619	99,4	66,1	83,6	91,5	95,2
2	2,095	90,9	26,5	46,6	62,3	72,9
3	1,201	66,4	16,4	30,6	43,0	52,0
4	0,895	38,5	12,2	22,9	31,9	37,7
5	0,740	20,4	10,0	18,4	20,4	20,4
6	0,645	11,0	8,6	11,0	11,0	11,0
7	0,581	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
8	0,535	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
9	0,499	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
10	0,470	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6

Fonte: Orládo, 1985

Por outro lado, a estimativa de vendas anuais de coletores solares é calculada segundo o indicado no item f) e cujos resultados são apresentados na seguinte tabela:

⁷ Ver Planilhas de cálculos no Anexo 2.1

Estimativa de Vendas Anuais de Coletores Solares, em 10^3 m^2

Tabela 2.4

TR anos	Mercado em 1985	Mercado em 1990	Mercado em 1995	Mercado em 2000
1	4.800	7.750	11.100	15.950
2	1.900	4.300	7.600	12.200
3	1.200	2.850	5.250	8.700
4	900	2.100	3.900	6.300
5	750	1.700	2.500	3.400
6	600	1.000	1.350	1.850
7	450	600	750	1.050
8	300	350	450	650
9	200	200	300	400
10	100	150	200	250

Fonte: Orlándo, 1985

compare-se com os obtidos na Tabela 2.4A do Anexo 2.1.

A partir da estimativa de vendas anuais de coletores solares ano a ano, para cada tempo de retorno, pode-se obter o valor acumulado de vendas, supondo que não exista reposição dos coletores solares (vida útil estimada em 15 a 20 anos). Este valor acumulado corresponde ao número total de aquecedores solares de uso residencial existentes no Brasil, como mostrado através da seguinte tabela⁸.

Estimativa da População de Coletores Solares no Brasil, em 10^3 m^2

Tabela 2.5

TR (anos)	1985	1990	1995	2000
1	19.450	52.250	100.700	170.000
2	6.800	23.300	54.250	105.300
3	4.150	14.700	35.750	71.750
4	3.100	11.000	26.650	53.050
5	2.550	8.950	20.000	35.050
6	2.200	6.750	12.750	20.850
7	1.850	4.450	7.850	12.400
8	1.350	2.950	5.000	7.800
9	900	1.950	3.250	5.000
10	650	1.300	2.150	3.350

Fonte: Orlándo, 1985

2.4.5 Estimativa da População de Coletores Solares em Campinas-SP

Utilizando-se a metodologia descrita, pode-se estimar a penetração de mercado para a cidade de Campinas. Para aplicar esta metodologia na cidade de Campinas é necessário conhecer o mercado de aquecedores convencionais, ou seja, uma estimativa de vendas ano a ano. As seguintes hipóteses são consideradas:

⁸ Não reproduzida no Anexo 2.1.

- O mercado de aquecedores convencionais da cidade de Campinas em 1980, foi equivalente ao do mercado brasileiro.
- O mercado de aquecedores convencionais entre 1978 e 1981 apresentou mudanças desprezíveis.
- O mercado de aquecedores convencionais está relacionado fortemente com o mercado de chuveiros elétricos que representam quase o 85% do total, e portanto, do consumo de energia elétrica.
- O consumo residencial de energia elétrica representa um índice do mercado de aquecedores convencionais.

Baseados nestas hipóteses pode-se estimar o mercado de aquecedores convencionais para a cidade de Campinas como descrito a seguir⁹.

Em 1980 o consumo residencial de energia elétrica no Brasil foi de 23.273.700 MWh e da cidade de Campinas foi de 262.178 MWh que representa algo em torno de 1%. Pode-se considerar que o mercado de aquecedores convencionais da cidade de Campinas também possui esse percentual em relação ao mercado do Brasil. Sendo assim, pode-se estimar esse mercado a partir da Tabela 2.2. Os resultados são apresentados em forma resumida na seguinte tabela.

**Mercado de Aquecedores Convencionais em Campinas-SP. - Estimativa
(Supondo Inexistência de Aquecedores Solares)**

Tabela 2.6

Ano	1980	1985	1990	1995	2000
Aq.elétrico&Gás	16.491	18.141	23.152	30.402	41.847

Aplicando-se as relações e a metodologia descrita, apresenta-se na Tabela 2.7, uma estimativa de vendas de coletores solares para a cidade de Campinas (veja-se a Tabela 2.7A do Anexo 2.2).

⁹ Planilhas de cálculo, Anexo 2.2.

Estimativa de Vendas de Coletores Solares em Campinas-SP, em 10^3 m^2

Tabela 2.7

TR (anos)	1980	1985	1990	1995	2000
1	66	48	77	111	159
2	60	19	43	76	122
3	44	12	28	52	87
4	25	9	21	39	63
5	13	7	17	25	34
6	7	6	10	13	18
7	4	5	6	8	10
8	2	3	3	5	6
9	2	2	2	3	4
10	1	1	1	2	3

A Tabela 2.7 para a cidade de Campinas é equivalente à apresentada para o Brasil (Tabela 2.4). Assim, uma estimativa do número de residências possuidoras de sistemas de aquecimento solar até finais de 1995 na cidade de Campinas apresenta-se na seguinte tabela.

Estimativa do Número de Residências com Sistemas de Aquecimento Solar na Cidade de Campinas até 1995

Tabela 2.8

TR (anos)	1980	1985	1990	1995	Até 1995*
1	9.365	6.849	11.053	15.889	132.340
2	8.567	2.752	6.166	10.826	79.094
3	6.256	1.697	4.045	7.475	53.108
4	3.624	1.268	3.023	5.547	38.559
5	1.921	1.036	2.431	3.544	27.921
6	1.036	888	1.455	1.911	16.991
7	589	648	827	1.085	9.857
8	354	390	497	653	5.931
9	224	247	315	414	3.756
10	148	163	208	274	2.485

* Número de residências com *coletores solares* de 7 m^2 de superfície.
(Cálculos Tabela 2.8A do Anexo 2.2)

Nas condições atuais (até finais de 1994), onde as tarifas de eletricidade no setor residencial são subsidiadas, o grau de interesse em adquirir *coletores solares*¹⁰ é muito pequeno (inferior a 5%). Desta forma, o tempo de retorno suposto nesta análise é de 10 anos. Portanto segundo o modelo Spurr, o número de residências com sistemas de aquecimento solar de água de 7 m^2 de superfície média na cidade de Campinas até finais de 1995 é de **2.485**.

Pode-se observar que para um alto grau de interesse (TR = 1) o número de residências com *coletores solares* seria cerca de 130.000.

¹⁰ O investimento inicial é normalmente elevado (da ordem de R\$ 1.500).

Capítulo 3

Metodologia para Estimativa do Potencial de Conservação de Energia Elétrica Residencial pelo Uso de Coletores Solares Planos em uma Região. Estudo de Caso para a Cidade de Campinas-SP.

O intuito do presente capítulo é apresentar uma metodologia que permita fazer um levantamento do potencial de conservação de energia elétrica, pelo uso de coletores solares planos para aquecimento de água residencial em uma região predeterminada. Utiliza basicamente, índices sócio-econômicos e climatológicos, assim como também os princípios básicos da Estatística Descritiva na elaboração e aplicação de questionários e nas técnicas de amostragem. A metodologia é então aplicada para levantar o potencial de conservação na cidade de Campinas-SP.

3.1 Descrição da Metodologia

A metodologia aplicada para levantar o potencial de conservação de energia elétrica pelo uso de aquecedores solares em uma região, possui quatro partes principais as mesmas que são descritas a seguir.

A primeira etapa tem a ver com a caracterização sócio-econômica e climatológica da região em estudo, que providenciará dos índices necessários a serem utilizados no trabalho, nas etapas seguintes.

A segunda visa conhecer as características do mercado de *coletores solares* na região através da elaboração, aplicação e apuração de questionários para fabricantes, distribuidores e consumidores de *coletores solares* planos para aquecimento de água residencial.

A terceira etapa utiliza as técnicas de amostragem da Estatística Descritiva e os índices levantados nas etapas anteriores, para fazer uma estimativa do número de *coletores solares* e portanto do potencial de conservação de energia elétrica pelo seu uso na região em estudo. Esta estimativa é mais precisa tanto mais consistentes são as hipóteses e mais coerentes são os índices levantados, bem como mais representativa a metodologia utilizada.

A quarta etapa corresponde a estudos de *Planejamento Energético Regional*, analisa os resultados obtidos e apresenta sugestões das possibilidades de expansão do uso de *coletores solares* na região.

A metodologia descrita pode ser sintetizada através do seguinte fluxograma.

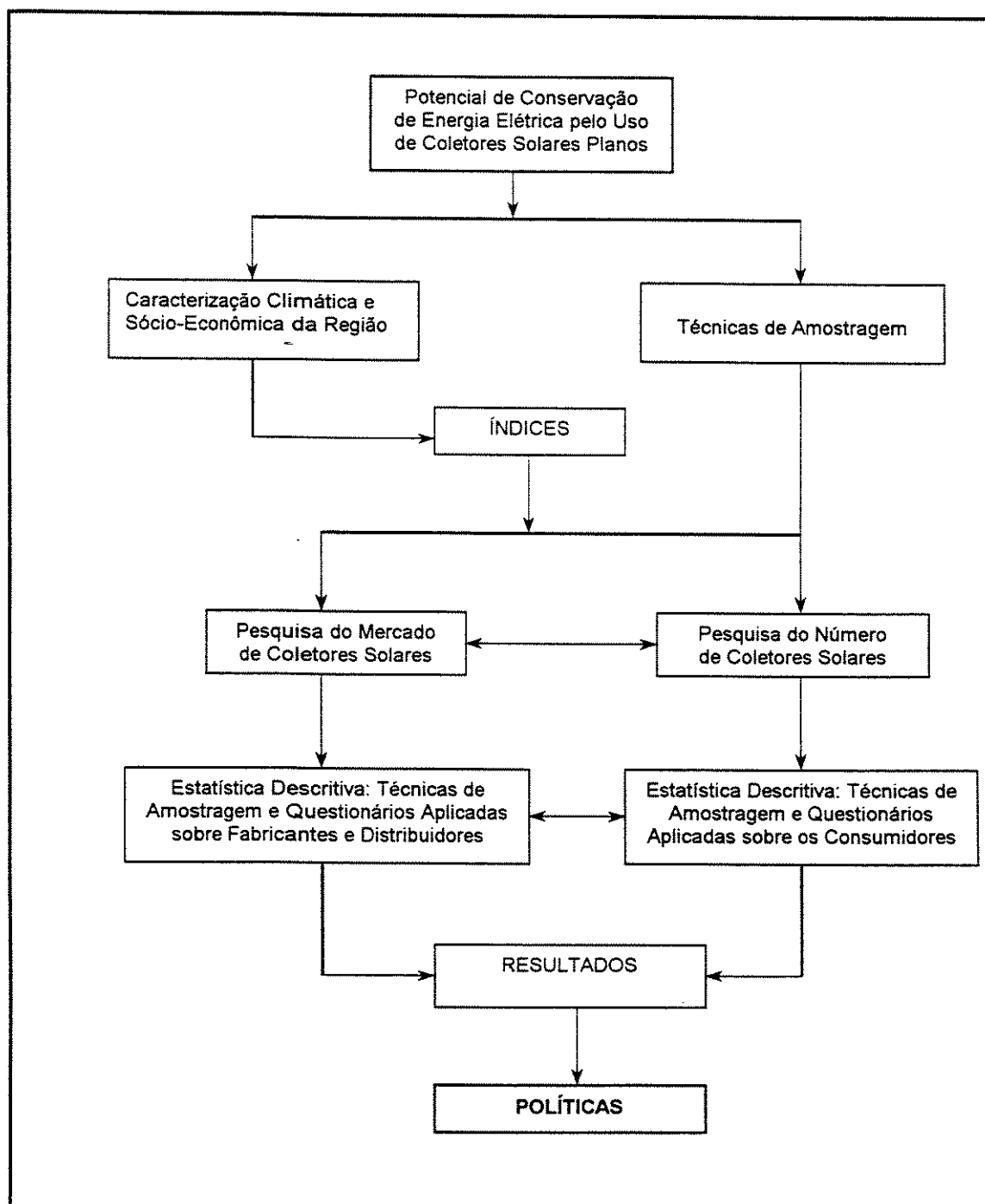


Figura 3.1 Fluxograma da metodologia de estimativa do potencial de conservação de eletricidade pelo uso de *coletores solares* planos para aquecimento de água residencial.

3.1.1 Conteúdo da Caracterização Sócio-econômica da Região em Estudo

Em geral, a caracterização sócio-econômica e climatológica de uma região é uma parte dos estudos que visam obter um adequado planejamento do desenvolvimento regional e uso eficiente da energia. Cabe então fazer uma recompilação dos dados mais relevantes para o presente trabalho e que serão descritos a seguir. No caso de que esses dados não estejam disponíveis, eles deverão ser necessariamente levantados antes da aplicação da presente metodologia. Os itens necessários são os seguintes:

- delimitação e descrição completa das zonas e/ou regiões que formam a região em estudo.
- caracterização demográfica da região que deverá conter área, população, densidade demográfica e taxas de crescimento da população, além de estabelecer relações percentuais da região com respeito a regiões mais abrangentes, como por exemplo regiões de governo, estados e também com respeito ao país.
- levantamento do número de domicílios da região na data da análise, utilizando índices e/ou taxas de crescimento, de preferência a partir de dados censitários.
- Breve descrição sobre a economia da região, destacando os fatos mais relevantes, assim como também sobre o nível de vida de seus habitantes, especialmente uma descrição do nível de renda domiciliar, principal parâmetro no levantamento do número de coletores solares utilizados na presente metodologia. A seguir apresenta-se um fluxograma da caracterização sócio-econômica da região.

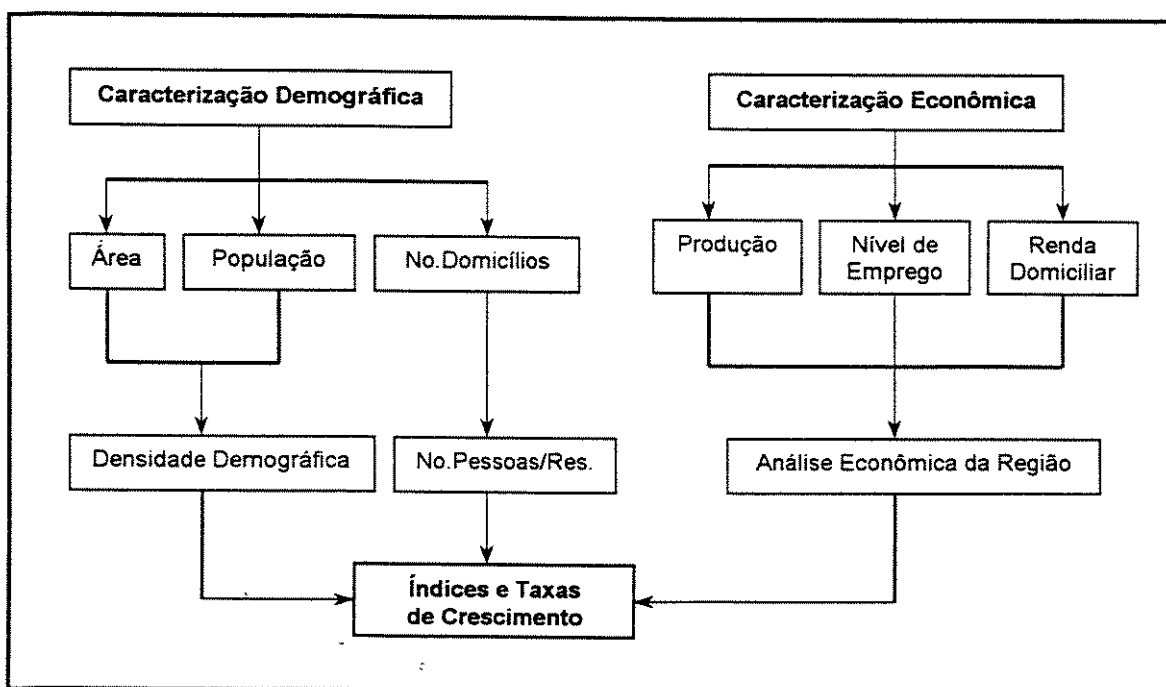


Figura 3.2 Fluxograma da caracterização sócio-econômica de uma região.

3.1.2 Conteúdo da Caracterização Climatológica da Região em Estudo

O objetivo fundamental da caracterização climatológica em estudo na presente metodologia, é conhecer a radiação solar da região, embora outros parâmetros climáticos também sejam importantes como por exemplo a temperatura média, máxima e mínima da região; o número de horas de sol e a nebulosidade são fatores determinantes para a radiação solar incidente na superfície; dias de chuva, quantidade de chuva e umidade relativa.

Para fins de aproveitamento da energia solar é suficiente conhecer esses parâmetros nas diferentes estações do ano. Finalmente pode-se apresentar uma caracterização gráfica da climatologia da região, mostrando os parâmetros fundamentais nas aplicações da energia solar que são a precipitação pluviométrica, a radiação solar, a nebulosidade e o número de horas de sol. Sugere-se fechar esta caracterização fazendo uma análise do consumo de energia elétrica residencial nas diferentes estações do ano.

3.2 Caracterização Sócio-econômica da Cidade de Campinas-SP.

A cidade de Campinas é a capital da Região de Governo, foi o primeiro município do interior Paulista a atingir a classe de tamanho de mais de 500 mil habitantes em 1980: 664 mil; em 1991 chegou aos 846.084 habitantes, número bastante inferior ao esperado pela administração municipal que estimava 1,2 milhão de habitantes em 1990. De fato, a emergência do espaço urbano-metropolitano na região já indicava que o Município-sede não alcançaria essa cifra [1].

Nos anos 20, aconteceu a crise do café que abriu espaço para que novas atividades econômicas se fizessem presentes na região. Pode-se dizer que a Região passou a se destacar, nos anos 30, com uma cultura bastante importante - o algodão - que propiciou um novo impulso de crescimento à região [39].

Já nos anos 50, a cana-de-açúcar passou a desempenhar papel relevante na economia regional que mantém até hoje (Tabela 3.1). Nesse período, a indústria de transformação caracterizava-se, basicamente, pela indústria de alimentos e têxteis [39], [40].

Na década de 60, foram implantadas nessa região grandes indústrias, tais como: de minerais não-metálicos, de metalurgia e farmacêutica. Nas últimas décadas, observa-se também que a indústria têxtil (vestuário) em Campinas foi ganhando peso com relação à produção do Estado, onde merecem destaque os Municípios de Americana, Nova Odessa e Santa Bárbara D'Oeste [40].

A partir dos anos 70, a Região de Governo de Campinas passou a se configurar como um dos eixos de expansão industrial do Estado. A desconcentração relativa da atividade industrial a partir da Região Metropolitana de São Paulo propiciou um acelerado crescimento econômico e populacional em direção à Campinas. Entretanto, uma das principais características da agricultura regional foi sua especialização nas culturas exportáveis e industrializáveis, como por exemplo a laranja, imprimindo um dinamismo econômico crescente à Região [1], [2].

Nos anos 80, apesar da crise econômica, a Região exibiu melhor desempenho que a Região Metropolitana de São Paulo, particularmente em função de sua diversidade agrícola [1], [2]

Hoje, a região se destaca tanto por seu diversificado parque industrial quanto por suas atividades agrícolas. O pólo de alta tecnologia de Campinas, com empresas ligadas à informática e microeletrônica e as Universidades, também tem desempenhado papel importante na produção industrial e desenvolvimento da região [1], [2], [39], [40].

A seguir a Tabela 3.1 apresenta a produção e área de rendimento do Município de Campinas no contexto da Região de Governo de Campinas e do Estado de São Paulo em 1992.

Produção e Área de rendimento do Município de Campinas, R.G. de Governo de Campinas e Estado de São Paulo, 1992

Tabela 3.1

R E G I Ã O	Município de Campinas		R.G. de Governo de Campinas		Estado de São Paulo.	
	Área ha	Produção ton.	Área ha	Produção ton.	Área ha	Produção ton.
CULTURAS						
Algodão	50	75	2.911	6.105	218.958	317.327
Arroz	200	360	6.145	14.894	189.518	337.012
Cana de açúcar	4.700	340.000	71.733	5.095.470	2.032.137	154.827.063
Feijão	-	-	1.050	1.280	321.506	259.497
Mandioca	200	2.500	2.867	77.070	24.581	595.637
Milho	2.050	120.000	20.760	77.817	1.337.060	3.462.363
Soja	-	-	1.230	2.484	465.501	841.835
Tomate	50	2.500	1.712	95.800	15.050	714.430
Café	1.052	1.440	6.749	8.095	225.641	187.115
Laranja	283	9.792	55.710	1.770.862	541.925	14.031.113
Olericulturas	45	888	769	18.440	39.069	723.594

Fonte: ECONOMIA-Região de Campinas, Prefeitura Municipal de Campinas, Sumário de Dados - No.2

Em destaque a produção de cana de açúcar, cultura importante na penetração do álcool e do bagaço-de-cana; e a laranja uma das principais culturas na indústria de transformação e importante produto de exportação.

A cidade de Campinas configura-se como uma das principais da região e do Estado de São Paulo, localizada a 100 Km da cidade de São Paulo. Campinas constitui o centro comercial, industrial e agrícola da região alocando importantes indústrias, centros de pesquisa de desenvolvimento tecnológico e universidades.

A seguir a Tabela 3.2 apresenta os índices de crescimento populacional do Município de Campinas no contexto regional, estadual e do Brasil, no período 1940/1991.

Taxas de Crescimento Populacional da Região de Campinas, R.A.C, Município de Campinas, da Região Sudeste, da Cidade de São Paulo e de Brasil em %, 1940/1991

Tabela 3.2

REGIÃO \ PERÍODO	1940/50	1950/60	1960/70	1970/80	1980/91
Brasil	2,34	3,17	2,76	2,48	1,93
Região Sudeste	2,08	3,26	2,52	2,64	1,76
Estado de São Paulo	2,44	3,57	3,20	3,49	2,12
Interior do Estado de SP.*	1,43	2,37	3,10	2,55	2,42
R.A.C.	0,78	2,90	3,10	4,41	2,91
R.G. de Campinas	1,53	4,59	4,74	6,21	3,39
Município de Campinas	1,62	3,70	5,54	5,86	2,22

Fonte: Fundação IBGE Censos Demográficos de 1940 a 1980. Resultados Preliminares do Censo de 1991.

* Interior: Conjunto dos municípios do Estado de São Paulo, exceto a Região Metropolitana de São Paulo.

Ao se analisar os dados do quadro acima, observa-se que a Região de Campinas e principalmente a cidade de Campinas começaram a ganhar espaço em nível regional, estadual e do país, a partir de 1950. Observa-se o destaque sobre as demais principalmente no período de 1970 a 1980 quando o crescimento populacional foi de 6,21% na Região de Campinas e de 5,86% na cidade de Campinas.

A Tabela 3.3 apresenta a evolução de população da Região de Campinas, do Município de Campinas e a sua densidade demográfica, no período compreendido entre 1983 e 1993.

População e Densidade demográfica do Município de Campinas, Região de Campinas e Região Administrativa de Campinas, 1983-1993

Tabela 3.3

Região	CAMPINAS		Região de Campinas		R.A.C.	
Área Km ²	890	Dens.Dem.	5.290	Dens.Dem.	27.079	Dens.Dem.
Ano	População	Hab/ Km ²	População	Hab/ Km ²	População	Hab/ Km ²
1983	709.121	797	1.545.391	292	3.483.989	129
1984	725.253	815	1.597.527	302	3.585.169	132
1985	741.587	833	1.651.533	312	3.689.409	136
1986	758.120	852	1.707.485	323	3.796.709	140
1987	774.845	870	1.763.466	333	3.905.163	144
1988	791.755	889	1.825.560	345	4.020.869	148
1989	808.842	908	1.887.837	357	4.137.913	153
1990	826.100	928	1.952.404	369	4.258.418	157
1991	843.516	947	2.019.329	382	4.382.452	162
1992	861.086	967	2.085.252	394	4.501.623	166
1993	873.612	981	2.151.174	407	4.620.794	171
Cr. * 83/93	19%	19%	28%	28%	25%	25%

Fonte: SEADE Perfil Municipal do Estado de São Paulo, 1993 e Anuário Estatístico do Estado de São Paulo de 1993, 1994

* Cr, Crescimento relativo 1983/93

O Município de Campinas apresenta um alto grau de urbanização com 97,33% em média; a Tabela 3.4 apresenta a população urbana e rural dos distritos e do Município de Campinas em 1991.

População Total, Urbana e Rural Distritos e Município de Campinas, 1991

Tabela 3.4

Distrito	População Urbana	População Rural	População Total	Grau Urb.%	Total Homens	Total Mulheres
Campinas	758.790	17.906	776.696	97.69	381.261	395.435
Joaquim Egídio	1.152	1.691	2.843	40.52	1.512	1.331
Sousas	9.159	617	9.776	93.69	4.908	4.868
Nova Aparecida	16.384	431	16.815	97.44	8.317	8.498
Barão Geraldo	38.173	1.935	40.108	95.17	19.914	20.194
Município	823.658	22.580	846.238	97,33	415.911	430.326

Fonte: Fundação IBGE. Resultados preliminares do Censo de 1991.

A cidade cresceu rapidamente num período de dez anos. A proliferação de favelas foi a consequência do déficit habitacional do Município, estimado em cerca de 60.000 mil habitações em 1992 [1], um dos maiores problemas atuais de Campinas.

Na seguinte tabela apresentamos as condições dos domicílios particulares da cidade de Campinas desde 1970 até 1991.

Condição dos Domicílios Particulares do Município de Campinas, 1970/1991

Tabela 3.5

Ano	Domicílios Ocupados	Uso Ocacional	Domicílios Fechados	Domicílios Vagos	Total
1970	78.516	0	834	6.477	85.827
1980	154.464	1.185	952	15.932	172.533
1991	223.896	5.845	163	22.951	252.855
Cr.70/80*	49%	-	12%	59%	50%
Cr.80/91	31%	80%	- 83%	30%	31%

Fonte: Fundação IBGE.Censos Demográficos de 1970 e 1980;
Resultados Preliminares do Censo de 1991.

* Crescimento relativo ou decrescimento no período 1970/1980

Em destaque o crescimento relativo de domicílios no período 1970/80 que foi de 50% e baixou até 31% no período 1980/91.

A seguinte tabela apresenta os níveis de renda média domiciliar na cidade de Campinas do censo demográfico de 1980.

Renda Média Domiciliar do Município de Campinas

Tabela 3.6

Faixas de Renda (Em salários mínimos)	População Total	População Total, %	No.Total de Domicílios	Total de Dom. (%)
Mais de 1 até 3	42.232	6,36	8.233	5,36
Mais de 3 até 5	159.867	24,07	34.195	22,11
Mais de 5 até 10	310.271	46,71	73.182	47,32
Mais de 10 até 20	126.369	19,03	33.281	21,52
Mais de 20	23.750	0,25	5.699	3,68
Sem informação	1.692	3,58	13	0,01
T o t a l	664.181	100	154.653	100

Fonte: Fundação IBGE, Censo Demográfico de 1980. Citado por Bajay e Barone, 1992

Na cidade de Campinas aproximadamente 70% da população pertence à classe média (sua renda oscila entre 3 e 10 S.M.); mais ou menos 7% pertence à classe média baixa (baixa renda, < 3 S.M.); 19% pertence à classe média alta (a renda oscila entre 10 e 20 S.M.) e apenas um 0,25% pertence à classe alta (alta renda, > 20 S.M.), sob a óptica do nível de renda.

3.3 Caracterização Climatológica de Campinas

Utilizando os resultados de 30 anos de observações (1961-1990), fornecidos pelo Instituto Agrônomo de Campinas, foi possível elaborar a Tabela 3.7 que apresenta um resumo das principais características do clima da região em torno de Campinas.

Para uma melhor utilização desses dados em aplicações de uso e aproveitamento da energia solar, dividiu-se a tabela em estações do ano: Verão (jan, fev, mar), Outono (abr, mai, jun), Inverno (jul, ago, set), e Primavera (out, nov, dez); os dados dos meses assim escolhidos foram homogêneos e as médias foram calculadas através da média ponderada. Quanto aos dias de chuva, a média foi de 5 dias nos meses de Inverno e Outono e de 13 dias nos meses de Verão e Primavera, assim como, 1381,2 mm a quantidade total de chuva, média anual do período analisado.

Campinas está situada nos trópicos, a 22° 54' de latitude Sul, 47° 5' de longitude Oeste a uma altitude de 674 m com 705 mmHg de pressão atmosférica média.

**Clima de Campinas e Região segundo as estações do ano
Normais climatológicas- 1961 a 1990**

Tabela 3.7

	Estação:	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Média ou
Magnitude	Unidade	jan,fev,mar	abr,mai,jun	jul,ago,set	out,nov,dez	Total Anual
Radiação solar	MJ/m ²	21,5	16,4	17,4	21,7	20,5
T.média	°C	23,1	19	18,8	22	20,7
T.máxima	°C	29,4	25,7	26	28,3	27,3
T.mínima	°C	18,8	14,3	13,3	17,3	15,9
horas de sol	horas/dia	6,9	7,6	7,7	6,9	7,2
Vel.do vento (1)	m/s	1,7	1,6	2,3	2,4	2
nebulosidade	(0 - 10)	5,8	3,9	3,6	5,6	4,7
dias de chuva	Total	44	17	15	37	111*
chuva	Total,cm.	19,3	6,2	4,7	16	138 **
umidade relat.	%	76,7	73,8	66	72,1	72,1
No.de dias	dias	90	91	92	92	365

Fonte: Elaboração própria (dados do I.A.C.)

(1) Direção predominante do vento de janeiro a dezembro: SE.

* 30% a.a.

** Quantidade de chuva total anual, em cm, média entre 1961-1990

A radiação solar média diária da cidade de Campinas é de 20,5 MJ/m², bem maior que Gana na África (lat. 5° e 11° N, 30° W e 1° E) que apresenta uma radiação média diária de 15,09 MJ/m² e menor apenas em zonas especiais como, por exemplo, Botsuana - África, localizada entre 18° e 27° latitude Sul, cujo valor é, em média, 21,8 MJ/m²

Em Campinas, os Verões são quentes e chuvosos e os invernos são secos e frios, embora não haja temperaturas extremas; máxima 27,3°C, mínima 15,9°C e média de 20,7°C (médias anuais no período 1961-1990). Segundo os registros do I.A.C., em Maio de 1979 e Julho de 1981 registrou-se uma temperatura mínima absoluta de 0,2°C, enquanto que em Setembro de 1961 registrou-se uma temperatura máxima absoluta de 37,8°C.

Em média, o mês de Julho registra baixa radiação solar, 14,3 MJ/m², embora apresente baixa nebulosidade: 3,5/10. A máxima radiação registra-se no mês de Novembro com 22,7 MJ/m² e nebulosidade 5,4/10. O mês mais chuvoso do ano é Janeiro, com 240,2 mm. em média (no Verão), e o menos chuvoso é Julho com 36,8 mm, em média (no Inverno). Embora os meses de Julho e Agosto apresentem baixo nível de radiação solar, apresentam também um máximo de horas de sol com um valor de 8 horas cada um deles, fato que se constitui numa vantagem evidente para aplicações da energia solar (Figura 3.3).

A seguir, apresenta-se uma caracterização gráfica da climatologia da cidade de Campinas.

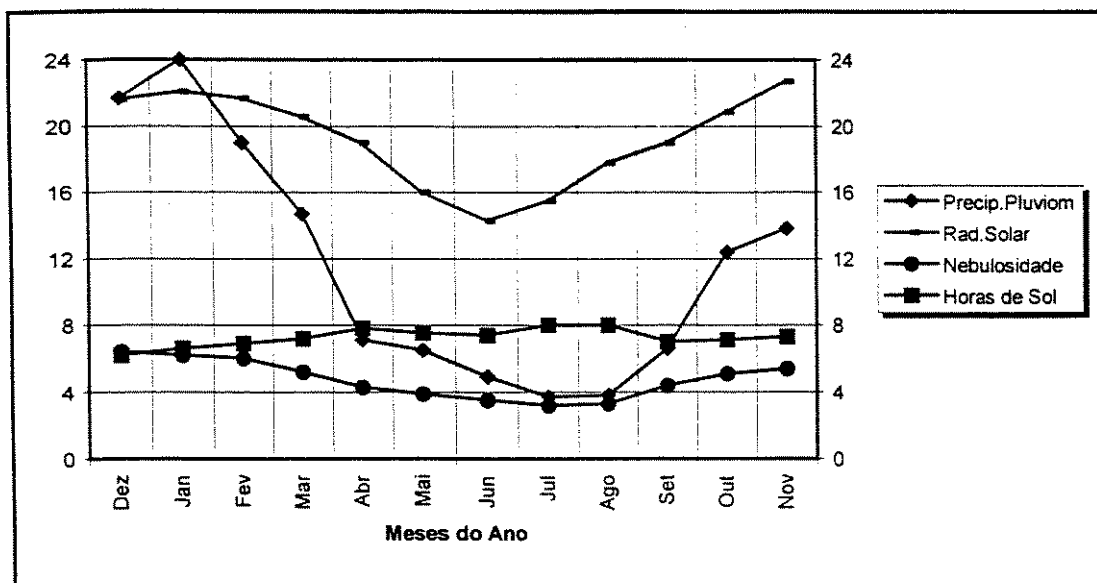


Figura 3.3 Caracterização gráfica do clima de Campinas

Precipitação Pluviométrica: média anual mensal¹, em **cm**

Radiação Solar: média anual diária, em **MJ/m²**

Nebulosidade: média anual diária, escala de **0-10**

Horas de Sol: média anual diária, em **horas**

3.3.1 Consumo Residencial de Eletricidade Segundo as Estações do Ano

A finalidade principal neste caso é verificar o comportamento do consumo residencial de energia elétrica do município de Campinas no período 1983/1993, nas diferentes estações do ano (Tabela 3.8).

Consumo Residencial de Energia Elétrica Segundo as Estações do Ano, em MWh

Tabela 3.8

ANO	VERÃO	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	Média das Est.
1983	88.550	93.679	100.119	96.618	94.742
1984	97.923	98.664	101.936	103.097	100.405
1985	100.884	106.931	105.383	109.039	105.559
1986	106.373	110.475	112.689	112.801	110.585
1987	115.226	116.135	121.168	118.692	117.805
1988	120.996	124.935	126.228	127.535	124.924
1989	125.549	134.722	140.803	133.058	133.533
1990	134.357	144.171	148.594	150.775	144.474
1991	162.218	154.685	148.251	161.581	156.684
1992	162.047	160.416	165.048	164.147	162.915
1993	168.746	167.821	169.550	164.480	167.649
MÉDIA 83/93	125.715	128.421	130.888	131.075	129.025

Fonte: Elaboração própria (dados da CPFL)

¹ A média anual diária fica fora da escala.

Verifica-se que no período 1983/1993, em média o Verão e Outono registraram menor consumo de eletricidade em relação ao consumo médio das estações; no entanto, nota-se que nos últimos anos existe uma tendência de nivelar este consumo. Quanto ao Inverno e Primavera, registram maior consumo em relação à média das estações.

No Verão de 1991 registrou-se um novo patamar para o consumo de eletricidade em relação à média das estações, fato que pode ser devido ao incremento na aquisição de aparelhos elétricos como ventiladores, condicionadores de ar, etc. (Figura 3.4)

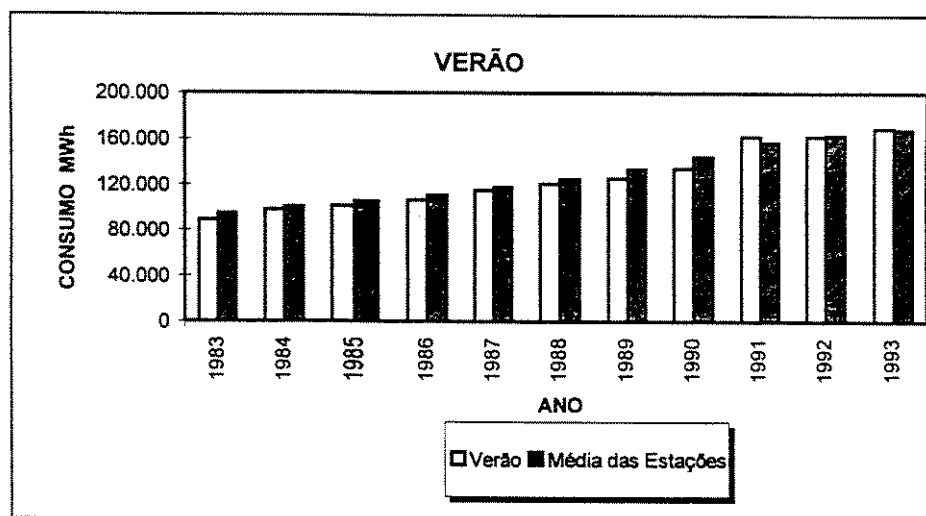


Figura 3.4 Consumo residencial de eletricidade no Município de Campinas 1983/1993. **Fonte:** CPFL

No Outono, período de Abril a Maio, o consumo de energia elétrica no município de Campinas é quase o mesmo que a média das estações (Figura 3.5), podendo-se dizer, então, que esta é uma estação muito regular quanto ao consumo de eletricidade.

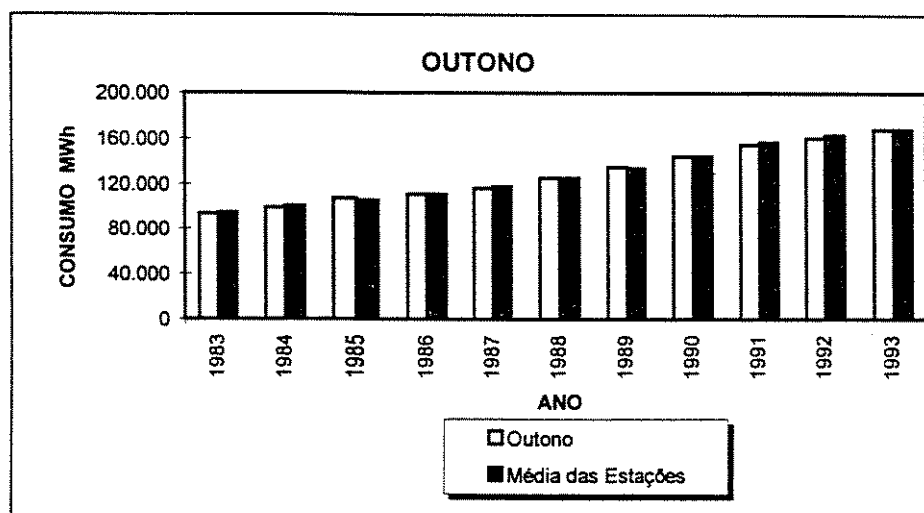


Figura 3.5 Consumo residencial de eletricidade no Município de Campinas 1983/1993. **Fonte:** CPFL

Quanto ao Inverno, período de Julho a Setembro, só em 1991 registrou-se um consumo menor que a média das estações. (Figura 3.6). Tem-se que lembrar que na região de Campinas, os invernos são, em geral, secos e não são rigorosos.

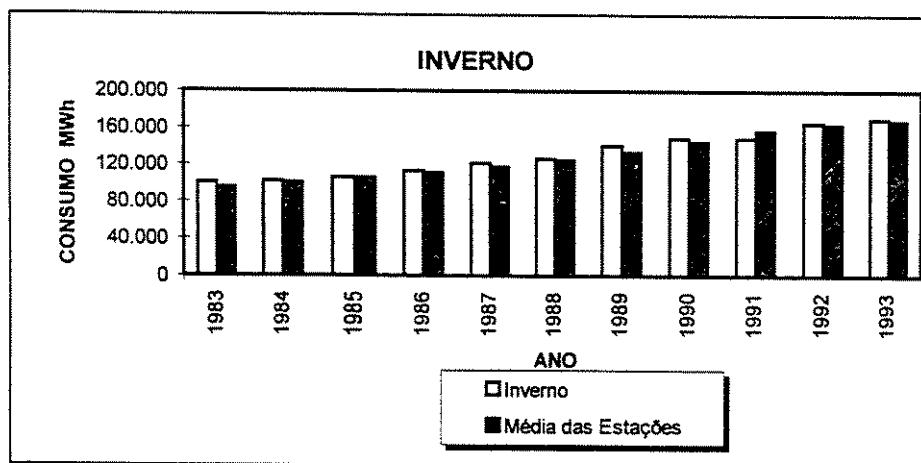


Figura 3.6 Consumo residencial de eletricidade no Município de Campinas 1983/1993. Fonte: CPFL

Finalmente, na Primavera, período de Outubro a Dezembro, a demanda de energia elétrica tem sido igual ou maior até 1991 e decresceu a partir de 1992. (Figura 3.7)

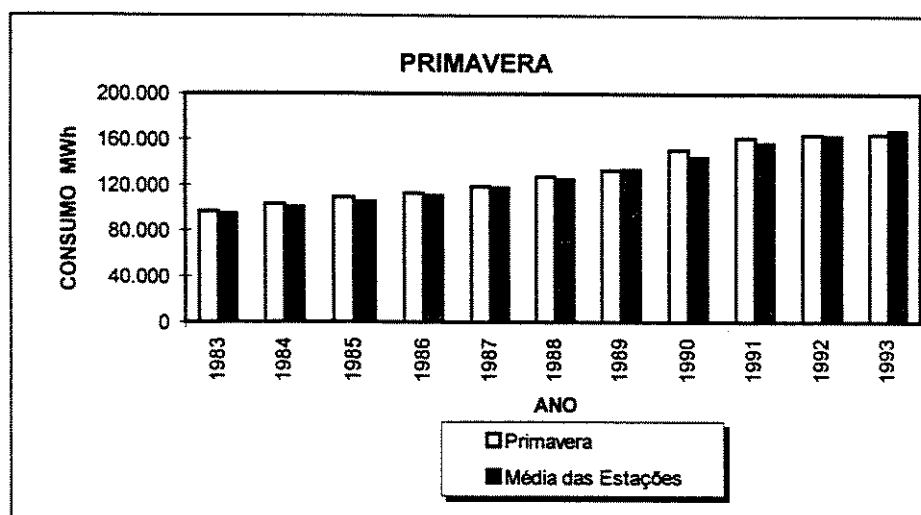


Figura 3.7 Consumo residencial de eletricidade no Município de Campinas 1983/1993. Fonte: CPFL

Todos esses resultados apresentados anteriormente, caracterizam o consumo residencial de energia elétrica residencial na cidade de Campinas nas diferentes estações do ano e podem servir de base para estudos de planejamento energético regional, quanto ao uso

de fontes renováveis de energia em geral, de energia solar em particular. Em nosso caso, esses resultados servem para conhecer as características do consumo de eletricidade residencial da região em estudo que ajudem a levantar as hipóteses coerentes junto com os objetivos do presente trabalho.

3.4 Elaboração de Questionários. Coleta, Tabulação e Apuração de Dados

O mercado, e por conseguinte as características do uso de coletores solares planos para aquecimento de água residencial, pode ser melhor conhecido aplicando-se questionários para cada setor envolvido: fabricantes, distribuidores e consumidores.

3.4.1 Plano na Elaboração dos Questionários

O plano utilizado na elaboração dos questionários contém os seguintes itens:

- forma e/ou método para perguntar as pessoas e que inclui diretrizes aos pesquisadores;
- preparação e elaboração dos questionários;
- experimentação do questionário;
- coleta e apuração da informação;
- apresentação de resultados;
- análise de resultados.

Quanto à forma e/ou método para perguntar as pessoas tem-se que estudar as características próprias de cada setor envolvido, principalmente o grau cultural das pessoas que serão pesquisadas.

Os questionários precisam ser elaborados para cumprir o objetivo fundamental que é o de obter o máximo de informações com um mínimo de erros e despesas. Um questionário bem elaborado deve ser completo, concreto, secreto e discreto [26]. Assim, na elaboração dos questionários tem-se que definir as informações que se procuram, traduzir em questões essa informação e distribuir as mesmas no questionário, lembrando que basicamente as questões devem despertar o interesse, ser explícitas, ser facilmente compreensíveis e suscitar respostas não tendenciosas.

Elaborado o questionário, ele precisa ser testado previamente. Isso permite corrigir e/ou completar-se as perguntas que não estão claras ou aquelas que ficaram fora e que precisam ser incluídas. O teste prévio também permite pôr o questionário nos termos mais adequados para os entrevistados. Um pré-teste com cinco entrevistas é suficiente para “ajustar” o questionário.

Para conhecer as características da fabricação de coletores solares foi desenvolvido o questionário apresentado no Anexo 3.1. O Anexo 3.2 apresenta o questionário que foi desenvolvido para conhecer aspectos da distribuição de coletores solares para aquecimento de água residencial, e o Anexo 3.3 apresenta o questionário para os consumidores desses aparelhos.

Na elaboração dos questionários procurou-se obter os melhores resultados com o mínimo de perguntas. Utilizou-se perguntas “tipo filtro” o que permite verificar a veracidade das respostas (veja-se por exemplo as perguntas No.14 e No.16 do distribuidor, No.4 e No.7 e ainda No.5 e No.8 do consumidor). Utilizou-se também “informação cruzada” entre os questionários do fabricante, distribuidor e consumidor quanto às perguntas relacionadas com os custos e qualidade dos equipamentos para ter maior certeza nas respostas.

Quanto à localização geográfica e número de entrevistados tem-se que desenvolver e aplicar técnicas de amostragem. No Apêndice A apresenta-se as principais características da Amostragem Aleatória Estratificada, AAE, assim como uma aplicação para nossa pesquisa do uso de coletores solares na cidade de Campinas. Acredita-se que neste tipo de pesquisas a AAE seja a mais apropriada [7].

3.4.2 Alguns Resultados da Aplicação de Questionários na Fabricação, Distribuição e Utilização de Coletores Solares Planos na Cidade de Campinas.

As análises que se apresentam neste parágrafo quanto às famílias entrevistadas que possuem *coletores solares* (consumidores), só podem ser considerados como casos particulares e/ou exemplos específicos pelo fato de que o número de entrevistas² foi muito pequeno e não representa as características de consumo médio da população que possui esses sistemas. Para os outros dos setores envolvidos (fabricantes e distribuidores), acredita-se que a informação apresentada seja um tanto mais coerente pelo fato de que eles apresentam características semelhantes quanto a tecnologia de equipamentos, política de vendas³, etc.

O procedimento normal nesta etapa, exige uma tabulação de dados especialmente nas perguntas cujos resultados são quantitativos, mas pelo indicado anteriormente, esse não é nosso caso e os resultados apresentados a seguir deverão tomar em conta esse fato.

3.4.2.1 Fabricantes

A maioria de fabricantes de *coletores solares* planos para aquecimento de água residencial são também distribuidores, e na cidade de Campinas e região representam quase uma dúzia, como pode ser visto no anexo (Anexo 3.4).

Esta pesquisa sugere que alguns dos principais fabricantes da região têm uma capacidade instalada para a fabricação de 2.000 placas/ano de $(1 \times 2) \text{ m}^2$ de superfície⁴ com um custo médio de aproximadamente US\$ 50/ m^2 de coletor (somente placas).

A fabricação de 2.000 placas/ano garante uma distribuição de cerca de 20 sistemas de aquecimento solar de água residencial por mês na região de Campinas.

² Cerca de 40 entrevistas embora somente uma de cada cinco-seis foram representativas.

³ Por exemplo todos os distribuidores tem a mesma política quanto ao preço e forma de pagamento dos equipamentos.

⁴ Na pratica, a maioria de placas apresentam dimensões pouco menores que 2 m^2 de superfície, a pesquisa mostrou que o usual é encontrar placas de $1,8 \text{ m}^2$ de superfície.

Portanto, sem contar com os fabricantes da cidade de São Paulo e interior, os fabricantes da cidade de Campinas e região, (Anexo 3.4) podem colocar no mercado algo em torno de 1.440 sistemas de aquecimento solar de água/ano⁵, o que equivale a 5.760 placas solares/ano, isto é, quase 10.000 m² de superfície.

Os principais fabricantes de *coletores solares* planos para aquecimento de água residencial têm previsões para investir em novas tecnologias que permitam aumentar a produção caso seja necessário, mas não tem previsões para investir em novas tecnologias que permitam melhorar o rendimento térmico dos *coletores solares*. Isso ocorre porque não existe concorrência forte no mercado.

Finalmente, quanto à fabricação de *coletores solares* planos, praticamente não existe importação de matéria prima.

3.4.2.2 Distribuidores

Quanto a distribuição, estima-se que, em média, os principais distribuidores colocam atualmente nas residências em construção cerca de 15 sistemas solares de aquecimento de água residencial por mês⁶, o que equivale a 180 sistemas/ano a um custo total instalado que varia na faixa de R\$ 1.500 a R\$ 1.800⁷. Esse preço mostra-se razoável comparado com o custo total de uma residência de alto padrão que supera os R\$ 150.000.

Um outro fato importante é que os distribuidores de aquecedores solares distribuem também aquecedores de água residencial a gás e aquecedores elétricos⁸, sendo que, para cada 100 sistemas de aquecimento de água, 79 são a gás, 20 são solares e só um é elétrico [24].

Sistemas de aquecimento de água elétricos são instalados quando não é mais possível instalar um outro sistema.

O custo total de um sistema de aquecimento a gás é 50% menor que o sistema de aquecimento solar, e cerca de 15% maior que o sistema elétrico (boiler), fato importante na decisão final da aquisição do sistema.

Possível Política de Custos de Aquecedores Solares em Campinas-SP.

Tabela 3.9

Tipo de Aquecedor	A Gás	Solar	Elétrico (boiler)
Custo médio instalado em R\$*	750	1.500	600
Sistemas instalados, %	79%	20%	1%

Fonte: Incerpi P. Comunicação Pessoal.

* 1 R\$ = 0,987 US\$ (Março de 1996)

⁵ Estimativa: 1.440 sistemas/12 meses = 120 sistemas; 120 sistemas/6 fabricantes = 20 sistemas

⁶ Cifra que deveria ser contrastada com pesquisas mais elaboradas.

⁷ No caso que o consumidor coloca um reservatório adicional de água.

⁸ Fato que não é difícil imaginar por quanto os aquecedores solares ainda não possuem grande penetração no mercado.

Os sistemas de aquecimento solar de água têm entre 3 e 5 anos de garantia dependendo do distribuidor. Uma vez instalados e testados, os equipamentos precisam muito pouco ou nenhuma manutenção e nenhuma assistência técnica⁹ [24].

Atualmente, com uma economia relativamente estável, os fabricantes dão abatimentos especiais para os distribuidores e estes dão também abatimentos especiais para o consumidor final, geralmente nas formas de pagamento: 10% de desconto à vista ou pagamento em parcelas.

Os distribuidores praticamente não registraram casos de devolução dos equipamentos, mas sim reclamações por má instalação. O índice de reclamações é menor quanto maior é a experiência de trabalho dos distribuidores em instalação de aquecedores solares.

Finalmente, quanto à distribuição, 99% dos sistemas de aquecimento solar de água são instalados em residências, chácaras e sítios em construção e só 1% em residências já construídas, isso devido ao fato das construções ter somente um tipo simples de encanamento.

3.4.2.3 Consumidores

Quanto aos consumidores entrevistados através do questionário, praticamente todos eles manifestaram que os principais motivos que os levaram a adquirir um sistema de aquecimento solar foram a economia de energia elétrica e a proteção ao meio ambiente.

Nem todos os entrevistados conseguem avaliar a economia percentual de energia elétrica pelo uso de sistemas de aquecimento solar de água, mas aqueles que conseguiram indicaram ter uma economia que oscila entre 30 a 40%.

Por exemplo, numa residência do bairro Cidade Universitária, que possui um coletor solar desde finais de 1995, consumiu em Dezembro de 1994, antes de adquirir um sistema de aquecimento solar de água, 416 kWh e só 229 kWh em Dezembro de 1995 com o sistema solar instalado, o que representa cerca de 45% de economia de energia elétrica. Apresentou também um consumo médio (de três meses) de 466 kWh antes de adquirir o sistema solar, frente a 334 kWh depois de instalado o sistema, o que representa aproximadamente 30% de economia de eletricidade. Nesse caso houve um aproveitamento adicional da água aquecida sem energia elétrica que não foi registrado na conta de luz (devido ao fato de a água quente estar sendo aproveitada de outras formas, como por exemplo, no aumento do tempo dos banhos, máquina de lavar roupas, etc.).

Finalmente, quanto aos consumidores, atualmente, na cidade de Campinas, é comum o uso de aquecedores solares de 3 e 4 placas com uma superfície de 6; 7,2 e 8 m²/residência¹⁰, respectivamente [24].

⁹ Esta informação obtida através de um dos principais distribuidores da cidade de Campinas foi contrastada com algumas entrevistas realizadas no bairro Cidade Universitária da referida cidade.

¹⁰ Cifra contrastada com pesquisa de campo. Nota: 4 placas de 1,8 m² = 7,2 m².

3.4.3 Análise Econômica da Energia Elétrica Anual Evitada pelas Famílias Entrevistadas no Uso de *Coletores Solares* na Cidade de Campinas-SP.

As análises que serão feitas a seguir se baseiam em *entrevistas particulares* realizadas a famílias específicas. Portanto, dos resultados apresentados não se pode inferir padrões de consumo. Pois de famílias que tenham o mesmo número de pessoas, não necessariamente possuem um nível de vida semelhante (baseado no nível de renda).

Para conhecer a economia de energia elétrica das famílias entrevistadas no bairro Cidade Universitária da Cidade de Campinas, pelo uso de aquecedores solares, analisou-se através dos questionários o consumo de eletricidade na conta de luz. Os resultados só servem para essas famílias como casos específicos, como antes mencionado.

3.4.3.1 Estudo de Caso do Consumo de Eletricidade de uma Família que possui um Aquecedor Solar de Água.

A família A de cinco pessoas mora no bairro Cidade Universitária e possui um aquecedor solar plano tipo termo-sifão e a família B formada também por cinco pessoas e que mora no mesmo bairro, não possui um sistema solar de aquecimento de água. Uma hipótese fundamental é supor que, na presente análise, as duas famílias entrevistadas têm o mesmo padrão de vida (baseado no nível de renda) e por conseguinte, o mesmo *padrão de consumo* de energia elétrica. A tabela a seguir apresenta o consumo das duas famílias

Consumo de uma Residência de 5 Pessoas com e sem Aquecedor Solar no Bairro Cidade Universitaria, Campinas-SP. 1995-1996

Tabela 3.10

Mês	Res. A (com C.S) Consumo, kWh	Res. B (sem C.S) Consumo, kWh	B - A kWh	Economia Percentual* %
Janeiro/1996	450	894	444	50
Fevereiro/1996	529	721	192	27
Março/1995	522	688	166	24
Abril/1995	584	736	152	21
Maio/1995	532	853	321	38
Junho/1995	701	742	41	6
Julho/1995	528	777	249	32
Agosto/1995	538	853	315	37
Setembro/1995	591	721	130	18
Outubro/1995	569	823	254	31
Novembro/1995	474	818	344	42
Dezembro/1995	598	818	220	27
Média	551	787	236	30%

* Cifras inteiras

NOTA: Este é um caso particular e somente deve ser tomado como um exemplo específico.

Mesmo com certa dispersão nas cifras, a economia média mensal da família A é da ordem de 30% em relação à família B, como mostrado na tabela acima.

A homogeneidade no consumo de eletricidade das duas famílias pode ser observado através do consumo do mês de Junho no inverno, onde existe uma queda do coletor solar, mesmo assim, ainda apresenta uma poupança de energia elétrica que varia entre 5 e 10% se comparada com a residência que não possui um sistema solar de aquecimento de água.

3.4.3.2 Análise do Consumo de Energia Elétrica de Famílias de Duas, Três, Quatro, Cinco e Seis Pessoas que possuem um *Coletor Solar Plano* para Aquecimento de Água.

A seguinte análise sugere que alguns aquecedores solares utilizados poderiam estar super-dimensionados¹¹, apresenta-se então uma sugestão -para essas famílias específicas- do novo dimensionamento. A tabela a seguir apresenta o consumo de eletricidade das famílias mencionadas entre março de 1995 e fevereiro de 1996.

Consumo Mensal das Famílias Específicas Entrevistadas que usam Aquecedor Solar em Cidade Universitária. Consumo em kWh/mês

Tabela 3.11

mês	Duas Pessoas	Três Pessoas	Quatro Pessoas	Cinco Pessoas	Seis Pessoas
Março /1995	262	309	415	522	584
Abril/1995	258	284	466	584	685
Maió/1995	226	340	277	532	758
Junho/1995	232	334	388	701	1253
Julho/1995	258	303	377	528	776
Agosto/1995	243	345	447	538	786
Setembro/1995	241	282	374	591	831
Outubro/1995	248	321	399	569	796
Novembro/1995	244	280	487	474	692
Dezembro/1995	238	261	509	598	585
Janeiro/1996	270	212	397	450	580
Fevereiro/1996	279	285	382	529	485
Consumo Total	2.999	3.556	4.918	6.616	8.811
Média	250	296	410	551	734
Média /Pessoa	125	99	102	110	122

Valores inteiros

NOTA: O quadro acima deve ser tomado somente como um exemplo particular.

O consumo médio/pessoa é 112 kWh para famílias de duas até seis pessoas com pouca dispersão, sendo que a família de cinco pessoas está mais perto desse valor. A Figura 3.8 a seguir apresenta uma caracterização gráfica desse consumo.

¹¹ Supondo que todas as famílias possuam *coletores solares* de 7 m² em média.

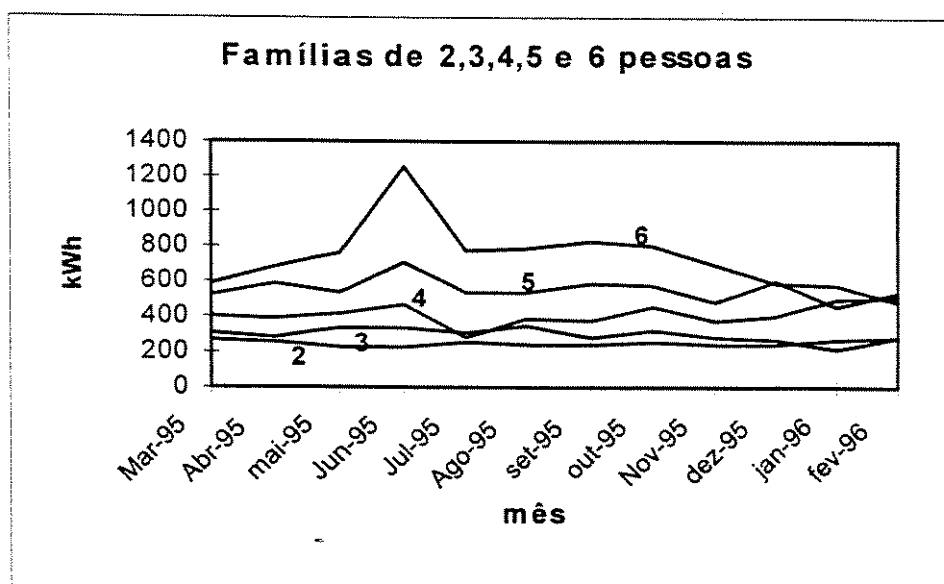


Figura 3.8 Consumo de eletricidade das residências estudadas que possuem aquecedores solares no bairro Cidade Universitária da cidade de Campinas-SP. Março/1995 - Fevereiro/1996.

O patamar no consumo do mês de Junho se explica pelo fato do coletor sofrer uma queda. A família com seis pessoas informou que, neste mês Junho “esqueciam” o chuveiro ligado como quase sempre acontece com o *coletor solar* funcionando normalmente.

A família de duas pessoas apresenta um consumo relativamente estável durante todo o ano. A família de três pessoas apresenta pequenos patamares nos meses de Maio, Agosto e Outubro e o mesmo pode-se dizer da família de quatro pessoas, no entanto a família de cinco pessoas apresenta patamares no consumo nos meses de Fevereiro, Setembro e Dezembro.

Para avaliar o tempo de retorno do investimento no sistema solar de aquecimento de água, utilizam-se os princípios básicos da engenharia econômica (Anexo 3.6).

Atualmente, a tarifa residencial padrão da pesquisa é de 0,101 R\$/kWh¹², o custo total do investimento em um coletor solar é de R\$ 1.500. A vida útil dos *coletores solares*, sem perder as suas características e rendimento térmico, é considerada na presente análise em 12 anos.

A família de seis pessoas apresenta um tempo de retorno de 10 anos; a família de cinco pessoas (Família A), apresenta um tempo de retorno do investimento de 20 anos; e as famílias de duas, três e quatro pessoas, na prática, não têm tempos de retorno¹³.

Tomando como base uma economia de energia elétrica da ordem de 30%¹⁴, é possível inferir o aproveitamento em termos de energia elétrica economizada, dos *coletores solares* utilizados pelas famílias em estudo.

¹² 10 US¢ / kWh.

¹³ Não recuperam o investimento de R\$ 1.500 no *coletor solar* de 7 m² de superfície.

Nos cálculos tomou-se a área do *coletor* como 7 m^2 para todas as residências¹⁵, nesse caso, os resultados podem ser interpretados como um “super-dimensionamento” dos sistemas, especialmente das famílias estudadas de duas, três e quatro pessoas. Os resultados numéricos são apresentados na seguinte tabela.

**Área Ótima dos *Coletores Solares* nas Residências Estudadas
em Termos de Energia Elétrica Economizada.**

Tabela 3.12

Família No. de Pessoas	Cons. mensal com C.S, kWh	Economia* kWh	Aproveitamento %	Área Ótima do C.S. m^2	Capacidade** Ótima (litros)
Duas	250	75	36	2,5	160
Três	296	89	42	3,0	200
Quatro	410	123	59	4	260
Cinco	551	165	79	5,5	360
Seis	734	220	100	7	450

* 30% em média

** do Reservatório de água com 65 litros/m^2 de *coletor solar*.

A Tabela acima indica que a família de duas pessoas só aproveitam 36% da energia térmica do *coletor solar*, enquanto que a família de seis pessoas aproveitam 100% a energia térmica fornecida pelo *coletor*.

O dimensionamento na área do sistema solar de aquecimento e na capacidade do reservatório de água apresentada acima, poderia ser tomado como modelo para aquelas famílias que apresentem o mesmo padrão de consumo. Acredita-se que a grande maioria das residências que possuem *coletores solares* tenham sistemas dimensionados em forma adequada, embora não se dispõe de informação suficiente para ter certeza dessa afirmação, pelas próprias limitações da presente pesquisa que trabalhou com um número muito pequeno de entrevistas.

3.5 Levantamento do Número de Coletores Solares e Potencial de Conservação de Energia Elétrica pelo seu Uso.

Para levantar o número aproximado de *coletores solares* planos para aquecimento de água residencial que existem em uma região, utiliza-se técnicas de amostragem, em particular a amostragem estratificada que permite conhecer as características próprias de cada setor e/ou segmento da região em estudo.

¹⁴ Tabela 3.10

¹⁵ Média entre *coletores solares* de 6 e 8 m^2 de superfície (3 e 4 placas de 2 m^2 respectivamente) ou de *coletores solares* de $7,2 \text{ m}^2$ de superfície (4 placas de $1,8 \text{ m}^2$).

O número de sistemas de aquecimento é função do número d de domicílios da região, do índice μ de utilização e do índice r de renda¹⁶. Deste modo, o número de *coletores solares* é dado por:

$$N = \mu \cdot r \cdot d \quad (3.1)$$

O índice r de renda, que pode ser inferido a partir de dados censitários, se aplica pelo fato de que até a data da pesquisa (finais de 1995), nas regiões do Brasil, os sistemas solares só atingirão faixas de renda alta (> 20 S.M.), devido principalmente ao custo relativamente alto dos coletores solares (200 - US\$ 250/m² de *coletor* instalado) e pelas baixas tarifas subsidiadas de energia elétrica, que nos últimos anos¹⁷, oscilou na faixa de 50 - 65 US\$/MWh para consumidores residenciais.

O índice μ de utilização é avaliado através de técnicas de amostragem e tem a ver com as características sócio-econômicas próprias de cada região em estudo, portanto devem utilizar-se hipóteses consistentes para sua análise.

O número d de domicílios da região em estudo deve ser no possível, projetado a partir de dados censitários.

Por outro lado, a potência elétrica P evitada pelo uso dos *coletores solares* é função¹⁸ do número N de sistemas de aquecimento, da superfície média S em m² e do seu rendimento térmico médio η em KWh/m²dia. Por conseguinte:

$$P = 0.365 \cdot \eta \cdot S \cdot N \quad [MWh/ano] \quad (3.2)$$

Para levantar o número aproximado de *coletores solares* para aquecimento de água residencial na cidade de Campinas, utilizou-se a técnica estratificada de amostragem, que permitiu conhecer o percentual aproximado de residências de alto padrão, que possui um sistema de aquecimento solar (índice μ) (Vide Apêndice A). O número d de domicílios até finais de 1995 foi estimado a partir de dados censitários, assim como também o índice de domicílios que pertencem a famílias de alta renda.

Para conhecer o índice μ de utilização de *coletores solares* tem-se como hipóteses fundamentais as seguintes:

- Os *coletores solares* estão espalhados em forma aleatória e uniformemente distribuída nos bairros residenciais de classe média alta e neste trabalho correspondem a Cidade Universitária e Nova Campinas.
- as residências que não possuem pelo menos um aparelho telefônico dificilmente possuem um coletor solar para aquecimento de água (a pesquisa foi feita através do telefone).

Depois de obter os nomes das ruas e avenidas dos bairros residenciais Cidade Universitaria (65) e Nova Campinas (15) utilizando mapas da cidade, procedeu-se então a

¹⁶ $N = N(d, \mu, r)$

¹⁷ Até finais de 1994.

¹⁸ $P = P(N, S, \eta)$

“**elaborar**” uma lista de endereços e telefones através da lista telefônica da TELESP de 1994, última disponível na data da pesquisa. Esta lista teve que ser elaborada pelo fato de ela não estar disponível na TELESP¹⁹ (Anexo 3.5)

Com a lista de telefones por endereços dos bairros antes mencionados, pesquisou-se através do telefone o uso ou não de aquecedor solar de água na residência.

Encontrou-se que a melhor hora para pesquisar por telefone é no horário entre as 18:45 às 20:45 horas de segunda a sexta feira. Durante a pesquisa apresentaram-se as seguintes dificuldades:

- desconfiança das pessoas na hora da ligação, especialmente ao escutar uma voz masculina, fato que passou a ser menor em porcentagem quando a ligação era feita por uma mulher²⁰;
- atendimento do telefone por parte de crianças atrapalhou a pesquisa (20%);
- desconhecimento do aparelho objeto da pesquisa. Nesse caso, o pesquisador tem que explicar o que é um *coletor solar* (50%);
- as pessoas pesquisadas achavam que o(a) pesquisador(a) era um(a) vendedor(a) daqueles aparelhos (25%);
- algumas pessoas se recusaram a responder à pesquisa (3%).

O universo U da pesquisa foi formado por 2.320 residências que possuíam telefone, 1.570 (67%) pertencentes ao bairro Cidade Universitária e 750 (33%) pertencentes a Nova Campinas. Estas são as duas amostras estratificadas da pesquisa (Vide Apêndice A).

Neste tipo de método é usual trabalhar com amostras que representam 10% do universo, que para nosso caso seriam 232 residências. A presente pesquisa trabalhou com uma amostra de 266 residências, o que representa 11,5% do universo. Supondo-se que os sistemas de aquecimento de água nesses bairros estão espalhados em forma aleatória e uniformemente distribuída, o percentual de sistemas de aquecimento que se encontrou numa amostra U' pesquisada (266), é equivalente ao percentual de todo o universo U (2.320).

Nas amostras estratificadas, o número de residências escolhidas para a pesquisa foi formada por valores próximos a 178 residências (67%) no bairro Cidade Universitária e por 88 residências (33% restante) para o bairro Nova Campinas. A pesquisa trabalhou com valores muito próximos a essas quantidades.

De uma amostra U' de 171 telefones escolhidos aleatoriamente no bairro Cidade Universitária, 39 usuários responderam ter um sistema de aquecimento solar na sua residência, cifra que equivale a 22,8% e que aplicado a todo o universo estratificado nos dá um valor de 358 sistemas solares para este bairro.

¹⁹ Neste Anexo somente é apresentada a lista de ruas, pois a lista completa com os telefones tem mais de 20 folhas e considerou-se informação irrelevante para ser incluída no presente trabalho.

²⁰ Acredita-se que o nível de desconfiança passou de 80% para 20%.

Analogamente, para uma amostra de 95 telefones do bairro Nova Campinas, 27 responderam ter um sistema solar para aquecimento de água, equivalente a 28,4%. Esse percentual aplicado ao universo da amostra estratificada equivale a 213 residências.

Pode-se dizer então que, aproximadamente 25%²¹ das pessoas de alta renda (> 20 S.M.) possuem um *coletor solar*. Esse é o valor do índice de utilização de *coletores solares* nas famílias de alta renda da cidade de Campinas.

Segundo o Censo de 1991, o número total de domicílios na Cidade de Campinas foi de 252.855, com um crescimento médio anual de cerca de 3%. Pode-se estimar que para finais de 1995 a cidade de Campinas estava com cerca de 283.200 domicílios (valor *d*). 4% desses domicílios pertenciam a pessoas de alta renda (índice *r*), isto é 11.328 (teoricamente o número de sistemas solares de aquecimento de água residencial estaria *cotado superiormente* por esta quantidade). Como só um de cada quatro domicílios (25%) possuíam um coletor solar como mostrado anteriormente pela pesquisa feita com os bairros Cidade Universitária e Nova Campinas, isto resulta em um total aproximado de 2.800 coletores solares na cidade de Campinas até finais de 1995²².

3.5.1 Potência Evitada pelo Uso de Coletores Solares em Campinas-SP

O rendimento térmico médio dos *coletores solares* para aquecimento de água residencial estimou-se em [36], que é de 1,5 kWh/m²dia. O rendimento térmico mensal²³ dos sistemas de aquecimento residencial na cidade de Campinas é então 315 kWh/res.mês para sistemas de aquecimento cuja área média é de 7m², ou seja, 3,8 MWh/ano.

O potencial de conservação de energia elétrica em termos de potência evitada pode ser avaliado como dito anteriormente, a partir do número de coletores solares estimados, da superfície média dos coletores solares e do rendimento térmico dos sistemas de aquecimento²⁴. Então, os 2.800 sistemas de aquecimento de água estimados para a cidade de Campinas representam uma energia evitada de 10.700 MWh/ano, ou seja, uma potência média evitada por esses sistemas de aquecimento de 1,2 MW o que é equivalente à potência instalada de uma pequena central hidroelétrica, PCH.

²¹ Média ponderada entre os 22,8% da Cidade Universitária e os 28,42% da Nova Campinas.

²² Equação (3.1) onde: $r = 0,04$; $\mu = 0,25$; $N = 283.200$

²³ Rendimento térmico (1,5 kWh/m²dia) X 30 dias (res.mês) X área de coletor (7m²), total: 315 kWh/res.mês.

²⁴ Equação (3.2) onde: $\eta = 1,5$ kWh/m²dia; $S = 7$ m²; $N = 2.800$

Capítulo 4

Aplicação da Metodologia para Estimar o Potencial de Conservação de Energia Elétrica pelo Uso de Aquecedores Solares na Região das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari

4.1 Introdução

Este capítulo tem como principal finalidade, fazer uma estimativa do potencial de conservação de energia elétrica na região das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, R.B.P.C., pelo uso de *coletores solares* planos para aquecimento de água residencial.

A região em estudo está compreendida por limites hidrográficos como são as bacias dos Rios Piracicaba e Capivari e não por limites usuais que envolvem regiões político-administrativas.

4.2 Caracterização da Região

Para a caracterização da região, utilizou-se os dados disponíveis da Região Administrativa de Campinas, R.A.C. e Regiões de Governo, R.G. nas quais estão inseridas os municípios da R.A.C., além de informações específicas do município de Campinas, o mais importante da região. Entre as R.G. destaca-se a R.G. de Campinas, que inclui a maior quantidade de Municípios da R.B.P.C. (16 municípios) e a maior parte da população que segundo SEADE, em 1993 alcançou 1.795.180 hab. que representa quase 60% do total da R.B.P.C. que foi de 3.096.581 hab.

As bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba e Capivari são formadas por 44 rios, córregos e ribeirões situados nas áreas territoriais de 56 municípios de São Paulo (52) e Minas Gerais (4), sendo que, os municípios paulistas pertencem a Região Administrativa de Campinas.

A Região das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari está composta pelas seguintes Regiões de Governo:

Região de Governo	No. de Municípios da R.B.P.C.	No. de Municípios da R.A.C.
1. R.G. de Bragança Paulista	12	16
2. R.G. de Campinas	16	22
3. R.G. de Jundiaí	04	09
4. R.G. de Limeira	03	08
5. R.G. de Piracicaba	11	11
6. R.G. de Rio Claro	06	08
7. R.G. Minas Gerais	04	-
8. R.G. São João de Boa Vista	-	16
Total de Municípios	56	90

16 dos 22 municípios da Região de Governo de Campinas que pertencem à Região das Bacias, ocupam uma área de 2.937 Km² que representa 20 % da área total da R.B.P.C. com 14.312 Km² de superfície. A Tabela 4.1 a seguir, apresenta uma relação da área ocupada e população das diferentes regiões de governo que formam as Bacias.

Área Territorial, População Residente e Densidade Demográfica da Região das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, 1993

Tabela 4.1

REGIÃO DE GOVERNO	Número de Municípios	Área Km²	Área %	População habitantes	hab.* %	Dens. Dem. hab./ km²
1. R.G. Bragança Paulista	12	3.322	23	326.434	11	98
2. R.G. Campinas	16	2.937	21	1.795.180	58	611
3. R.G. Jundiaí	04	722	5	102.976	3	143
4. R.G. Limeira	03	807	6	243.690	8	302
5. R.G. Piracicaba	11	3.515	25	413.251	13	118
6. R.G. Rio Claro	06	1.934	14	172.225	6	89
7. R.G. Minas Gerais	04	1.075	8	42.825	1	40
R. B. P. C.	56	14.312	100	3.096.581	100	216

Fonte: SEADE. Citado por Jannuzzi [26] e Elaboração Propria.

* Cifras inteiras

A maior área ocupada por uma R.G. não garante maior população como pode-se verificar na Tabela 4.1 com as R.G. de Bragança Paulista e Piracicaba se comparada com a R.G. de Campinas. Em destaque as regiões de governo de Campinas com quase 60% da população em estudo e de Minas Gerais com só 1%.

Quanto a densidade demográfica, a Região das Bacias apresenta 216 hab./km² com grande dispersão entre as regiões de governo; variando de 40 hab./km² (R.G. Minas Gerais) a 611 hab./km² (R.G. Campinas).

4.3 Estimativa do Número de Coletores Planos, Energia Elétrica Residencial e Potência Evitada na Região das Bacias.

Para levantar uma estimativa sobre o número de sistemas solares que existem na região das Bacias e aplicar a metodologia proposta, supõe-se que se cumprem as seguintes condições:

- A cidade de Campinas e a R.B.P.C., têm as mesmas características climatológicas.
- O padrão de consumo em geral e da energia elétrica em particular, é o mesmo tanto para a cidade de Campinas quanto para as regiões que conformam as Bacias.
- Os *coletores solares* nas regiões estão espalhados em forma aleatória e uniformemente distribuída nos bairros residenciais de classe média alta das regiões que conformam as Bacias dos rios Piracicaba e Capivari.

Portanto, o índice de utilização μ e o índice de renda r são os mesmos tanto para a cidade de Campinas quanto para a R.B.P.C. A tabela a seguir apresenta a população, taxas de crescimento, o número de consumidores e o consumo de energia elétrica das regiões que conformam as Bacias.

População, Taxas de Crescimento, Número de Consumidores e Consumo de Energia Elétrica das Regiões de Governo das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, 1993

Tabela 4.2

Regiões de Governo	População (1)	Tc a.a %	No. Consumidores (2)	No. Cons. (%)	(1)/(2)	Consumo (GWh)	% *
Bragança Paulista	326.434	2,54	92.864	10,6	3,52	603,12	7
Campinas	1.795.180	3,39	499.410	57,2	3,59	5.052,39	57
Jundiaí	102.976	2,68	28.141	3,2	3,60	394,81	4
Limeira	243.690	2,93	67.743	7,8	3,59	1.221,78	14
Piracicaba	413.251	2,70	119.270	13,7	3,46	1.247,12	14
Rio Claro	172.225	2,11	53.938	6,2	3,19	401,76	5
Minas Gerais	42.825	2,70	12.236**	1,4	3,50	-	< 1
R.B.P.C.	3.096.581	-	873.602	100	-	8.921	100

Fonte: CESP, CPFL, EEB, CJE, CEMIG, Jannuzzi [26] e Elaboração Propria.

* Valores inteiros

** Estimativa

O número de consumidores dos quatro Municípios da R.G. de Minas Gerais que pertencem a R.B.P.C. foi estimada através do índice 3,5 sobre a população total¹, pois,

¹ $42.825 \div 3,5 \approx 12.236$

verifica-se que o resultado da divisão entre a população e o número de consumidores de energia elétrica é quase uma constante, cujo valor é em média 3,5. Tem sentido estimar que o padrão de consumo dos quatro Municípios da R.G. de Minas Gerais seja o mesmo.

Não foi encontrado um índice apropriado para estimar o consumo de energia elétrica para os 4 Municípios de Minas Gerais, fato que não influi em nossa análise.

Em destaque o número de consumidores e o consumo de eletricidade da R.G. de Campinas sobre as outras regiões de governo, fato que também será de grande influência no número de *coletores solares* em uso na região.

Ao aplicar sobre o número de consumidores de cada região a taxa de crescimento anual da Tabela 4.2 tem-se o número de domicílios². Aplicando a metodologia para a estimativa do uso de *coletores solares* na cidade de Campinas, pode-se estimar o número de sistemas solares em cada região e a potência evitada pelo seu uso como mostrado na seguinte tabela.

Estimativa do Número de Coletores Solares, Economia de Energia Elétrica e Potência Evitada pelo uso de Coletores nas Regiões de Governo das Bacias, até Finais de 1995

Tabela 4.3

	No. Cons.	Tc	No. Cons.	No. Domicílios	No.Coletores ³ (1)	Área Instalada	Potencia Evitada (2)
Região de Governo	1993	a.a.	1994	1995	N	m ²	MW
Bragança Paulista	92.864	2,54%	95.223	97.641	976	6.835	0,427
Campinas	499.410	3,39%	516.340	533.844	5.338	37.369	2,336
Jundiaí	28.141	2,68%	28.895	29.670	297	2.077	0,130
Limeira	67.743	2,93%	69.728	71.771	718	5.024	0,314
Piracicaba	119.270	2,70%	122.490	125.798	1.258	8.806	0,550
Rio Claro	53.938	2,11%	55.076	56.238	562	3.937	0,246
Minas Gerais	12.236	2,70%	12.566	12.906	129	903	0,056
R.B.P.C.	873.602	-	900.319	929.862	9.279	64.951	4

(1) Aplicando a equação 3.1

(2) Aplicando a equação 3.2

A potência evitada pelo uso de sistemas solares de aquecimento de água constituem pequenas centrais hidroelétricas, PCHs cuja construção foi dispensável. Valores algo em torno de 130 kW para a R.G. de Jundiaí, 250 kW para Rio Claro, 300 kW para Limeira, 430 kW para Bragança Paulista, 550 kW para Piracicaba, 2.300 kW para Campinas e ainda 56 kW para Minas Gerais dão um total equivalente a uma PCH de 4 MW para a R.B.P.C. Considerando-se um custo aproximado de um milhão de dólares por MW instalado, os 4 MW de potência evitada representam cerca de US\$ 4.000.000 dispensados.

² O número de consumidores de energia elétrica é igual ao número de domicílios.

³ Anexo 4.1 (Planilhas de cálculo).

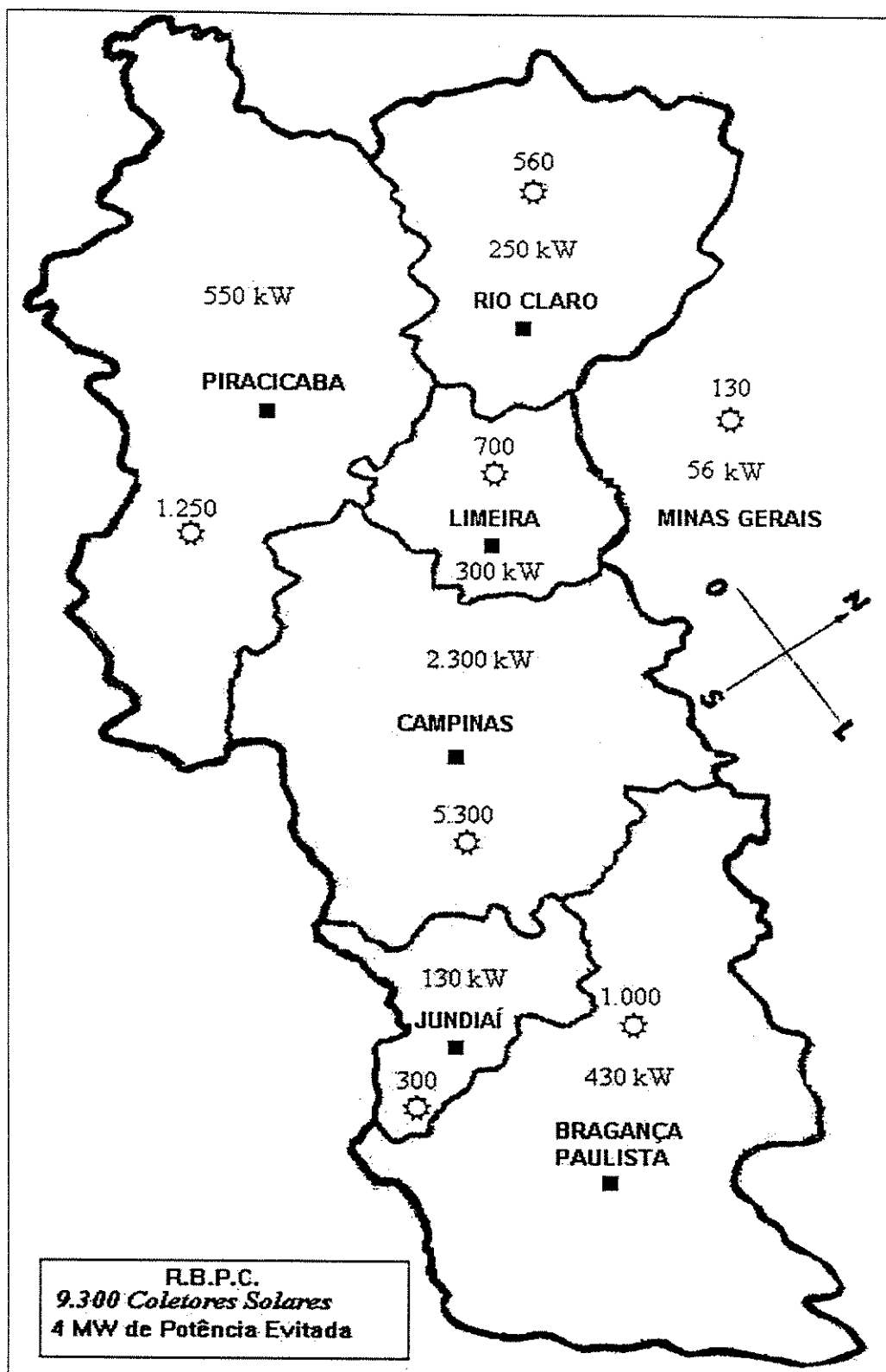


Figura 4.1 Possível número de residências com *coletores solares* e potência evitada na Região das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari.

Capítulo 5

Conclusões e Recomendações

5.1 Conclusões

1. Ao aplicar o modelo SPURR na cidade de Campinas encontrou-se que para um tempo de retorno de 10 anos, o número de residências com sistemas solares de aquecimento de água e portanto o número de *coletores solares* de 7 m² de superfície média é 2.485. Um tempo de retorno de 10 anos, justificou-se com base no investimento inicial normalmente elevado (da ordem de R\$ 1.500) em adquirir um sistema de aquecimento de água e pelas baixas tarifas elétricas mantidas até finais de 1994.
2. Esta cifra de 2.485 sistemas de aquecimento solar de água que pode ser arredondada em 2.500, é muito próxima à encontrada na metodologia apresentada no Capítulo 3 que foi aplicada na cidade de Campinas -descrita no parágrafo 3.5- onde foi estimado uma quantidade aproximada de 2.800 residências com sistemas solares de aquecimento.
3. A caracterização socio-econômica e climatológica da cidade de Campinas apresentada no Capítulo 3 mostra que o potencial econômico, climático e tecnológico da cidade é favorável para o desenvolvimento da energia solar em geral, da penetração planejada de aquecedores solares em particular.
4. Para conhecer as características da fabricação, distribuição e uso de *coletores solares* para aquecimento de água residencial na cidade de Campinas foi necessário aplicar métodos estatísticos na elaboração de questionários (Anexos 3.1; 3.2 e 3.3); forma e/ou método para perguntar as pessoas; coleta e apuração da informação; etc. Cabe salientar que a pesquisa neste ponto (Parágrafo 3.4), encontrou as maiores dificuldades.
5. Os principais fabricantes de *coletores solares* planos para aquecimento de água residencial são também distribuidores e têm previsões para investir em novas tecnologias que permitam aumentar a produção caso seja necessário.
6. Os distribuidores de aquecedores solares da cidade de Campinas e região, distribuem também aquecedores de água a gás e aquecedores elétricos.
7. A maioria dos usuários de *coletores solares* estão satisfeitos com possuir um aquecedor solar na sua residência e acreditam que o seu uso ajuda à proteção do ambiente.
8. Encontrou-se que na cidade de Campinas (parágrafo 3.5), aproximadamente 2.800 residências possuem sistemas solares de aquecimento de água de 7 m² de superfície média, até finais de 1995.

9. Supondo um rendimento térmico dos *coletores solares* de 1.5 kWh/m^2 , a energia elétrica evitada pelos 2.800 sistemas de aquecimento é 10.600 MWh/ano, ou seja, uma potência evitada de 1.2 MW que é equivalente à potência média instalada de uma pequena central hidroelétrica, PCH, que foi dispensada.
10. Os cálculos feitos no Capítulo 4 quanto ao número de *coletores solares* nas Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari estão sintetizados na Figura 4.1. Nesta região segundo nossa estimativa, em números arredondados 9.300 sistemas de aquecimento dispensam uma potência da ordem de 4 MW.
11. Finalmente cabe ressaltar que os resultados qualitativos e quantitativos encontrados no presente trabalho permitem pôr em evidência que o uso e aproveitamento da energia solar térmica na região das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, não é desprezível.

5.2 Recomendações

1. Sugere-se que sejam as concessionárias de energia elétrica as que procurem conhecer o número de residências com sistemas solares de aquecimento de água, e portanto, o potencial de conservação de eletricidade pelo seu uso aumentando sua disponibilidade energética para outros empreendimentos.
2. Recomenda-se a penetração planejada no mercado de outros tipos de *coletores solares* talvez menos eficientes, mas com um custo bem mais baixo, feitos com material descartável; pre-aquecedores solares; e também sistemas híbridos fotovoltaico-térmico.
3. Quanto à construção de casas e edifícios de apartamentos deverão ser feitas pelos construtores, modificações estruturais de projeto que possibilitem a utilização de *coletores solares*.
4. Recomenda-se também, estimular as atividades de pesquisa e desenvolvimento da tecnologia solar que ao nível do domínio há ainda um longo caminho a percorrer. O desenvolvimento tecnológico não deve ser restringido pela falta de competitividade e cabe ao Estado garantir os recursos necessários.
5. Trabalhos futuros nesta área deveram fazer ênfases na sistematização da informação requerida para fazer este tipo de levantamentos que foi descrita ao longo deste estudo. Pois em geral, um dos maiores problemas que se apresentam no planejamento energético regional é a carência de dados.

Referências Bibliográficas

- [1] **BAENINGER, R., BORLINA, P.,** *Migração em São Paulo*, TEXTOS NEPO 22, NEPO/UNICAMP, 1992
- [2] **BAENINGER, R.,** *Espaço e Tempo em Campinas: Migrantes e a Expansão do Pólo Industrial Paulista*, Dissertação de Mestrado, IFCH/UNICAMP, Campinas, 1992
- [3] **BAJAY, S., BARONE, J.,** *Otimização do Uso de Balanços Energéticos no Planejamento Energético Regional*, Revista brasileira de ENERGIA, Vol.2, No.1, p.65-82, 1992
- [4] **BEZERRA, A.,** *Energia Solar*, ed.LITEL, Curitiba, 1982, 129p.
- [5] **CESP** -Companhia Energética de São Paulo, *Anuário Estatístico de Energia Elétrica*, 1980/1994
- [6] **CHARNET, R.,** *Apostilha*, IMECC, Unicamp, Junho de 1996
- [7] **CHARNET, R.,** *IMECC*, Unicamp, Comunicação Pessoal, Maio de 1996
- [8] **CLOSE, D. J.,** *Flat plate solar absorbers. The production and testing of a selective surface for copper absorbers plates*, CSIRO, Report ED 7, Melbourne, June, 1972
- [9] **COCHRAN, W.,** *Técnicas de Amostragem*, ed. Fundo de Cultura, 555 p., 1965
- [10] **CPFL** -Companhia Paulista de Força e Luz, *Boletim Estatístico de Energia Elétrica*, 1980/1994
- [11] **CTP**, *Estado de Arte e Viabilidade Técnico-Econômica de Aquecimento de Água*, Projeto Multicliente, Centro de Tecnologia Promon, 1979
- [12] **DANIELS, F.,** *Uso directo de la energia solar*, H.blume ediciones, Madrid, 1977
- [13] **DE SOUSA, L., DE SOUSA F.,C., RIVERA, D., MENDES,J.,** *Coletores Solares Alternativos*, III Congresso de Engenharia Mecânica Norte-Nordeste, Universidade Federal de Pará, Belém-PA, 1994
- [14] **DIAZ, J., FERNANDEZ, C., GOMEZ, A.,** *Case study Five year operation of a solar heating and domestic hot water installation in Madrid (Spain). Statistical study*, Renewable Energy, Vol. 5, No. 1-4, p. 492-94, 1994
- [15] **DUFFIE, J.A., BECKMAN, W.A.,** *Solar Energy Thermal Process*, John Wiley & Sons, NY, 1974
- [16] **EL COMERCIO**, Sección B-12, *El Sol, un buen negocio*, Quito, 15 de Agosto de 1994

- [17] **FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA** - Planejamento de Sistemas Energéticos, *Banco de dados do Curso de Planejamento de Sistemas Energéticos*, Unicamp, 1995
- [18] **Fundação SEADE**, *Anuário Estatístico do Estado de São Paulo*, 1993
- [19] **Fundação SEADE**, *Novo Retrato de São Paulo*, 1993
- [20] **Fundação SEADE**, *O Processo de Interiorização do Desenvolvimento Econômico no Estado de São Paulo (1920 - 1980)*, Coleção Economia Paulista, Fundação SEADE, São Paulo, 1988
- [21] **Fundação SEADE**, *Perfil Municipal do Estado de São Paulo*, Região Administrativa de Campinas, 1993
- [22] **GUERRA, J., DONAIRE, D.**, *Estatística Indutiva- Teoria e Exercícios*, de. LCTE, 299 p., 1979
- [23] **HUANG, B. J.**, *Performance rating method of thermosyphon solar water heaters*, Solar Energy, Vol.50, No.5, p.435-440, 1993
- [24] **INCERPI, Paulo, Lopes Comercial**, distribuidor de coletores solares, comunicação pessoal, 6 Março de 1996
- [25] **JANNUZZI, G.**, *Balanço Energético, Conseqüência e Perspectivas de Consumo de Energia na Região de Campinas-SP.*, Relatório Preliminar, UNICAMP, Agosto, 1993
- [26] **JANNUZZI, G., DA SILVA, E., QUIROZ, G., POMPERMAYER, M., UGAYA, C., YÁNEZ, M., JANNUZZI, P.**, *Uso Eficiente de Energia e Desenvolvimento Regional*, Relatório Preliminar, PSE/FEM/UNICAMP, Campinas-SP., Março-1996
- [27] **JANNUZZI, G., PEREIRA, J.**, *Relatório de Especificação de Protótipos de Pré-Aquecedores Solares de Água para Chuveiros de Potência Reduzida*, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP., 1992
- [28] **JOHN, S., SANTHI, S.**, *Electroplated Cobalt-Cadmium Selective solar absorbers*, Solar Energy Materials and solar Cells, Vol.33, No.4, p.505-516, Aug.1994
- [29] **KELLER, A.**, *Selective Surfaces of aluminium foils*, International Solar Energy Society Conference, Paper 7/16, Melbourne, 1970
- [30] **KEPELER, R., CORBELLA, O.**, *Características óticas de Cobertura de Coletores Solares*, João Pessoa, Atas do II Congresso Latino-Americano de Energia Solar, Vol.II, 1979
- [31] **MACEDO, I.**, *Futuro da Energia Solar*, Seminário de Energia Solar. Instituto Brasileiro de Gás, IBG, SP. Julho, 1978
- [32] **Mc DONALD, G.E.**, *Refinement in Black Chrome for use as a solar selective coating*, NASA TM X-3136, 1975

- [33] **Mc VEIGH, J.C.**, *Energia Solar*, ed.CETOP, Lisboa, 1977
- [34] **OLIVA, G.**, CPFL, Comunicação Pessoal, Maio de 1996
- [35] **ORLÁNDO, A., CORRÊA, I.**, *Simulação de Desempenho de Sistemas Híbridos Fotovoltaico-Térmico para Otimização do Aproveitamento da Energia Solar*, III Congresso de Engenharia Mecânica Norte-Nordeste, Universidade Federal de Pará, Belém-PA, 1994
- [36] **ORLÁNDO, A.F.**, *Coletores Solares: Estimativa de Penetração do Mercado*, Anais do Seminário: "Introdução de Tecnologias Energéticas Alternativas no Brasil até o Ano 2000", Volume 1, RJ, Brasil, Nov. 1985
- [37] **PETTIT, R.B., SOWELL, R.R.**, *Solar absorptance and emittance properties for several solar coatings*, ISES Congress, Los Angeles, Extended Abstracts, Paper 30/1, 1975
- [38] **SCHEAFFER, R., MENDENHALL, W., OTT, L.**, *Elementary Survey Sampling*, De. Duxbury Press, 1986
- [39] **SEMEGHINE, U.**, *Campinas (1960 a 1980): Agricultura, Industria e Urbanização*, Apostilha da Dissertação de Mestrado, Campinas, IE/UNICAMP, 1988
- [40] **SEMEGHINE, U.**, *Uma Cidade e seu Tempo*, Editora da UNICAMP, Campinas, 1992
- [41] **SOROUR, M., GHONEIM, A.**, *Feasibility study of solar heating and cooling systems at different localities in Egypt*, Renewable Energy, Vol. 5, No. 1-4, p. 489-91, 1994
- [42] **TABOR, H.**, *Solar Collectors, selective surfaces and heat engines*, Solar Energy (Special number), Vol.47, 1981
- [43] **TANI, T., SAWATA, S., TANAKA, T., and HORIGOME, T.**, *Characteristics of selective thin barriers and selective surfaces*, ISES, Congress, Los Angeles, Extended Abstracts, Paper 30/4, 1975
- [44] **WOLF, D., TAMIR, A., KUDISH, A.I.**, *A central solar domestic hot water system performance and economics analysis*, Beer Sheva, 1979

																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					</
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



UNICAMP

Anexo 3.1**LEVANTAMENTO DA FABRICAÇÃO DE COLETORES SOLARES EM CAMPINAS E REGIÃO**
Questionário para o Fabricante

Nome do funcionário responsável: Data:
 Nome da Empresa: Fone:
 Endereço: Fax:
 Anos de trabalho em sistemas de aquecimento solar: Anos Número de empregados:

IMPORTANTE:

A informação fornecida será absolutamente confidencial e utilizada só para fins de investigação do uso de coletores solares na região. Pedimos a sua colaboração na espera que o questionário seja preenchido da melhor forma possível, só assim seriam garantidos resultados confiáveis.

1. Qual é a capacidade instalada da fábrica? placass/ano, m² em placas/ano
 2. Qual é a quantidade de coletores solares distribuídos? placas/ano
 3. Qual é o custo de produção de um coletor solar? RS/m²placa
 4. Qual é o preço de venda/placa ao distribuidor? RS/placa
 5. Quais são os principais itens que encarecem o produto?
 6. Pode descrever os custos percentuais de produção de uma placa solar? Não
- Estimativa:
- | | |
|-----------------------------|------------------------|
| a) matéria prima % | b) mão de obra % |
| c) energia elétrica % | d) Impostos % |
| e) perdas % | |
7. Tem perspectivas de ampliar a capacidade instalada da fábrica? Sim em anos Não
 8. Quantos coletores serão produzidos por ano? placas/ano
 9. Existe algum tipo de subsídio por parte do Estado? Sim Não

POLÍTICA DA EMPRESA

10. Tem previsões para investir em novas tecnologias para aumentar a produção? Sim Não
11. Tem previsões para melhorar a eficiência térmica dos coletores solares atuais? Sim Não
12. A Empresa é fabricante e distribuidora simultaneamente? Sim Não

Caso afirmativo, por favor preencher o questionário do distribuidor.



UNICAMP

Anexo 3.2**LEVANTAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DE COLETORES SOLARES EM CAMPINAS E REGIÃO****Questionário para o Distribuidor**

Nome do funcionário responsável: Data:

Nome ou razão social da Empresa: Fone:

Endereço Fax :

Anos de trabalho em sistemas de aquecimento solar: Anos. Número de empregados?

IMPORTANTE:

A informação fornecida será absolutamente confidencial e utilizada só para fins de investigação do uso de coletores solares na região. Pedimos a sua colaboração na espera que o questionário seja preenchido da melhor forma possível, só assim seriam garantidos resultados confiáveis.

1. Qual é a forma de pagamento mais frequente dos sistemas de aquecimento solar?

a) em parcelas: 30, 60 e/ou 90 dias b) A vista c) Outras:

3. Qual é o preço unitário de um coletor solar? RS/coletor

4. Qual é o preço unitário do reservatório? RS/reservatório

5. Qual é o custo da instalação? RS/instalação

6. Qual é o custo de todo o equipamento instalado? RS/equip.

7. O comprador acha o equipamento: (pode riscar várias opções)

a) Razoável e de fácil aquisição

b) Caro e de difícil aquisição

c) Vale a pena adquirir um

d) Não vale a pena adquirir um

e) Outras: (especificar)

.....

8. O consumidor acha melhor instalar um sistema de aquecimento:

a) A Gás b) Elétrico c) Solar

9. Para cada sistema de aquecimento solar são instalados sistemas de aquecimento a gás

10. Para cada sistema de aquecimento solar são instalados sistemas de aquecimento elétrico
11. O custo médio total do sistema de aquecimento a gás é: R\$/sistema
12. O custo médio total de um sistema de aquecimento elétrico é: R\$/sistema
13. Quantos anos de garantia tem o equipamento? anos de garantia
14. Enumere o tipo de falhas que não cobrem a garantia:
-
-
15. Qual é o tipo de abatimento especial por parte do fabricante?
- a) Condições de pagamento b) Descontos especiais c) Outros
16. As principais causas para reclamações foram: a) O sistema não esquentava o suficiente?
- b) Sistema mal instalado c) Outros (indicar)
-
17. Sistemas de aquecimento solar são instalados com maior frequência em:
- a) Residências, chácaras e sítios em construção %
- b) Residências já construídas %
18. Enumere os bairros onde foram instalados coletores solares com maior frequência:
-
-
19. Já foram instalados coletores solares em:
- a) piscinas: Enumerar os bairros:
-
- b) Em hotéis: Enumerar nome dos hotéis e bairros
-
- c) Em motéis: Enumerar nome dos motéis e bairros
-
- d) Em prédios: Enumerar nome do prédio e bairro:
-
20. Tem uma lista e/ou endereços dos clientes? sim não



UNICAMP

Anexo 3.3**LEVANTAMENTO DO USO DE COLETORES SOLARES NA CIDADE DE CAMPINAS****Questionário para o Consumidor**

Nome do entrevistado(a) Data:
 Endereço: Fone:

1. Qual é o número de pessoas que moram nesta casa (que usam o Coletor)? adultos crianças
2. Quando foi adquirido o equipamento? DATA: Nro.de placas:..... Área do C.S:..... m²
3. Quanto custou o equipamento completo? RS Não lembra
4. Qual foi o motivo principal que o levou a adquirir um coletor solar? (Pode riscar várias opções)

a) Economia de energia elétrica	b) Proteção ao meio ambiente
b) Retorno no investimento	d) Conforto nos banhos
5. O aparelho está operando satisfatoriamente? Sim Não Principais problemas apresentados?

6. Houve necessidade de assistência técnica depois que o aparelho começou a funcionar? Sim Não
 - Caso afirmativo: vezes/ano
7. Está satisfeito com a aquisição do equipamento? Sim Não
8. Consegue avaliar a economia percentual de eletricidade através de sua conta de luz? Sim Não
 - Calculou esta porcentagem? Sim, % Não
9. Consumo mensal de eletricidade através da conta de luz em kWh:
 ANO 199.....
 Janeiro Fevereiro Março Abril Maio Junho Julho Agosto Setembro Outubro Novembro Dezembro

 ANO 199.....
 Janeiro Fevereiro Março Abril Maio Junho Julho Agosto Setembro Outubro Novembro Dezembro

10. Potência do(s) chuveiro(s) elétrico(s) em uso: W Reservatório de água: litros
11. Última conta de luz: RS
12. Número de saídas de aproveitamento de água quente do coletor solar?

Anexo 3.4

Distribuidores de sistemas de aquecimento solar na cidade de Campinas e região

A Atual Indústria & Comércio
Aquecedores Solares Ltda.
r. Amancio Bueno No. 115 [setor K14]
f: 319888 fax: 316149

ACMA Sistemas de Aquecimento
Fábrica e Comércio
SOLAR . ELÉTRICO . GÁS
r. Elton César, Dr. Chácara dos Amarais, Jd. Sta Mônica
f/fax: 426711

Absol Absoluta Aquecedores solares
r. F.D.Melo No. 390
f/fax: 319095

Camp Sol Comércio & Representações
r. M.F.Mendes
f: 324784

Companhia Solar de Campinas
Sistema Solar de Aquecimento
r. 7 Jd. Novo Cambui
f: 556862

Aquecedores Solares Lopes Comercial
r. Alvaro Miller No. 863
f: 342863 fax: 360976

EletroSol
Indústria e Comércio Ltda.
r. Joaquim Norberto No. 195, Jd. Sta Genebra
f. 430378 & 8535 fax: 430378

SolarCamp
Energia Solar
r. Madres No. 103
f. 470017

ALPHASOL
Comércio de Aquecedores e Serviços Ltda.
Hortolândia (019)
r. J.C.Francis No. 107
f. (019)8651350 fax:(019)8872879

Termosolar
Americana (0194)
f. (0194)615312 & 605662

Anexo 3.5

Lista de ruas dos bairros Cidade Universitaria e Nova Campinas da cidade de Campinas SP.

Cidade Universitaria:

- 1 Adalberto Prado
- 2 Albertina Jesus Martins
- 3 Alberto Gallo
- 4 Alcindo Soares
- 5 Alfredo A. Martinelli
- 6 Américo de Campos
- 7 Antão de Moraes
- 8 Antonio Augusto de Almeida
- 9 Antonio Fessel
- 10 Antonio Hossri
- 11 Antonio Luiz Carbone
- 12 Aristides Lobo
- 13 Arthur de Almeida Rezende
- 14 Cecilio Fetrin
- 15 Celso Ferraz de Camargo
- 16 Claudio Dida Silva
- 17 Danton Jobim
- 18 Dr. Luciano Venere de Court
- 19 Edilberto L.P. da Silva
- 20 Edwar de Vita Godoy
- 21 Ernani Paulino
- 22 Eurico W. M. Carvalho
- 23 Ferreira de Lima
- 24 Francisco Humberto Zuppi
- 25 Francisco Toledo
- 26 Gabriel Porto
- 27 Geraldo de C. Freire
- 28 Giuseppe Máximo Scolfaro
- 29 Hélio Leonardi
- 30 Humberto Soares de Camargo
- 31 João F. Reginato
- 32 João Guimarães Rosa
- 33 João Leme
- 34 José Anderson
- 35 José Cantusio
- 36 Lauro Pimentel
- 37 Loschi, Mons.
- 38 Luciano Venere de Court
- 39 Luiz de Tella
- 40 Luiz de Tella
- 41 Luiz Piva
- 42 Luverci P. de Souza
- 43 Macedo Soares
- 44 Manoel Gomes

- 45 Marcia Mendes
- 46 Maria Tereza Dias da Silva
- 47 Maria Villac
- 48 Mario de Nucci
- 49 Miguel Pierro
- 50 Moyses Lucarelli
- 51 Olimpio da S. Miranda
- 52 Oscar Pedroso Horta, Av.
- 53 Osório Alves
- 54 Paula Souza
- 55 Pedro de Almeida Prado
- 56 Pinhal, Cssa
- 57 Plinio do Amaral
- 58 Raul de Souza
- 59 Rio Claro, Visconde do
- 60 Roxo Moreira
- 61 Ruberlei Boaretto
- 62 Ruy de Melo
- 63 Shigeo Mori
- 64 Tácito M. de Carvalho
- 65 Theóphilo de Camargo

Nova Campinas

- 1 Alexander Fleming
- 2 Antonio Arruda Camargo
- 3 Artur de Freitas Leitão
- 4 Campinas, Viscondesa de
- 5 Carlos Stevenson
- 6 Francisco C. Barreto
- 7 Guillerme Kerv
- 8 Heitor Penteado
- 9 Hermas Braga
- 10 José F. de Camargo
- 11 Laureano Bacelo Alonso
- 12 Maria C.F. Andrade
- 13 Odila Maria Rocha Brito
- 14 Paulo C.P. Nogueira
- 15 Rafael Andrade Duarte

Fonte: MAPA, *Nova Planta da Cidade de Campinas*, ed. TRIESTE, Lista Telefônica 140, Guia de Campinas 1994, TELESP.

Anexo 3.6

Análise da Viabilidade Econômica do Investimento no Coletor Solar da Família A

Factor de Recuperação de Capital, FRC

$$FRC = d / (1 - (1 + d)^{-n})$$

$$\begin{aligned} n &= 12 \\ d &= 12\% \\ FRC &= 0,1614 \end{aligned}$$

$P = F (1 + d)^n$ Valor Presente das economias futuras

$$\begin{aligned} F &= 267,72 & \text{Custo Anual Economizado} \\ I &= 1500,00 \\ P &= 1043,03 \\ VPL &= -456,97 \end{aligned}$$

$VPL < 0$ Não vale a pena o Investiment

Consumo médio mensal:

734

Economia 30%

220

Tempo de Retorno do Investimento TR

$$F = 267,72$$

$$(T.R.) n = 9,9$$

$$d^* = 12\%$$

$$FRC^* = 0,1779$$

$$I = 1500,00$$

$$F/FRC = 1504,49$$

1,00

Mudar n (T.R.) até que $F/FRC = 1$

Área do Coletor Solar: 7 m(2)

Tarifa: 10 US cent/KWh

USUÁRIO

Tarifa, R\$ 0,101 R\$/kWh

Cálculo de F: 267,72 R\$/ano

1 R\$ = US\$ 0.987

Aproveitamento do Coletor Solar:

1,05 kWh/m(2)dia

Consumo Típico de uma Residência de 5 Pessoas com e sem Aquecedor Solar no bairro Cidade Universitária, Campinas-SP. em kWh

Mês	A com C.S.	B sem C.S.	A - B	Poupança %
jan-96	450	894	444	50
fev-96	529	721	192	27
mar-96	522	688	166	24
apr-95	584	736	152	21
mai-95	532	853	321	38
jun-95	701	742	41	6
jul-95	528	777	249	32
aug-95	538	853	315	37
set-95	591	721	130	18
out-95	569	823	254	31
nov-95	474	818	344	42
dez-95	598	818	220	27
total	6616	9444	2828	30
média	551	787	236	

Família	Área do Coletor	consumo/mês	Economia	Área Ótima	Aproveitamento
No. de Pessoas	m(2)	com Coletor	kWh/mês	m(2)	kWh/m(2)dia
2	7,0	250	75	2,5	0,36
3	7,0	296	89	2,9	0,42
4	7,0	410	123	4,1	0,59
5	7,0	551	165	5,5	0,79
6	7,0	734	220	7,0	1,00

Anexo 4.1

Estimativa do Número de Coletores Solares na R.B.P.C. até Finais de 1995

Área Territorial, População Residente e Densidade Demográfica da Região das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, 1993

	No.Municip.	Área	Área	População	hab	Dens.Dem.
Região de Governo	#	Km(2)	%	habitantes	%	hab./km(2)
1. R.G. Bragança Paulista	12	3322	23	326434	11	98
2. R.G. Campinas	16	2937	21	1795180	58	611
3. R.G. Jundiaí	4	722	5	102976	3	143
4. R.G. Limeira	3	807	6	243690	8	302
5. R.G. Piracicaba	11	3515	25	413251	13	118
6. R.G. Rio Claro	6	1934	14	172225	6	89
7. R.G. Minas Gerais	4	1075	8	42825	1	40
R.B.P.C.	56	14312	100	3096581	100	216

População, Taxas de Crescimento, No.de Consumidores e Consumo de Energia Elétrica das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, 1993

	População	Tc	No.Cons.	No.Cons.		Consumo	Consumo
Região de Governo	(1)	a.a. %	(2)	%	(1)/(2)	GWh	%
1. R.G. Bragança Paulista	326434	2,54	92864	10,6	3,52	603,12	7
2. R.G. Campinas	1795180	3,39	499410	57,2	3,59	5052,39	57
3. R.G. Jundiaí	102976	2,68	28141	3,2	3,66	394,81	4
4. R.G. Limeira	243690	2,93	67743	7,8	3,60	1221,78	14
5. R.G. Piracicaba	413251	2,7	119270	13,7	3,46	1247,12	14
6. R.G. Rio Claro	172225	2,11	53938	6,2	3,19	401,76	5
7. R.G. Minas Gerais	42825	2,7	12236	1,4	3,50	-	-
R.B.P.C.	3096581	-	873602	100,0	-	8921	100

Índice de utilização: 0,25

Índice de renda: 0,04

Estimativa do Número de Coletores, Área Instalada e Potência

Evitada pelo uso de Coletores nas R.G. das Bacias até Finais de 1995

	No.Cons.	Tc	No.Cons.	No.Domic.	No.Colet.(1)	Área Instalada	Potência Evitada(2)
Região de Governo	1993	a.a.	1994	1995	N	m(2)	MW
1. R.G. Bragança Paulista	92864	2,54%	95223	97641	976	6835	0,427
2. R.G. Campinas	499410	3,39%	516340	533844	5338	37369	2,336
3. R.G. Jundiaí	28141	2,68%	28895	29670	297	2077	0,130
4. R.G. Limeira	67743	2,93%	69728	71771	718	5024	0,314
5. R.G. Piracicaba	119270	2,70%	122490	125798	1258	8806	0,550
6. R.G. Rio Claro	53938	2,11%	55076	56238	562	3937	0,246
7. R.G. Minas Gerais	12236	2,70%	12566	12906	129	903	0,056
R.B.P.C.	873602	-	900319	929862	9279	64951	4

(1) Equação 3.1, $N = 0.25 \times 0.04 \times d$

(2) Equação 3.2, $P = (0.365 \times 1.5 \times 7 \times N) / (365 \times 24)$ [MW]

Apêndice A

Amostragem Aleatória Estratificada

O diagnóstico de laboratório sobre o estado de saúde das pessoas é feito com apenas algumas gotas de sangue. Esse processo fundamenta-se na presunção de que o sangue em circulação está sempre bem misturado e que uma gota contém as mesmas substâncias que qualquer outra. Entretanto, quando o *material* está longe de ser homogêneo -como acontece freqüentemente na prática- o processo pelo qual se obtém a amostra se torna crítico e o estudo das técnicas que assegurem amostras confiáveis é muito importante.

Existem fundamentalmente dois tipos de amostragem¹: a probabilística e a não probabilística. A amostragem será probabilística, aleatória ou randômica, se todos os elementos da população tiverem probabilidade não nula de pertencer à amostra, em caso contrário ela será não probabilística.

O tipo de amostragem está relacionado com as características próprias da pesquisa e no presente estudo utilizou-se a “amostragem aleatória estratificada” que será descrita a seguir: [7].

Quando trabalhamos com amostras, para inferir sobre características ou parâmetros de uma População de interesse, é importante que a amostra a ser considerada represente da melhor maneira possível a População em estudo. Existem situações nas quais, as unidades que constituem a População de interesse não sejam completamente homogêneas, com relação à característica que estamos interessados em investigar, ou seja, essa população pode estar subdividida em grupos, de forma que dentro dos grupos, tenhamos homogeneidade, embora entre os grupos não necessariamente exista homogeneidade. Nessa situação se tirarmos uma amostra completamente aleatória dessa População, poderemos estar privilegiando certos grupos, em detrimento de outros, em outras palavras essa amostra pode não estar representando bem a População em questão.

A Amostragem Aleatória Estratificada (AAE), é indicada exatamente na situação onde a População de interesse está dividida em Grupos exclusivos, que chamamos de ESTRATO, de forma que ao invés de retirarmos somente uma amostra de toda a População, tiramos uma amostra aleatória de cada estrato, de forma que essas amostras juntas irão constituir a amostra final.

Para utilizarmos uma AAE, precisamos conhecer a constituição de cada estrato bem como, o seu número de unidades, ou seja, o tamanho, N_i , de cada estrato, onde $i = 1, 2, 3, \dots, k$; se tivermos a nossa População dividida em k estratos.

O número de unidades que será selecionado, ou tamanho de cada estrato denotaremos por n_i , $i = 1, 2, 3, \dots, k$.

A amostra final será constituída por $n = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k$, unidades amostrais.

A alocação dos tamanhos amostrais, n_i , pode ser feita de várias maneiras, uma das alocações mais utilizada é a locação proporcional, ou seja:

¹ Estudos detalhados sobre técnicas de amostragem podem ser vistos em [9] e [38]

- i) Determina-se primeiro o total amostral n .
- ii) Calcula-se a proporção de cada estrato com relação ao total da População N , ou seja:

$$\frac{N_i}{N} \quad \forall i, i = 1, 2, \dots, k \quad (\text{A.1})$$

- iii) Encontra-se os tamanhos amostrais de cada estrato, calculando-se a porcentagem de n , correspondente à proporção de cada estrato, ou seja:

$$n_i = n \left(\frac{N_i}{N} \right) \quad \forall i, i = 1, 2, \dots, k \quad (\text{A.2})$$

Após a determinação dos tamanhos amostrais de cada estrato, iremos selecionar aleatoriamente, de cada estrato, o número de unidades determinado em iii).

Qual é o tamanho ideal de n ? A resposta depende principalmente dos objetivos do levantamento a ser feito. Suponhamos que estamos interessados em estimar a proporção de unidades que têm uma certa característica, denotamos essa proporção Populacional, que não conhecemos, por π .

A estimativa de π , será denotada por p . Se queremos encontrar um Intervalo para π com um nível de confiança $1-\alpha$, $0 < \alpha < 1$, esse Intervalo é dado por:

$$p - z_{\alpha/2} \sqrt{(\pi(1-\pi)/n)} < \pi < p + z_{\alpha/2} \sqrt{(\pi(1-\pi)/n)} \quad (\text{A.3})$$

Onde $z_{\alpha/2}$ é o valor da Distribuição Normal com média zero e variância 1, cuja área à sua direita é igual a $\alpha/2$.

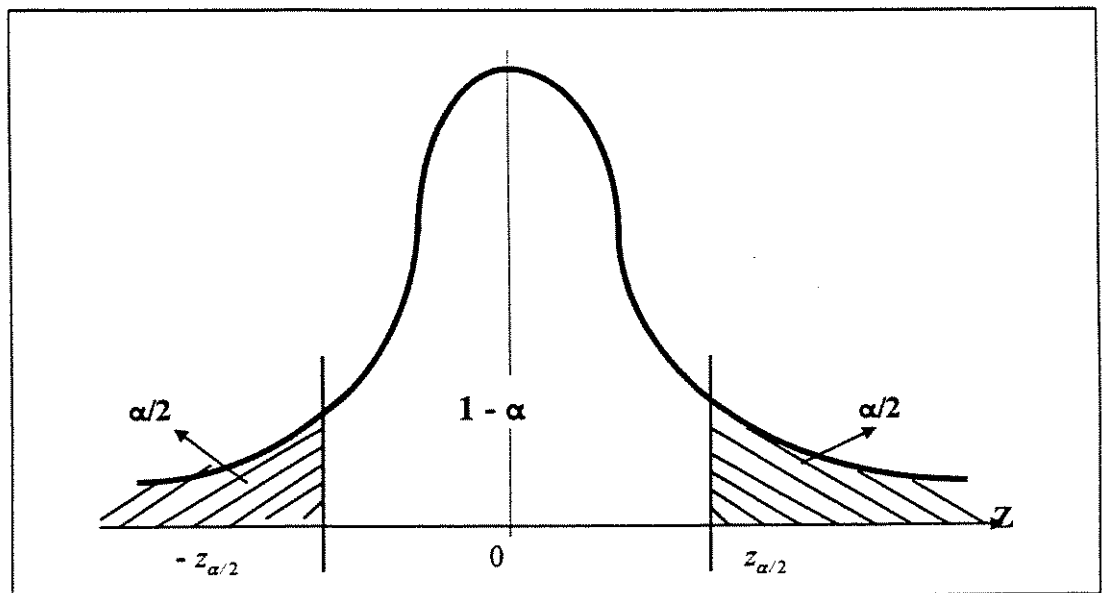


Figura A.1 Intervalo de confiança para a proporção populacional p .

Tabela A.1 Variável Normal Padronizada ("score" reduzido) da Distribuição Normal

α	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
,0		2,575829	2,326348	2,170090	2,053749	1,959964	1,880794	1,811911	1,750686	1,695398
,1	1,644854	1,598193	1,554774	1,514102	1,475791	1,439531	1,405072	1,372204	1,340755	1,310579
,2	1,281552	1,253565	1,226528	1,200359	1,174987	1,150349	1,126391	1,103063	1,080319	1,058122
,3	1,036433	1,015222	,994458	,974114	,954165	,934589	,915365	,896473	,877896	,859617
,4	,841621	,823894	,806421	,789192	,772193	,755415	,738847	,722479	,706303	,690309
,5	,674490	,658838	,643345	,628006	,612813	,597760	,582842	,568051	,553385	,538836
,6	,524401	,510073	,495850	,481727	,467699	,453762	,439913	,426148	,412463	,398855
,7	,385320	,371856	,358459	,345126	,331853	,318639	,305481	,292375	,279319	,266311
,8	,253347	,240426	,227545	,214702	,201893	,189118	,176374	,163658	,150969	,138304
,9	,125661	,113039	,100434	,087845	,075270	,062707	,050154	,037608	,025069	,012533
α	,002	,001	,0001	,00001	,000001	,0000001	1×10^{-7}	1×10^{-8}	-	-
z	3,090232	3,290530	3,89059	4,41717	4,89164	5,32672	5,73073	6,10941	-	-

Fonte: Citado em [22].

Nota: O corpo da tabela indica os valores de z tabelados em função das áreas sob a curva normal reduzida.

O termo $z_{\alpha/2} \sqrt{(\pi(1-\pi)/n)}$, é a margem de erro que cometemos ao estimar π por p , com um nível de confiança de $1 - \alpha$. Esse valor depende tanto do nível de confiança como do tamanho amostral n , portanto se fixarmos a margem de erro aceitável, β , $0 < \beta < 1$, para a nossa estimação temos a seguinte expressão para n :

$$n = \frac{(z_{\alpha/2})^2 \pi(1-\pi)}{\beta^2} \quad (\text{A.4})$$

Como podemos notar a expressão acima depende ainda de uma quantidade desconhecida, π , essa quantidade pode ser substituída por alguma estimativa subjetiva que tenhamos para ela. O mais comum é que não tenhamos idéia sobre esse valor, então podemos substituir π , por um valor que maximize a expressão acima. Pode-se mostrar que² a expressão acima será maximizada quando $\pi = 0,5$, nos fornecendo portanto a seguinte expressão para n :

$$n = \left(\frac{z_{\alpha/2}}{2\beta} \right)^2 \quad (\text{A.5})$$

Dessa maneira a expressão acima para n , dependerá somente das quantidades $z_{\alpha/2}$ e β , as quais são conhecidas.

Para calcular o Intervalo da proporção populacional p da amostra aleatória n que pertence à população específica N , com um nível de confiança $1 - \alpha$, onde α é o nível de significância e $z_{\alpha/2}$, é a variável normal padronizada da distribuição normal que deve ser calculada a partir da Tabela A.1, utiliza-se a expressão.

² A expressão de n é função de π , $n = n(\pi) = c(\pi - \pi^2)$, onde c é uma constante, $c = (z_{\alpha/2}/\beta)^2$, fica maximizada quando a sua derivada, $n'(\pi) = 0$, onde obtem-se o valor $\pi = 1/2$.

$$N(\pi - z_{\alpha/2} \sqrt{\pi(1-\pi)/n} \leq p \leq \pi + z_{\alpha/2} \sqrt{\pi(1-\pi)/n}) = 1 - \alpha \quad (\text{A.6})$$

onde:

N	população total (Universo do estrato)
π	freqüência da característica
α	nível de significância (fixa-se em base ao método aplicado na pesquisa)
n	tamanho da amostra
$z_{\alpha/2}$	variável normal padronizada da distribuição normal (Tabela A.1)

Exemplo 1

Uma amostra aleatória de 171 telefones do bairro residencial Cidade Universitária da cidade de Campinas-SP., mostrou que 22,8% possuem aquecedores solares. Qual é o Intervalo de confiança que podemos supor que seja o do número de aquecedores solares desse bairro, ao nível de significância de 5%, supondo que o número de residências que tem pelo menos um telefone é de $N = 1.570$? (Vide parágrafo 3.5).

Resolução:

Para os valores correspondentes que se descrevem a seguir:

N	= 1.570
π	= 0,228
α	= 0,05
n	= 171
$z_{\alpha/2}$	= 1,959 (Tabela A.1)

e aplicando a relação A.6 temos:

$$N(0,23 - 1,959 \sqrt{0,228(1-0,228)/171} \leq p \leq 0,23 + 1,959 \sqrt{0,228(1-0,228)/171}) = 1 - 0,05$$

$$N(0,167 \leq p \leq 0,293) = 0,95$$

$$(0,167 \times 1.570 \leq p \leq 0,293 \times 1.570) = 0,95$$

$$(262 \leq p \leq 460) = 95\% \quad \text{Rta.}$$

Ou seja, o número máximo de residências em Cidade Universitária com aquecedores solares é de 460, com nível de confiança de 95%, o valor médio desse intervalo é 361.

Exemplo 2

Uma amostra aleatória de 95 telefones do bairro residencial Nova Campinas da cidade de Campinas-SP., mostrou que 28,4% possuem aquecedores solares. Qual é o Intervalo de confiança que podemos supor que seja o do número de aquecedores solares desse bairro, ao nível de significância de 5%, supondo que o número de residências que tem pelo menos um telefone é de $N = 750$? (Vide parágrafo 3.5).

Resolução:

Para os valores correspondentes que se descrevem a seguir:

$$\begin{aligned} N &= 750 \\ \pi &= 0,284 \\ \alpha &= 0,05 \\ n &= 95 \\ z_{\alpha/2} &= 1,959 \text{ (Tabela A.1)} \end{aligned}$$

e aplicando a relação A.6 temos:

$$N(0,284 - 1,959\sqrt{0,284(1-0,284)/95} \leq p \leq 0,23 + 2,326\sqrt{0,284(1-0,284)/95}) = 1 - 0,05$$

$$N(0,139 \leq p \leq 0,321) = 0,95$$

$$(0,139 \times 750 \leq p \leq 0,321 \times 750) = 0,95$$

$$(105 \leq p \leq 240) = 95\% \quad \text{Rta.}$$

Ou seja, o número máximo de residências em Nova Campinas com aquecedores solares é de 240, com nível de confiança de 95%, o valor médio desse intervalo é 173.