

Roberto Ramos Matajs

**Demanda, Consumo e Custo das alternativas ao chuveiro
elétrico : O exemplo do Estado de São Paulo**

Dissertação apresentada ao Programa
Interunidades de Pós-Graduação em
Energia (IEE-USP, EPUSP, FEA-USP,
IFUSP) da Universidade de São Paulo
para a obtenção do título de Mestre em
Energia.

620.92:621.311

M425d

D-PIPGE/USP

e.2

Prof. Joseca Telles



São Paulo 1997

INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA - USP
BIBLIOTECA

254di

Roberto Ramos Matajs

**Demanda, Consumo e Custo das alternativas ao chuveiro
elétrico : O exemplo do Estado de São Paulo**

Dissertação apresentada ao Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (IEE-USP, EPUSP, FEA-USP, IFUSP) da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Energia.

Área de Concentração:
Área interdisciplinar de Energia

Orientador:
Prof. Dr. Murilo W.T. Fagá

São Paulo 1997

INSTITUTO DE ELETROTECNICA E ENERGIA - USP
BIBLIOTECA
254dl
9703

Aos meus familiares e amigos que me apoiaram e incentivaram no decorrer desses anos de estudos e pesquisas.

Agradecimentos

Ao professor Dr. Murilo W. Fagá por suas sugestões e orientações na elaboração deste trabalho.

Ao Cnpq pelo apoio financeiro, através de bolsa de estudo integral.

A todos funcionários das empresas CPFL, Eletropaulo, Cesp e Comgás que colaboraram fornecendo informações valiosas para a realização desse trabalho.

A todos os meus companheiros e amigos do IEE, IPEN, EPUSP e IFUSP.

A Fernanda B. Rosário pelo auxílio e sugestões nas revisões no texto, nas figuras e tabelas.

Demanda, Consumo e Custo das alternativas ao chuveiro elétrico : O exemplo do Estado de São Paulo.

Resumo

Abstract

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Abreviaturas

Capítulo 1 – Apresentação.

1.1 Motivação	1
1.2 Objetivos	4
1.3 Metodologia	5
1.4 Estrutura da dissertação	6
1.4.1 Problemática no aquecimento de água do setor residencial	6
1.4.2 Perfil do setor energético do estado de São Paulo	7
1.4.3 Chuveiro elétrico: Consumo e Demanda no estado de São Paulo	7
1.4.4 Outros equipamentos e tecnologias para aquecimento de água	8
1.4.5 Análise financeira das alternativas ao chuveiro elétrico	8
1.4.6 Recomendações Finais	9

Capítulo 2 – Problemática no aquecimento de água no setor residencial.

2.1 Retrospectiva	10
2.2 Situação atual	10

2.3 Ações para redução na participação do chuveiro elétrico no estado de São Paulo.....	16
---	----

Capítulo 3 – Perfil do setor energético do estado de São Paulo.

3.1 Consumo de energia no Estado de São Paulo.....	19
3.2 Perfil do fornecimento do gás combustível no Estado de São Paulo	22
3.3 Produção de energia elétrica do Estado de São Paulo	26
3.3.1 Estrutura tarifária aplicada ao setor residencial do Estado de São Paulo	30
3.3.1.1 Tarifa de energia elétrica para o consumidor residencial	35
3.3.1.2 Tarifa de suprimento entre as concessionárias de energia elétrica	35
3.4 Opções do Estado de São Paulo na Produção de eletricidade	37
3.4.1 Aumento da produção própria de energia elétrica.....	37
3.4.2 Aumento das importações de energia elétrica.....	41
3.4.3 Repotenciação das usinas Hidrelétricas.....	42
3.4.4 Aumento da participação do produtor independente.....	45

Capítulo 4 – O chuveiro elétrico: Consumo e Demanda no estado de São Paulo.

4.1 Características do chuveiro elétrico.....	47
4.2 Consumo mensal de energia do chuveiro elétrico.....	53
4.3 Demanda de potência do chuveiro elétrico.....	57
4.4 Gerenciamento da demanda do chuveiro elétrico	59

Capítulo 5 – Outros equipamentos para aquecimento de água no setor residencial

5.1 Aquecedor de acumulação	65
5.1.1 Aquecedor de acumulação elétrico.....	66
5.1.2 Aquecedor de acumulação a gás	67
5.1.3 Aquecimento de água por energia solar	67
5.2 Consumo de energia nos aquecedores de acumulação.....	73
5.2.1 Perdas de calor no reservatório de aquecedor de acumulação	75
5.2.2 Perdas de calor nas paredes do reservatório	75
5.2.3 Perdas de calor nas tubulações de água quente.....	77
5.2.4 Perdas de inércia térmica nas paredes do reservatório	78
5.2.5 Consumo de energia durante o banho	78
5.3 Consumo de energia no Aquecimento Solar de água	88
5.3.1 Dimensionamento de sistemas de aquecimento solar	88
5.3.2 Determinação da área dos coletores solares	94
5.3.3 Escolha da área de coletores instalada e fonte de energia complementar	99
5.3.4 Preço dos sistemas de aquecimento solar	107
5.4 Aquecedor de passagem.....	109
5.4.1 Aquecedor de passagem elétrico	110
5.4.2 Aquecedor a gás.....	110
5.4.2.1 Consumo de energia do aquecedor de passagem a gás	111
Capítulo 6 – Análise financeira das alternativas ao chuveiro elétrico.	
6.1 Identificação dos grupos envolvidos na análise econômica	113

6.1.1	Atratividade econômica para os grupos envolvidos.....	114
6.1.2	Perspectiva da concessionária de energia elétrica.....	114
6.1.3	Perspectiva do consumidor participante.....	114
6.1.4	Perspectiva do consumidor não-participante.....	115
6.1.5	Perspectiva da sociedade.....	115
6.2	Grupos analisados.....	116
6.3	Critérios econômicos aplicados aos grupos analisados.....	116
6.4	Análise dos resultados das figuras de mérito.....	118
6.4.1	Análise dos resultados do consumidor.....	119
6.4.2	Análise dos resultados da concessionária de energia elétrica.....	126
6.5	A escolha da alternativa beneficiando o consumidor e a concessionária de energia elétrica.....	128
6.5.1	Consumidor e concessionária de energia elétrica dividindo o investimento inicial.....	129
6.5.1.1	Novo Tempo de retorno para o consumidor.....	130
6.5.1.2	Análise do CPEP para a concessionária de eletricidade.....	132
6.6	Avaliação da substituição do chuveiro elétrico por sistema de aquecimento solar em apartamentos de edifícios.....	134

Capítulo 7 – Considerações Finais.

7.1	Conclusões.....	141
7.2	Recomendações.....	152

Resumo

Este trabalho avalia o consumo, a demanda e o custo das alternativas ao chuveiro elétrico. A possibilidade de substituição desse equipamento pode contribuir na redução do pico na demanda de potência no horário de ponta das concessionárias de energia elétrica.

A motivação para realização desse trabalho é justificada, ao analisar as curvas de carga do setor residencial nacional e em particular do estado de São Paulo - que serviu de base para esse estudo -, onde é possível identificar a demanda de potência requerida pelos 4 milhões de chuveiros elétricos, ligados quase que simultaneamente durante o período das 18 as 19 horas.

Através de uma análise técnica-financeira avalia-se tanto para o consumidor quanto para a concessionária os custos e benefícios de cada alternativa. Os primeiros resultados indicam que nenhuma das alternativas apresenta viabilidade econômica para ambos participantes.

A melhoria nos resultados surge quando considera-se que a concessionária de energia elétrica, ao invés de investir na oferta da expansão de energia, propõe investir na demanda, subsidiando parte do investimento inicial necessário para aquisição das alternativas que podem beneficiar ambos participantes.

Abstract

The purpose of this work is to evaluate the consumption, the demand and the costs of the alternatives to the electric shower. The possibilities replace this equipment can contribute the reduction of the higher demand of the potency in the period of the major of electric energy supplier.

The realisation of this work was motivated by analysing the power curves of the national residential sector and particularly in São Paulo – that served as a basis for this study – and where it is possible the identification of the required potency demand of the almost 4 million electric showers, all of them switched on daily at the same time at least once during the maximum period demand of the electric sector.

Through the financial analysis it is possible to evaluate for both the consumer and the supplier the costs and benefits of each possible alternatives for the electric shower. The results of the first analysis show some restrictions to the economic viability for both participants.

The improvement in the results arises in a second analysis, when it is being considered that the electric power supplier, instead of investing in the offer expansion, proposes itself to invest in the demand, subsidizing part of the necessary initial investment in the acquisition of the alternatives that can benefit both participants.

Lista de Tabelas

- Tabela 2.1 Participação por categoria de uso no consumo de eletricidade
- Tabela 2.2 Grau de difusão dos equipamentos de aquecimento de água
- Tabela 2.3 Distribuição do consumo de energia do chuveiro elétrico por regiões
- Tabela 3.1 Consumo final de energia das fontes secundárias no Estado de São Paulo – 1995
- Tabela 3.2 Consumo de energia final das fontes primárias no estado de São Paulo – 1995
- Tabela 3.3 Consumo final das fonte de energia no setor residencial de São Paulo
- Tabela 3.4 Preço do GLP
- Tabela 3.5 Número de consumidores de gás canalizado
- Tabela 3.6 Tarifa de Gás distribuído pela Comgás no Estado de São Paulo
- Tabela 3.7 Fornecimento estadual de energia elétrica (GWh) – 1995
- Tabela 3.8 Consumo de eletricidade por setor e concessionária (GWh) – 1995
- Tabela 3.9 Média mensal de consumidores residenciais – 1995
- Tabela 3.10 Tarifa elétrica por concessionária e estrato de consumo (R\$/kWh)
- Tabela 3.11 Alíquota de ICMS em função do consumo de eletricidade
- Tabela 3.12 Tarifa de eletricidade em função do consumo e do ICMS
- Tabela 3.13 Previsão do período das etapas de estudo de engenharia para usinas hidrelétricas
- Tabela 3.14 Etapas da expansão da oferta de eletricidade
- Tabela 3.15 Potência instalada no sistema interligado Sul Sudeste Centro/Oeste

- Tabela 3.16 Etapas da expansão da oferta de eletricidade no Sistema interligado Sul/Sudeste/Centro-Oeste 1995-2000
- Tabela 4.1 Preço de diferentes modelos de chuveiros elétricos
- Tabela 4.2 Valor presente do investimento inicial de três chuveiros
- Tabela 4.3 Freqüência semanal de utilização do chuveiro elétrico
- Tabela 4.4 Média regional de morador por Residência
- Tabela 4.5 Variáveis de cálculo do consumo mensal do chuveiro elétrico
- Tabela 4.6 Grau de difusão dos chuveiros elétricos nas concessionárias
- Tabela 4.7 Consumo mensal do chuveiro elétrico por Concessionária
- Tabela 4.8 Demanda diária do chuveiro no horário de pico - Inverno
- Tabela 5.1 Temperatura média mensal região Sudeste
- Tabela 5.2 Coeficiente de condutibilidade térmica de materiais isolantes
- Tabela 5.3 Perdas de calor nas paredes do reservatório
- Tabela 5.4 Variáveis de cálculo do consumo de energia para os quatro banhos consecutivos
- Tabela 5.5 Consumo total de energia com aquecedor de acumulação
- Tabela 5.6 Radiação incidente mensal e média no plano inclinado ($I + 10^{\circ}\text{C}$) nas regiões solarimétricas (kWh/m^2)
- Tabela 5.7 Variação anual da área de coletores para as quatro regiões solarimétricas
- Tabela 5.8 Energia complementar em função da área de coletores - região I
- Tabela 5.9 Energia complementar em função da área de coletores - região II
- Tabela 5.10 Energia complementar em função da área de coletores - região III

- Tabela 5.11 Energia complementar em função da área de coletores - região IV
- Tabela 5.12 Preço do m² da área de coletores
- Tabela 5.13 Tarifas de eletricidade em função do consumo
- Tabela 5.14 LCC em função da área de coletores e energético - Região I
- Tabela 5.15 LCC em função da área de coletores e energético - Região II
- Tabela 5.16 LCC em função da área de coletores e energético - Região III
- Tabela 5.17 LCC em função da área de coletores e energético - Região IV
- Tabela 5.18 Preço do reservatório de 150 litros com complementação elétrica ou a gás
- Tabela 5.19 Preço do sistema solar Termo-sifão – região I
- Tabela 5.20 Preço do sistema solar Termo-sifão – região II
- Tabela 5.21 Preço do sistema solar Termo-sifão – região III
- Tabela 5.22 Preço do sistema solar Termo-sifão – região IV
- Tabela 5.23 Consumo de energia do aquecedor de passagem a gás
- Tabela 5.24 Consumo anual de gás combustível para aquecedor de passagem
- Tabela 6.1 Premissas das figuras de mérito do consumidor e concessionária
- Tabela 6.2 LCC (R\$) do chuveiro e suas alternativas para o consumidor - Região I
- Tabela 6.3 LCC (R\$) do chuveiro e suas alternativas para o consumidor - Região II
- Tabela 6.4 LCC (R\$) do chuveiro e suas alternativas para consumidor - Região III

- Tabela 6.5 LCC (R\$) do chuveiro e suas alternativas para consumidor - Região IV
- Tabela 6.6 Tempo de retorno para o consumidor em função do consumo, Região, fonte de energia complementar e potência do chuveiro (anos)
- Tabela 6.7 CPEP das alternativas ao chuveiro elétrico (R\$/kW)
- Tabela 6.8 Novo Tempo de retorno para o consumidor em função do consumo Região, fonte de energia complementar e potência do chuveiro (anos)
- Tabela 6.9 Energia consumida no edifício (kcal/mês)
- Tabela 6.10 LCC para as principais opções de área de coletores.
- Tabela 6.11 Formação do preço do sistema de aquecimento Solar
- Tabela 6.12 LCC do chuveiro (4,2 kW) e dos sistemas de aquecimento solar para os condôminos do edifício
- Tabela 6.13 Tempo de retorno para os condôminos em função do consumo e energético auxiliar (anos)

Lista de Figuras

- Figura 2.1 Distribuição do uso do chuveiro elétrico - região Sudeste
- Figura 3.1 Consumo final de energia das principais fontes do Estado de São Paulo - 1995
- Figura 3.2 Evolução anual do consumo de eletricidade e GLP no setor residencial de São Paulo.
- Figura 3.3 Área de concessão das companhias elétricas
- Figura 3.4 Tarifa em função do aumento do consumo de eletricidade e ICMs
- Figura 4.1 Vazão da água do banho vs temperatura ambiente - chuveiro 4,2 kW
- Figura 4.2 Vazão da água do banho vs temperatura ambiente - chuveiro 7,7 kW
- Figura 4.3 Participação do chuveiro elétrico no setor residencial e no consumo total de energia nas concessionárias do Estado de São Paulo
- Figura 5.1 Sistema termo-sifão
- Figura 5.2 Sistema circulação forçada
- Figura 5.3 Rendimento de um coletor plano com uma cobertura de vidro, em função da variação de temperatura do coletor e o meio ambiente e da energia incidente
- Figura 5.4 Componentes de um coletor solar plano
- Figura 5.5 Temperatura mensal e média anual na região Sudeste
- Figura 5.6 Variação nas vazões de água quente e fria durante 32 minutos
- Figura 5.7 Temperatura da água armazenada em relação a água do banho.
- Figura 5.8 Trajetória e posição do sol em função das estações do ano
- Figura 5.9 Regiões Solarimétrica do estado de São Paulo

- Figura 5.10 Radiação incidente no estado de São Paulo (kWh/m²dia)-Primavera
- Figura 5.11 Radiação incidente no estado de São Paulo (kWh/m²dia)-Verão
- Figura 5.12 Radiação incidente no estado de São Paulo (kWh/m².dia) - Outono
- Figura 5.13 Radiação incidente no estado de São Paulo (kWh/m².dia) - Inverno
- Figura 5.14 LCC em função da área de coletores e energético complementar
- Figura 5.15 LCC em função da área de coletores e energético complementar
- Figura 5.16 LCC em função da área de coletores e energético complementar
- Figura 5.17 LCC em função da área de coletores e energético complementar
- Figura 6.1 LCC do chuveiro e suas alternativas para o consumidor da região I
- Figura 6.2 LCC do chuveiro e suas alternativas para o consumidor da região II
- Figura 6.3 LCC do chuveiro e suas alternativas para o consumidor da região III
- Figura 6.4 LCC do chuveiro e suas alternativas para o consumidor - região IV
- Figura 6.5 Variação do CPEP em função da potência do chuveiro
- Figura 6.6 Tempo de retorno para consumidores que possuem acumulador com complementação elétrica
- Figura 6.7 Tempo de retorno para consumidores que possuem acumulador com complementação a GN
- Figura 6.8 LCC das opções de área de coletores para o edifício
- Figura 6.9 LCC do chuveiro e dos aquecedores solar elétrico, GN e GLP
- Figura 6.10 Tempo de retorno para os condôminos que utilizam chuveiros de diferentes potências

Lista de Abreviaturas

- AAE – Agência para Aplicação de Energia
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- BEESP – Balanço Energético do Estado de São Paulo
- CDHU – Companhia Desenvolvimento Habitacional Urbano
- Cecap – Conjuntos Habitacionais em Guarulhos
- CESP – Companhia Energética de São Paulo
- Comgás – Companhia de Gás de São Paulo
- CPEP – Custo da Potência Evitada de Pico
- CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz
- DNAEE – Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica
- DNC – Departamento Nacional de Combustíveis
- DSM – Demand Sided Management
- Eletropaulo – Eletricidade de São Paulo
- ELPO – Eletropaulo
- FRC – Fator de Recuperação de Capital
- GLD – Gerenciamento pelo Lado da Demanda
- GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
- GN – Gás Natural
- ICMS – Imposto Circulação de Mercadorias e Serviços
- LCC – Life Cycle Cost
- PAQ – Programa de Água Quente
- PNAD – Plano Nacional Amostragem Domiciliar

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PURPA – Public Utility Regulatory Policies Act

RMSP – Região Metropolitana de Grande São Paulo

RVP – Região Vale do Paraíba

SPBD – Simply Pay Back Descotended

TR – Tempo de retorno

UNICAMP – Universidade de Campinas

USP – Universidade de São Paulo

Capítulo 1 - Apresentação.

1.1 - Motivação.

O setor elétrico nacional se encontrará brevemente em condições de fornecimento de eletricidade próximas ao seu limite. As inúmeras obras de geração de energia elétrica em fase de construção, necessitam de grandes investimentos para serem concluídas. Além da incapacidade de investimento do Estado nessas obras, a previsão de término estará comprometida devido as mudanças que provavelmente ocorrerão com as privatizações e a lei de concessões de serviços públicos.

A inexistência de recursos financeiros, associado ao esgotamento de potenciais hídricos a preços compatíveis, condicionam os governantes a buscar alternativas que se viabilizem a curto prazo de forma a evitar que se atinja a condição de racionamento de energia elétrica.

Nacionalmente, o plano 2015 apresenta alternativas para a expansão da geração de energia elétrica, através da construção de usinas termoelétricas pela iniciativa privada na região Sul/Sudeste, sendo o gás natural da Bolívia, utilizado como combustível nas termoelétricas da região Sudeste. Uma segunda alternativa seria a interligação entre os sistemas Sul/Sudeste/Centro e o sistema Norte/Nordeste.

2

Ambas alternativas estão planejadas para o decênio 1995 a 2004, devendo ser destacado que a possível participação da iniciativa privada na concessão das usinas térmicas, deverá ser feita através de licitações.

O plano 2015, além da expansão da oferta de energia elétrica, considera a adoção de programas de conservação e uso eficiente de energia elétrica, que atuem em diferentes setores da economia. A identificação desses programas é feita pelo PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica).

O PROCEL foi criado em 30/12/85 por iniciativa do ministério das Minas e Energia e do Ministério da Indústria e Comércio, tendo como principal objetivo a conservação, racionalização e uso eficiente da energia elétrica. Esses objetivos devem ser alcançados através de programas realizados por órgãos públicos ou privados, que submetem seus projetos ao governo Federal, de modo a adequá-los a legislação do setor elétrico e objetivos do PROCEL..

Possuindo o PROCEL um caráter Federal alguns estados, como por exemplo São Paulo, criaram grupos de avaliação de economia de energia. A agência para aplicação de energia (AAE), por exemplo, criada pelo governo do estado de São Paulo, tem como objetivo a elaboração de programas de racionalização e conservação de energia no estado de São Paulo.

O crescente consumo de energia, associado ao esgotamento dos potenciais hídricos à preços competitivos e ausência de recursos financeiros para término

das obras de expansão da oferta, entre outros motivos, motivaram a realização de inúmeros programas de conservação de energia elétrica por parte das concessionárias de energia elétrica.

A implantação de programas de conservação e uso racional de energia elétrica, pode ser através de diferentes conceitos. Atualmente no estado de São Paulo, existem aproximadamente 26 programas e atividades [41] em andamento relacionadas com economia de energia.

Entre estes diferentes programas, a maior parte baseia-se no conceito do gerenciamento pelo lado da demanda GLD (em inglês - Demand Side Management, DSM). O seu princípio, é o de separar o consumo total por setores e usos finais, identificando a participação de cada segmento no consumo total. Após essa identificação, estrutura-se programas de conservação e uso racional para atuarem nos principais usos finais.

No Estado de São Paulo, os setores de maior consumo são o industrial e o residencial que respectivamente representaram (50%) e (24%) do consumo total de energia elétrica em 1995 [40]. Ambos, através de ações da AEE, receberam apoio na implementação de alguns programas de conservação e uso racional de energia.

Em 1988 a nível Nacional o setor residencial, foi alvo de uma pesquisa de posse de eletrodomésticos e hábitos de consumo realizada pelo PROCEL [30].

Entre as inúmeras informações obtidas com essa pesquisa, conclui-se que um dos principais usos finais, na época foi o aquecimento de água, responsável por 33% do consumo total de energia elétrica do setor residencial, sendo que o principal equipamento utilizado na ocasião era o chuveiro elétrico.

O alto potencial de penetração desse equipamento, somado a sua utilização em períodos concentrados do dia, contribui com significativos picos na curva de carga, com uma participação bastante significativa no horário de ponta [30].

No caso das concessionárias paulistas, as mesmas possuem uma potência instalada em sua área de concessão inferior a demanda requerida, tendo que complementar através de importações de energia elétrica o restante, para atender a demanda diária de potência.

1.2 - Objetivos.

Identificar a participação do chuveiro elétrico no consumo e demanda de energia elétrica do Estado de São Paulo.

Apresentar os equipamentos e tecnologias que possam substituí-lo, fazendo uma descrição técnica e funcional que possibilite avaliar o consumo e demanda de energia elétrica de cada equipamento alternativo.

Com base nas descrições técnicas e funcionais fazer uma análise financeira para o consumidor e concessionária de serviços elétricos, comparando o chuveiro elétrico com as alternativas tecnicamente viáveis.

1.3 - Metodologia.

Devido a ausência de informações específicas do setor residencial do estado de São Paulo, será feito um levantamento de informações da região Sudeste, as quais servirão de suporte para as informações existentes para o setor residencial do Estado de São Paulo. Esses dados serão confrontados e atualizados aos fornecidos pelas principais concessionárias de energia do Estado.

A seguir será avaliado o consumo de energia elétrica e demanda de potência do chuveiro elétrico, separado por concessionária e estrato de consumo. Essa avaliação será feita utilizando dados das pesquisas do Procel [30] e relatórios das concessionárias.

A etapa seguinte apresentará alguns dos equipamentos disponíveis para substituição do chuveiro elétrico, descrevendo suas características técnicas e funcionais. Os equipamentos estudados serão: o aquecedor de acumulação elétrico, a gás e a energia solar; o aquecedor de passagem elétrico e a gás.

Após a apresentação das características técnicas e funcionais, será calculado o consumo de energia dos equipamentos utilizados para aquecimento de água para o banho.

Finalmente será avaliada a possibilidade de substituição do chuveiro elétrico pelas alternativas tecnicamente viáveis. Ainda nesse capítulo será feita uma análise financeira envolvendo os investimentos para o setor elétrico e para os consumidores, utilizando figuras de mérito econômico.

1.4 - Estruturação da dissertação.

Este trabalho está dividido em 6 capítulos, cujo o conteúdo será apresentado da seguinte forma:

1.4.1 Problemática no aquecimento de água do setor residencial.

Faz-se uma retrospectiva dos estudos realizados nos últimos dez anos sobre o aquecimento de água para o banho no setor residencial, comentando os seus principais resultados e recomendações.

Após essa retrospectiva, partindo de informações da pesquisa do Procel de 1988, apresenta-se a situação do ano de 1995 para o aquecimento de água do setor residencial da região Sudeste.

Em seguida faz-se um comentário sobre os atuais programas de economia de energia, relacionados com a problemática de aquecimento de água no setor residencial do estado de São Paulo.

1.4.2 Perfil do setor energético do estado de São Paulo.

Utilizando informações do Procel, PNAD [21] e das concessionárias de energia, apresenta-se o consumo e a demanda dos principais energéticos utilizados no setor residencial. As informações das concessionárias são separadas por companhias, estrato de consumo, consumidores, de modo que se possa avaliar os resultados de consumo e demanda do estado de São Paulo.

1.4.3 O chuveiro elétrico: Consumo e Demanda no estado de São Paulo.

Esse capítulo apresenta o princípio de funcionamento do chuveiro elétrico, possibilitando avaliar características de conforto dos diferentes modelos, quanto a temperatura e a vazão de água do banho.

Utilizando informações dos capítulos anteriores, calcula-se o consumo de energia e demanda de potência, por concessionárias, permitindo avaliar a participação do chuveiro elétrico no período de ponta do setor residencial do estado de São Paulo.

1.4.4- Outros equipamentos e tecnologias para aquecimento de água.

São apresentadas alguns equipamentos e tecnologias que podem ser utilizadas no setor residencial como alternativas para o chuveiro elétrico, descrevendo os seus aspectos técnicos e funcionais e também o custo operacional dos aparelhos que apresentam viabilidade técnica de substituição ao chuveiro elétrico.

Ainda nesse capítulo apresenta-se a radiação solar incidente sobre o estado de São Paulo, permitindo analisar a utilização de sistemas de aquecimento solar, com uso exclusivo para fornecimento de água para banho em sistemas individuais residenciais e sistema coletivo em apartamentos de edifício.

1.4.5 - Análise financeira das alternativas ao chuveiro elétrico.

Com base nas informações dos capítulos anteriores será feita uma análise financeira utilizando figuras de mérito econômico, avaliando a viabilidade de substituição dos equipamentos alternativos ao chuveiro elétrico.

Essa avaliação consistirá de duas análises, sendo que na primeira, tanto o consumidor quanto a concessionária assumem todo o investimento inicial referente aquisição dos equipamentos propostos como alternativa ao chuveiro

elétrico. E na segunda análise o investimento inicial é dividido entre o consumidor e a concessionária.

1.4.6 - Considerações Finais.

Faz-se uma conclusão, descrevendo as principais observações e resultados de cada capítulo. A seguir descreve-se o que pode ser feito para tentar aprimorar as observações e os resultados obtidos.

Capítulo 2 - Problemática no aquecimento de água do setor residencial.

2.1 - Retrospectiva

Essa retrospectiva de dez anos, apresenta resumidamente os principais estudos relacionados com a problemática que envolve o aquecimento de água para banho no setor residencial.

Em 1985, a CESP [10] realizou um diagnóstico da situação da indústria de energia e de seu mercado, com interesse em subsidiar uma eventual formulação de políticas para energia solar.

As conclusões desse estudo apontam que na época, a energia elétrica utilizada para aquecimento de água representava 42% do total consumido no setor residencial e 8% do total de energia consumida no estado. Sendo que essa energia era consumida nos domicílios por chuveiros elétricos e aquecedores de acumulação em 83% e em 4% respectivamente. Em relação a demanda, o estudo conclui que o aquecimento de água era responsável por 1,5 GW, durante o horário de ponta.

Uma outra conclusão indicou que os níveis de radiação em 90% do território favoreciam a utilização da energia solar, entretanto os equipamentos solares térmicos produzidos no país não apresentavam desempenho satisfatório.

Por fim uma outra conclusão desse estudo apresentou valores de tempo de retorno satisfatórios aos consumidores, em função da taxa de desconto utilizada e dos equipamentos alternativos a qual o sistema de aquecimento solar foi comparada.

Moreira em 1985 [31], estudou a utilização da energia solar no Brasil. Parte desse estudo, analisou o setor residencial onde avaliou a utilização de coletores planos para aquecimento de água no Brasil.

O autor conclui que o tempo de retorno para o consumidor é superior a vida útil do sistema de aquecimento solar, caso o mesmo substitua o chuveiro elétrico. O principal impasse que inviabilizava a substituição era o investimento inicial.

Moreira sugeriu que o estímulo a pesquisas de novos modelos e sistemas, colaborariam para a queda no custo inicial.

Prado [35] em 1987, pesquisou o gerenciamento da demanda e consumo de energia elétrica para aquecimento de água em habitações de interesse sociais. Ele conclui que o chuveiro elétrico é um dos principais equipamentos utilizados nessas residências. Devido ao seu alto grau de difusão, simultaneidade de uso e alta potência o chuveiro compromete a demanda de energia elétrica para as concessionárias de eletricidade.

Prado apresentou os equipamentos disponíveis para substituição do chuveiro elétrico e as possíveis contribuições individuais de cada equipamento na curva

de carga do sistema. A utilização da energia solar e da bomba de calor foram brevemente comentadas, pois o custo elevado e os atrasos tecnológicos de ambas, não permitiria ou justificaria, uma análise mais detalhada.

Como conclusão principal, esse trabalho indicou a substituição do chuveiro elétrico pelo aquecedor de passagem a gás, lembrando que a solução para o aquecimento de água para banho em unidades residenciais, deve ser debatido entre concessionárias, órgãos de financiamento de habitações e instituições financeiras privadas.

Em 1990 a CPFL [8], elaborou um estudo, que propunha a otimização da potência da resistência elétrica, em função dos valores de temperatura ambiente e vazão média de água, para as diferentes regiões do Brasil. Esse trabalho concluiu que essa otimização traria uma redução no consumo e demanda de energia elétrica para o país. Os autores finalizam concluindo que os fabricantes de chuveiros não teriam problemas em realizar essas otimizações.

Denardin [13], em 1992 concentrou seus estudos numa metodologia de cálculo para custo da energia dos equipamentos utilizados no aquecimento de água do setor residencial. Os equipamentos analisados foram os aquecedores de passagem e de acumulação a gás e elétrico. O mesmo concluiu que entre as alternativas existentes, o aquecedor de acumulação a gás apresentaram os melhores resultados em relação ao custo de energia.

Olívia [33] em 1995, trabalhou com testes de protótipos de sistemas de aquecimento solar. Esse estudo considerou o aquecedor solar trabalhando em parceria com um chuveiro elétrico. O sistema de aquecedor solar fornece uma quantidade inicial de calor para a água armazenada e o chuveiro elétrico complementa o restante, possibilitando assim a redução da potência do chuveiro elétrico. O custo inicial e o tempo de retorno para esse sistema são inferiores, comparados a um sistema de aquecimento solar, que realize a mesma função.

2.2 - Situação atual.

O Procel realizou em 1988 uma pesquisa de posse de eletrodomésticos e hábitos de consumo [30]. O objetivo dessa pesquisa foi de determinar a participação dos principais eletrodomésticos no consumo e na curva de carga do setor residencial, essa pesquisa abrangeu todo o país e foi dividida por região e concessionária.

Para permitir várias possibilidades de análise, a pesquisa do Procel agrupou os eletrodomésticos conforme a sua categoria de uso. A tabela 2.1, apresenta as categorias de uso adotadas e a participação no consumo de eletricidade no setor residencial, para a região Sudeste, no ano de 1988.

Tabela 2.1- Participação por categoria de uso no consumo de eletricidade

Categoria de uso	Participação (%)
Refrigeração/Climatização	41,6
Aquecimento	33,0
Lazer	14,4
Limpeza/Serviços auxiliares	7,5
Cocção/ Auxiliar alimentação	2,8
Uso pessoal	0,5

Fonte: Procel - 1988

Observa-se na tabela 2.1, que o aquecimento de água foi um dos grupos que mais consumiu energia elétrica, 33%.

Os equipamentos utilizados para aquecimento de água, possuem diferentes graus de difusão em função da região, entretanto pode-se verificar na tabela 2.2, que o chuveiro elétrico era o equipamento mais utilizado na região Sudeste, na época da pesquisa.

Tabela 2.2 - Grau de difusão dos equipamentos de aquecimento de água¹ - região Sudeste

Equipamento	Domicílios	%
Chuveiro elétrico	9.230.040	83,5%
Aquecedor de Acum. Elétrico	127.907	1,1%
Aquecedor de Pass. Elétrico	85.461	0,7%
Outros	1.813.590	14,7%
Total	11.051.630	

Fonte: Procel - 1988

O chuveiro elétrico apresenta um grau de difusão elevado quando comparado aos demais equipamentos. Esse alto grau de difusão repercute diretamente no consumo de energia elétrica da região sudeste, devido ao seu elevado índice populacional.

A tabela 2.3, apresenta a participação do chuveiro no consumo de energia elétrica de cada região.

Tabela 2.3 - Distribuição do consumo de energia do chuveiro elétrico por regiões

Regiões	Consumo (GWh.dia)	%
Sudeste	14,2	65%
Sul	5,0	23%
Centro-Oeste	1,3	6%
Nordeste	0,8	4%
Norte	0,4	2%
Total	21,7	

Fonte : Procel - 1988

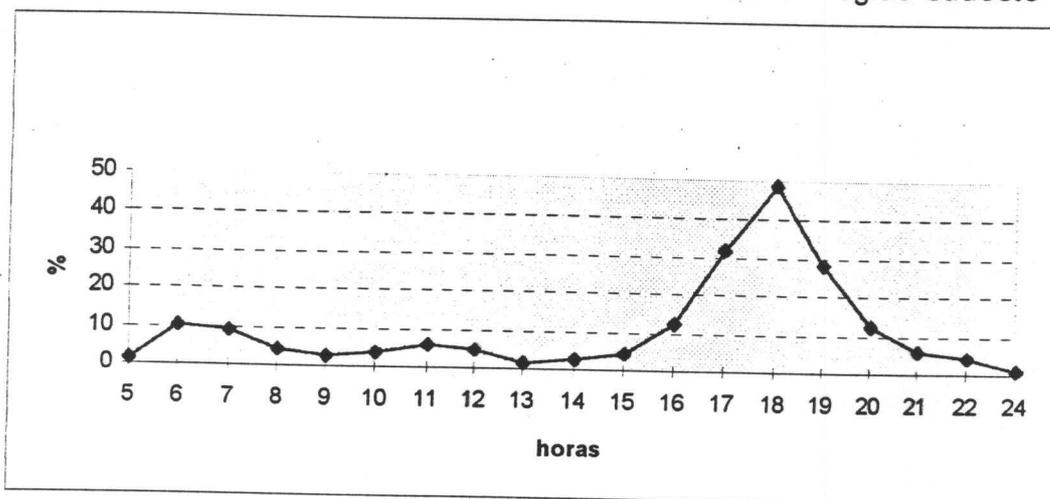
Pode-se observar que juntas as regiões Sul e Sudeste, representaram aproximadamente 90% do total de energia elétrica consumida no aquecimento de água através de chuveiro elétrico, no país.

A utilização do chuveiro elétrico acontece durante todo o dia, concentrando-se em determinados períodos, entre 18 e 19 horas. Esse intervalo de uma hora, coincide com o período de ponta do sistema elétrico do setor residencial.

Dados da pesquisa do Procel [30], indicam que nesse período entre 18 e 19 horas, em 50% das residências, pelo menos uma pessoa está com o chuveiro ligado. No gráfico apresentado na figura 2.1, nota-se a participação em porcentagem, do chuveiro elétrico ao longo de um dia da semana, na região Sudeste.

¹ - Considera-se que em cada domicílio existe pelo menos um equipamento para aquecimento de água

Figura 2.1 - Distribuição do uso do chuveiro elétrico - região Sudeste



Fonte: Procel - 1988

Avaliando as informações do Procel, considera-se que a energia elétrica consumida na região Sudeste, pelo chuveiro na época da pesquisa, era de 5,18 TWh/ano. Esse valor representou 12% do total de energia consumida no setor residencial Brasileiro no mesmo ano [30].

Considerando a mesma participação de 12%, do ano de 1988, estima-se que no ano de 1995, os chuveiros elétricos da região Sudeste consumiram 7,6 TWh de energia elétrica.

2.3 – Ações para a redução na participação do chuveiro elétrico no estado de São Paulo.

Interessada em reduzir a participação dos chuveiros elétricos, no consumo de energia para aquecimento de água para o banho no setor residencial do estado de São Paulo, a AAE vem implementando programas para substituir a utilização do chuveiro elétrico.

Um programa denominado PAQ [41] (programa de água quente) implementado através da parceria entre a ELPO e a Comgás, propõe a substituição do chuveiro elétrico por um aquecedor de acumulação ou de passagem a gás, para consumidores que sejam clientes da Comgás.

O projeto piloto foi concluído pela Comgás, com a instalação de 35 aquecedores. A ELPO que realizou o monitoramento antes e depois da substituição do chuveiro pelo aquecedor a gás, informou que a princípio houve uma redução de 31% da demanda de potência no horário da ponta, nas residências participantes no programa.

Devido aos resultados otimistas a Comgás está ampliando o projeto para atender mais 5000 consumidores, sendo que o financiamento do aquecedor está sendo feito através de uma linha de crédito bancário.

Um segundo projeto voltado para a redução da utilização do chuveiro elétrico, propõe a instalação de aquecedores a GLP, devido a ausência de redes de gás natural, em novas edificações. A implementação do mesmo será feita em sociedade entre Comgás/CDHU/USP e ELPO [41].

Uma terceira experiência está sendo realizada pela UNICAMP/CPFL, utilizando um protótipo denominado "pré-aquecedor solar de água para chuveiros elétricos de potência reduzida [33].

Este protótipo consiste basicamente de um aquecedor solar de menor custo inicial, o qual fornecer um aquecimento para a água antes da mesma ir para o chuveiro. Essa água pré aquecida permite que se reduza a potência do chuveiro elétrico.

A análise da viabilidade econômica, demonstrou que para o consumidor residencial o investimento inicial não retorna através da economia do custo operacional. No caso da concessionária de energia elétrica, a utilização desse pré-aquecedor apresenta-se economicamente viável por proporcionar uma redução do consumo e demanda no horário de ponta.

Essas três ações fazem parte do Programa de racionalização e economia de energia no estado de São Paulo [41], sobre a fiscalização e acompanhamento da AAE. Entretanto todos esses programas possuem um raio de ação limitado, pois são programas regionais que devido as características dos equipamentos utilizados não podem ser implementados em outras regiões.

Capítulo 3 - Perfil do setor energético do Estado de São Paulo.

3.1- Consumo de energia no Estado de São Paulo

O Estado de São Paulo consumiu aproximadamente 444.370×10^9 kcal de energia, o que representou 31% no consumo global do país em 1995 [40]. O consumo para fins energéticos foi de 382.359×10^9 kcal, o qual distribuiu-se entre os diferentes setores. Os principais setores foram o industrial 35%, o de transportes 39%, o residencial 9,5% o energético¹ 8%, e outros 8,5%.

O consumo de energia para fins energéticos nos diferentes setores foi sustentado através da utilização de fontes primárias (5%) e fontes secundárias (95%) de energia². As principais fontes de energia secundárias e primárias, bem como a energia consumida são apresentadas nas tabelas 3.1 e 3.2.

Tabela 3.1 - Consumo Final de energia das fontes secundárias no estado de São Paulo -1995

Fontes de energia Secundária	Consumo anual (10^9 kcal)
Eletricidade	75.823
Óleo diesel	61.863
Bagaço de cana de açúcar	53.255
Alcool (Étilico, Anidro e Hidratado)	52.480
Óleo Combustível	42.270
Gasolina	39.568
GLP	16.857
Coque carvão mineral	13.027
Querosene	12.690
Nafta e Gás canalizado	2.557
Gás de refinaria e coqueria	8.942
Outras	4.696
Carvão Vegetal	523
Total	358.318

¹ Energia consumida nos centros de transformações e/ou processos de extrações e transportes internos de produtos energéticos, na sua forma final (BEESP 1994 - pag. 154)

² As fontes de energia são classificadas como fontes primárias, quando são encontradas originalmente na natureza, não passando por nenhum processo de transformação, e as fontes secundárias de energia, necessitam de um processo de transformação que permita a sua utilização. (BEESP 1994 - pag. 151).

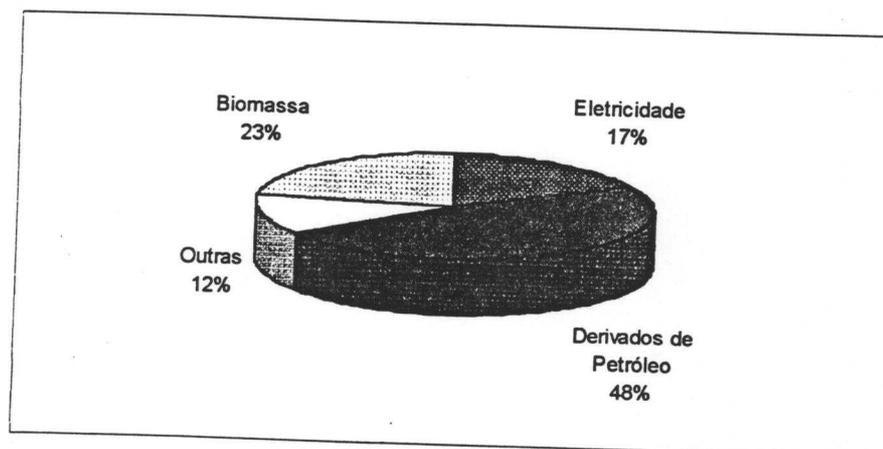
Tabela 3.2- Consumo de energia final das fontes primárias no estado de São Paulo - 1995

Fontes de energia Primaria	Consumo anual (10^9 kcal)
Lenha	9.940
Gás natural	7.471
Outras	5.598
Carvão vapor	1.032
TOTAL	24.041

Fonte: BEESP 1995

Analisando as tabelas 3.1 e 3.2 pode-se agrupar os energéticos em derivados de petróleo, eletricidade e biomassa de forma a identificar o consumo de cada grupo no estado de São Paulo no ano de 1995. A figura 3.1, ilustra essa situação.

Figura 3.1 - Consumo final de energia das principais fontes do estado de São Paulo - 1995



Fonte : BEESP - 1995

A participação dos principais energéticos, apresentados na figura 3.1, pode ser melhor explicada quando analisa-se o consumo de energia nos diferentes setores da economia no ano de 1995.

No setor industrial a biomassa, representada pelo o bagaço de cana e a lenha, é o energético de maior consumo com uma participação de 28%, seguido pela eletricidade e os derivados de petróleo com a participação individual de 26% cada. No setor de transportes os derivados de petróleo representaram 80%, seguido por 19% de álcool etílico e o restante por eletricidade.

Para o setor energético a principal fonte de energia foi a biomassa onde o bagaço de cana representou 63%, seguido dos derivados de petróleo com uma participação de 17%, sendo o restante fornecido por eletricidade e outras fontes de energia.

No caso do setor residencial a fonte de energia de maior consumo foi a eletricidade com uma participação de 48%. Os gases combustíveis representados pelo GLP (gás liqüefeito de petróleo), gás de nafta e o gás natural, participaram com 42%, deixando o restante para ser suprido pela lenha. A tabela 3.3 apresenta a participação dessas fontes de energia no setor residencial do Estado de São Paulo no ano de 1995.

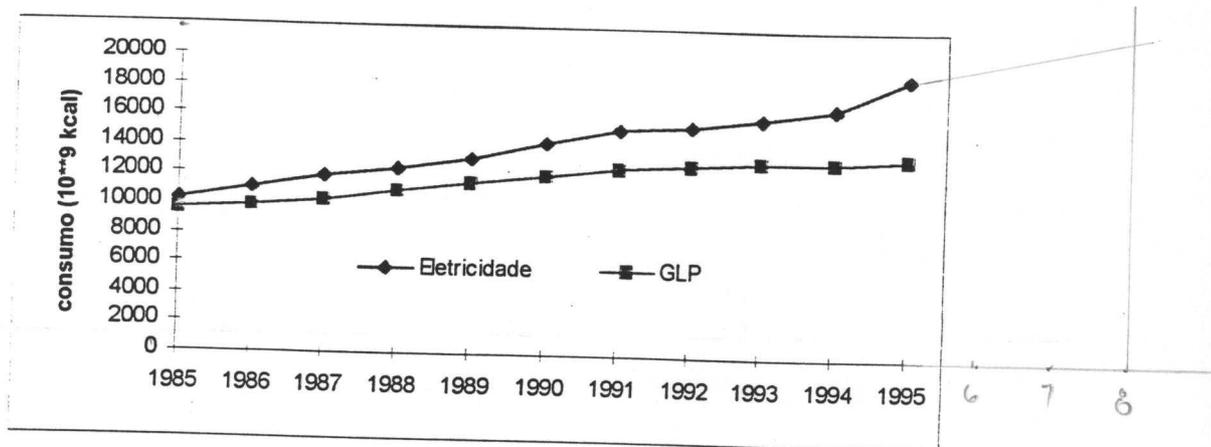
Tabela 3.3 - Consumo final das fontes de energia no setor residencial de São Paulo - 1995

Fontes de Energia	Energia (10 ⁹ kcal)	%
Eletricidade	18.761	51%
GLP	13.407	37%
Lenha	3.741	10%
Gás Natural	324	1%
Outras	241	1%
Total	36.286	

Fonte: BEESP - 1995

Pode-se notar que as fontes de energia mais consumidas no ano de 1995 foram a eletricidade e o GLP. Esse consumo elevado de ambas as fontes aconteceu também em anos anteriores, conforme mostra a figura 3.2.

Figura 3.2 - Evolução anual do consumo de eletricidade e GLP no setor residencial de São Paulo.



Fonte BEESP 1995

A predominância do consumo da eletricidade e do GLP, aliado a elevação no consumo anual de cada energético, justifica uma análise detalhada dessas fontes para o setor residencial do Estado de São Paulo.

3.2 - Perfil do fornecimento do gás combustível no Estado de São Paulo.

A distribuição do gás combustível no estado de São Paulo, divide-se entre companhias privadas e a Comgás (Companhia de Gás). As companhias privadas lideram o fornecimento do GLP, enquanto que a Comgás opera na distribuição do gás natural.

O PNAD (Plano Nacional de Amostragem Domiciliar) de 1988, através de pesquisa feita no setor residencial, com intuito de avaliar o tipo de combustível utilizado na cocção de alimentos, revelou uma taxa de acesso ao GLP/gás canalizado de 95,1% nas residências do Estado de São Paulo. Essa elevada taxa de acesso aliado ao seu preço baixo foram os principais fatores que motivaram o consumo desses energéticos. Bastos [7] em 1988, estimou o consumo médio de GLP em até 154 kg/ano, nas residências Paulistas.

Com base nessas pesquisas acredita-se que o consumo do GLP no setor residencial é praticamente todo direcionado a cocção de alimentos, conforme determina a Legislação Brasileira³. Sabe-se também que existem outras aplicações no setor residencial para o GLP, tais como aquecimento de água para as piscinas, saunas e banhos, entretanto não se conhece precisamente a participação nem o consumo de energia para tais usos finais.

O DNC (Departamento Nacional de Combustíveis) é o órgão responsável em fiscalizar as companhias privadas que distribuem o GLP no Estado de São Paulo. A distribuição desse combustível é feita através de botijões, variando de 2 a 45 kg a quantidade de gás armazenada nesses recipientes. O botijão mais utilizado no setor residencial é o de 13 kg. O botijão de 45 kg também é utilizado no setor residencial, principalmente em edifícios com tubulação central de gás, onde não exista a opção do gás de rua.

³ Portaria 843 de 31/10/90, determina a prioridade de uso na cocção de alimentos.

A reposição ou aquisição inicial dos botijões pode ser feita através de um serviço domiciliar, onde em caminhões que circulam pelas ruas da cidade o morador adquire um botijão recarregado, ou então no depósito da companhia distribuidora privada. Em ambos os casos é necessário que o morador entregue o seu botijão vazio na troca do botijão carregado.

O preço do GLP varia conforme o volume do botijão, a tabela 3.4, apresenta o preço de compra dos GLP no depósito da companhia e na entrega domiciliar, considerando os diferentes tipos de botijões.

Tabela 3.4 - Preço do GLP

Massa (kg)	Deposito (R\$/kg)	Entrega domiciliar (R\$/kg)
2	0,79	----
5	0,54	----
13	0,43	0,66
20	0,43	----
45	0,43	0,66

Fonte: Copagás (Março 1997)

A Comgás é responsável pela distribuição de três tipos de gases combustíveis: o Gás natural, o Gás de nafta e o GLP (na região de Cecap e São José dos Campos). A participação desses combustíveis em 1995 foi respectivamente dividida em 97,1%, 2,7% e 0,2% [11].

Atualmente são atendidas 15 cidades, pretende-se até o final de 1997 aumentar para 20, com a inclusão dos municípios de Pindamonhangaba, Cruzeiro, Lorena, Taubaté e Guaratinguetá. A capacidade de fornecimento diário de gás canalizado é de 11,5 milhões Nm^3 , enquanto o consumo diário é de 2,97 milhões Nm^3 [11].

Os setores de consumo do gás canalizado são o Industrial (89%), o Residencial (5,3%), o Comercial (4,4%) e o de Transportes (1,3%). Em 1995 o setor residencial apresentou um consumo mensal de 3,1 milhões de metros cúbicos de gás natural, 1,3 milhões de metros cúbicos de gás de nafta e 0,9 milhões de metros cúbicos de GLP.[11]

A Comgás possuía em 1995, um total de 244.697 consumidores de gás canalizado no setor residencial, a distribuição em relação ao tipo de gás foi feita conforme a tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Número de consumidores de gás canalizado

Gás canalizado	Número de consumidores	%
Natural	142.528	58%
Nafta	96.149	39%
GLP	6.020	3%
Total	244.697	

Fonte: Comgás

Devido ao registro e controle de seus consumidores, a Comgás conhece os principais usos finais do gás canalizado por ela distribuído, sendo que a cocção e o aquecimento de água, participaram respectivamente com 55% e 45% no consumo total [11].

A atual política tarifária em vigência na Comgás, além de dividir seus consumidores em faixas, utiliza-se dos termos⁴ fixo e variável, para calcular o valor de consumo mensal de gás combustível.

⁴ O termo fixo determina um valor pago independente do consumo e o termo variável é função do consumo mensal, sendo que quanto maior o consumo menor o valor.

⁵ Os valores variam conforme a região ZEMA ou RVP, respectivamente.

A tabela 3.6, apresenta os diferentes valores tarifários aplicados pela Comgás, para os três tipos de combustíveis distribuídos no setor residencial.

Tabela 3.6 - Tarifa de Gás distribuído pela Comgás no Estado de São Paulo

Gás	Faixa de consumo	Valor Fixo (R\$)	Valor Variável (R\$/m ³)
Natural	Até 5 m ³	6,78	----
	6 a 50 m ³	0,71	1,23
	51 a 130 m ³	11,28	1,04
	131 a 1000 m ³	53,07	0,70
	1001 a 5000 m ³	97,93	0,66
Nafta	Até 11 m ³	7,91	----
	12 a 115 m ³	0,61	0,61
	116 a 299 m ³	5,98	0,56
	300 a 2292 m ³	6,01	0,56
	2293 a 11463 m ³	112,05	0,52
GLP ⁵	Até 2 m ³	5,41 ou 6,37	----
	acima 2 m ³	----	2,71 ou 3,19

Fonte: Comgás - 1996

O preço final do gás natural, é acrescentado um imposto de 18%, cobrado através do chamado "cálculo por dentro", o que acaba representando um acréscimo de 25% no valor total.

3.3 - Produção de energia elétrica do Estado de São Paulo.

A potência elétrica instalada no estado de São Paulo é 95,5% de origem hidráulica e somente 4,5% é de origem térmica [40]. As companhias que colaboram com essa potência elétrica somam um total de 15 empresas, sendo 3 estatais e 12 particulares. Em 1995 a potência instalada dessas empresas era de 11 GW [40].

⁵ Os valores variam conforme a região ZEMA ou RVP, respectivamente.

As empresas que possuem uma participação mais significativa, no fornecimento de energia elétrica, são CESP (Companhia Energética de São Paulo), CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz) e a ELPO (Eletricidade de São Paulo), conforme apresenta a tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Fornecimento estadual de energia elétrica (GWh) - 1995

	CONCESSIONÁRIAS				TOTAL
	CESP	CPFL	ELPO	OUTRAS	
Produção	49802	449	946	230	51427
Recebe de fora dos estados	38213	0	357	5	38575
Total de energia disponível no Estado	88015	449	1303	235	90002
Repassa concessionárias estaduais	75119	0	0	0	75119
Recebe de concessionárias do estado	0	15584	56486	3049	75119
Repassa para outros estados	1008	10	1136	181	2235
Distribui em sua área de concessão	8811	14941	52697	2757	79206
Perdas	3077	1082	3956	346	8461

Fonte: Infoener - 1995

Do total de energia elétrica disponível para atender o estado, 42% foi recebido de outros estados por intermédio da CESP. As perdas de distribuição e transmissão somam cerca de 10% sobre o total disponível no estado. A concessionária que recebe a maior parcela de energia elétrica é a Eletropaulo, seguido pela CESP e CPFL.

A necessidade de oferta de energia elétrica em cada concessionária, é explicada pela área de concessão por ela abrangida e conseqüentemente o desenvolvimento sócio-econômico, originado pelas indústrias, residências e comércios, que pertencem a sua área de concessão. A tabela 3.8 apresenta a distribuição do consumo de eletricidade por setor, das três principais concessionárias estaduais.

Tabela 3.8 - Consumo de eletricidade por setor e concessionária (GWh)-1995

Setor	CONCESSIONÁRIAS				%
	CESP	ELPO	CPFL	TOTAL	
Industrial	4.449	27.937	6.644	39.030	51%
Residencial	1.883	12.682	4.074	18.640	24%
Comercial	630	7.283	1.741	9.654	12%
Rural	543	253	734	1.534	3%
Outras/Perdas	1.304	4.452	1.747	7.593	10%
Total	8.811	52.697	14.941	76.449	

Fonte: Infoener - 1995

Observando a tabela 3.8, nota-se que o setor residencial ocupa a segunda posição no consumo de energia elétrica das concessionárias e de um modo geral ele representa 24% do total.

Essa posição ocupada pelo setor residencial é explicada pelo número de consumidores atendidos pelas concessionárias de energia elétrica. Em 1995 as concessionárias do Estado, apresentaram um número de 8.629.596 consumidores, conforme mostra a tabela 3.9. Entretanto dados do PNAD 1993 [21], revelaram um número 8.694.998 residências eletrificadas no estado de São Paulo.

Apesar da comparação de anos distintos, e não considerando a possibilidade de um aumento no número de consumidores eletrificados, existe uma diferença entre a pesquisa do PNAD e os dados das concessionárias de energia elétrica, que pode ser atribuída ao grande número de ligações clandestinas e comunitárias existentes.

Tabela 3.9 - Média mensal de consumidores residenciais - 1995

Empresas	Números de consumidores	%
ELPO	5.044.186	58%
CPFL	1.810.825	21%
CESP	1.040.897	12%
OUTRAS	733.688	9%
TOTAL	8.629.596	

Fonte: Infoener - 1995

Verifica-se na tabela 3.9, que na área de concessão da ELPO, existe um maior número de consumidores, pois a sua área abrange a RMSP (Região Metropolitana da Grande São Paulo), onde há grande concentração populacional. As outras duas concessionárias CESP e CPFL possuem as suas concessões na região litorânea e no interior, respectivamente.

A figura 3.3, apresenta um mapa do Estado de São Paulo, onde é possível visualizar a área de concessão de cada concessionária.

Figura 3.3- Área de concessão das companhias elétricas



Fonte: AAE - 1995

Pode-se observar que as áreas pertencentes as concessionárias de energia elétrica, variam geograficamente de extensão. No caso da CESP a sua área de atuação é de 120.884 km², abrangendo 222 municípios das regiões do litoral e interior. Na CPFL a área de concessão é de 90.690 km², onde estão localizados 225 municípios do interior de São Paulo. A área de atuação da ELPO inclui 78 municípios, localizados numa área de 21.168 km², que compõe a região metropolitana do estado de São Paulo.

3.3.1 - Estrutura tarifária de energia elétrica aplicada ao setor residencial do estado de São Paulo.

A atual estrutura tarifária aplicada no setor residencial do estado de São Paulo, baseia-se no Decreto Federal 62.724/68, regulamentado pela portaria DNAEE 096/68. Essa portaria permite tributar proporcionalmente o consumidor, de acordo com a sua participação no custo de serviço, que nesse caso, tem com serviço prestado o fornecimento de energia elétrica.

O custo desse serviço, tem como referência os custos marginais de fornecimento e suprimento de energia elétrica aos diferentes consumidores que se dividem em grupos e sub-grupos. Conforme estrutura atual existem dois grupos de consumidores que são o grupo A e o grupo B.

Ao grupo A pertencem todos os consumidores ligados em tensão igual ou superior a 2,3 kV. A tarifa desses consumidores é estruturada de forma binômica, com uma componente de consumo de energia e outra componente de

demanda. O grupo A, é dividido ainda em 6 sub-grupos conforme o nível de tensão e característica do seu sistema.

No grupo B estão todos os consumidores conectados a uma tensão inferior a 2,3 kV. Para esses consumidores a tarifa aplicada é monômnia, considerando somente o consumo de energia elétrica. A esse grupo pertence os setores rural, residencial, comércio e serviços públicos.

3.3.1.1 - Tarifa de energia elétrica para o consumidor residencial

Em nível administrativo e financeiro as concessionárias dividem e agrupam seus consumidores em estratos, conforme o consumo mensal de energia elétrica individual. Atualmente, são utilizados pelas três concessionárias do Estado, a seguinte distribuição de estratos para os consumidores residenciais:

0	a	30 kWh
31	a	100 kWh
101	a	200 kWh
201	a	220 kWh
acima de		221 kWh

Existe um valor de tarifa de energia elétrica, chamado de valor convencional, a esse valor convencional é atribuído um desconto diferenciado para cada estrato de consumo, beneficiando os menores consumidores com descontos maiores, conforme mostra a tabela 3.10.

Tabela 3.10- Tarifa elétrica por concessionária e estrato de consumo (R\$/kWh)

Estrato	concessionárias			desconto
	CESP	CPFL	ELPO	
0 a 30 kWh	0,048	0,049	0,046	65%
31 a 100 kWh	0,082	0,084	0,079	40%
101 a 200 kWh	0,124	0,127	0,119	10%
201 a 220 kWh	0,137	0,141	0,132	0%
acima de 220 kWh	0,137	0,141	0,132	0%

Fonte: - AEE abril/97

Observa-se que o desconto sobre a tarifa convencional vai reduzindo, conforme aumenta o consumo mensal de energia. No caso dos consumidores que ultrapassam os 220 kWh mensais, não é oferecido nenhum desconto, ou seja, cobra-se a tarifa convencional para todo o consumo de energia elétrica.

O valor do fornecimento da tarifa de energia elétrica é acrescido da cobrança do ICMS. As alíquotas aplicadas são aplicadas sobre o valor fornecido em função da faixa de consumo, obedecendo os valores da tabela 3.11.

Tabela 3.11 - Alíquota de ICMS em função do consumo de eletricidade

Estrato consumo	ICMS
até 50 kWh	isento
51 a 200 kWh	12%
acima de 200 kWh	25%

Fonte: - AEE abril/97

A aplicação das alíquotas de ICMS sobre o valor de energia elétrica consumida, obedece uma metodologia chamada "cálculo por dentro", que considera como base de cálculo a energia mais o imposto.

Esse metodologia do "cálculo por dentro", aplicada sobre o ICMS, acaba elevando o custo da energia elétrica, conforme o respectivo consumo. Para calcular qual é o valor real do kWh pago pelo consumidor, deve-se dividir o valor total da conta de eletricidade pela energia elétrica consumida.

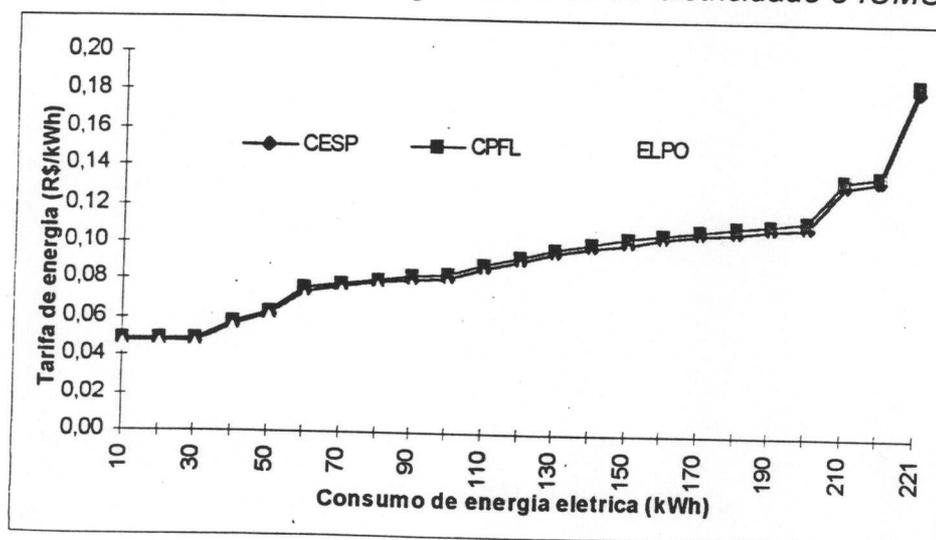
A Tabela 3.12, apresenta os valores finais⁶ das tarifas em função do consumo residencial e alíquota de ICMS aplicada.

Tabela 3.12 - Tarifa de eletricidade em função do consumo e do ICMS

Consumo (kWh/mês)	Tarifa de energia elétrica (R\$/kWh)		
	CESP	CPFL	ELPO
10	0,048	0,049	0,046
30	0,048	0,049	0,046
50	0,062	0,063	0,059
70	0,077	0,079	0,074
90	0,081	0,083	0,077
110	0,087	0,089	0,084
120	0,092	0,094	0,088
130	0,096	0,098	0,092
150	0,102	0,104	0,097
170	0,106	0,109	0,102
190	0,110	0,112	0,105
210	0,133	0,136	0,128
220	0,135	0,138	0,130
acima de 220	0,183	0,187	0,176

A figura 3.4, demonstra essa variação tarifária da energia elétrica em função do consumo de energia e do ICMS aplicado.

Figura 3.4 - Tarifa em função consumo de eletricidade e ICMS



⁶ No valor final já está considerado o valor do ICMS.

Para compreender a metodologia de desconto no cálculo da tarifa elétrica residencial, considera-se por exemplo, duas residências na área de concessão da ELPO. A primeira consumirá 220 kWh mensais e a segunda 221 kWh mensais, e calcula-se o preço da conta de eletricidade para ambas residências.

Residência 1 - (consumo de 220 kWh/mês):

Aplicando os valores de desconto por faixa de estrato e considerando uma alíquota de 25% de ICMS, o preço da conta de eletricidade será:

$$\begin{aligned}
 30 \text{ kWh} \times 0,046 &= 1,38 + \\
 70 \text{ kWh} \times 0,079 &= 5,53 + \\
 100 \text{ kWh} \times 0,119 &= 11,90 + \\
 20 \text{ kWh} \times 0,132 &= 2,64..+ \\
 \text{Total de fornecimento} &= 21,45 + \\
 \text{ICMS} &= 7,15 + \\
 \text{Total a pagar (R\$)} &= 28,60
 \end{aligned}$$

Residência 2 (consumo de 221 kWh/mês):

No caso da residência 2, não será concedido nenhum desconto pois o consumo excedeu em 1 kWh o limite de consumo subsidiado, portanto aplicando o valor da tarifa convencional além da alíquota de 25% de ICMS, o preço final da conta de eletricidade será de :

$$\begin{aligned}
 \text{Total de fornecimento} : 221 \text{ kWh} \times 0,132 \text{ R\$/kWh} &= 29,17.+ \\
 \text{ICMS} &= 9,72 + \\
 \text{Total a pagar (R\$)} &= 38,89
 \end{aligned}$$

Comparando a conta de eletricidade das duas residências, observa-se que o aumento de 1 kWh da residência 2, elevou em aproximadamente R\$ 10,00 o valor da sua conta de eletricidade.

3.3.1.2 - Tarifa de suprimento entre as concessionárias de energia elétrica.

A tarifa de suprimento é negociada entre a concessionária supridora e distribuidora de energia elétrica. Essa tarifa também baseia-se na aplicação dos custos marginais, de forma a refletir nos preços praticados o custo do último kW instalado ou do último kWh gerado.

A negociação entre as concessionárias supridoras e distribuidoras é firmada através de contratos. O contrato de suprimento de energia tem duração de 10 anos, sendo revisto por aditamento e por igual período no mês de dezembro de cada ano. O contrato de demanda é feito a cada ano, por ocasião da revisão do contrato de suprimento de energia.

O cálculo do faturamento do suprimento de energia e demanda é feito aplicando-se duas tarifas para a energia e uma para a demanda. O suprimento de energia é cobrado aplicando um valor de tarifa no total contratado e outro valor aplicado no valor consumido, através da seguinte fórmula:

$$FE = E_c \times T_{ec} + (E_r - E_c) \times T_{er} \quad \text{onde:}$$

FE = Faturamento relativo a energia elétrica;

E_c = Energia contratada;

E_r = Energia apurada na operação real do sistema;

T_{ec} = Tarifa da energia contratada, baseada no custo marginal de expansão;

T_{er} = Tarifa da diferença entre a energia contratada e a energia consumida.

O faturamento relativo a demanda é cobrado de acordo com a demanda contratada mais a diferença de demanda medida, caso a demanda medida ultrapasse a contratada. A fórmula de cálculo é:

$$FD = D_c \times T_{dc} + D_a \times T_{dc} \quad \text{onde:}$$

FD = Faturamento relativo a demanda;

D_c = Demanda contratada;

D_a = Demanda adicional - diferença entre demanda medida e contratada;

T_{dc} = Tarifa de demanda.

O faturamento total é feito somando-se os faturamentos de energia (FE) e faturamento de demanda (FD).

3.3 - As opções do Estado de São Paulo na produção de energia elétrica.

As concessionárias de energia elétrica do estado de São Paulo, possuem uma oferta própria limitada de energia elétrica. Essa carência atualmente é complementada com a importação de eletricidade, feita pela CESP e repassada as outras concessionárias estaduais. Entretanto além das importação de energia elétrica, existem outras opções disponíveis que podem elevar a produção de energia elétrica no Estado de São Paulo, que são as seguintes:

- Investimentos na produção dentro da área de concessão estadual;
- Repotenciação das atuais usinas em funcionamento;
- Aumento da geração dos produtores independentes;

Cada uma dessas opções, podem colaborar em diferentes níveis na elevação da produção de energia elétrica no estado de São Paulo, entretanto é importante conhecer os limites, custos e os benefícios de cada uma dessas opções.

3.4.1. - Aumento da produção própria de energia elétrica

O aumento da produção própria pode ser feito através de usinas termoelétricas ou hidrelétricas de grande e pequeno porte [14]. Em relação a hidroeletricidade,

os empreendimentos de pequeno e grande porte, seguem um processo de planejamento composto por estudos de engenharia, que obedecem as seguintes etapas:

Etapa 1 - Estudos de Inventário : Definem os possíveis conjuntos de usinas situados em uma mesma bacia hidrográfica, concluindo somente a potencialidade, servindo como requisito para a etapa seguinte;

Etapa 2 - Estudos de Viabilidade : Após definido a potencialidade de cada usina em uma mesma bacia hidrográfica, examina-se os custos e benefícios associados a cada projeto, levando em consideração os aspectos sócio-ambientais;

Etapa 3 - Projeto Básico : Através de um projeto detalhado, apresenta-se as especificações das obras civis e dos equipamentos, bem como um plano do programa sócio-ambiental revelando soluções para os problemas identificados;

Etapa 4 - Projeto Executivo/Construção : Nessa etapa as obras civis estão em fase conclusiva, os programas sócio-ambientais estão implantados, permitindo assim o desenvolvimento do plano diretor do reservatório;

Etapa 5 - Operação : Após a auditoria nas obras civis e constatação da implementação dos programas sócio-ambientais, autoriza-se a formação do lago, que formará o futuro reservatório.

Paralelo as etapas de estudo de engenharia, encaminham-se as etapas de licenciamento ambiental. Para cada etapa de engenharia concluída é necessário adquirir uma licença ambiental que autorize o início da etapa seguinte. Caso seja constatado alguma irregularidade neste âmbito a licença não é concedida, até que seja tomada a ação corretiva ou mitigadora referente a irregularidade constatada.

O período que antecede a entrada em operação é formada pelas etapas de estudos de engenharia. A duração de cada etapa de estudo é apresentada na tabela 16, considerando condições normais de execução orçamentária.

Tabela 3.13 - Previsão do período das etapas de estudo de engenharia para usinas hidrelétricas

Etapas de estudo de engenharia	Período (anos)
Inventário	1 a 3
Viabilidade	1 a 2
Projeto Básico	1
Construção/Operação	2 a 5

Fonte: Plano Decenal de Expansão – 1996-2005

Conforme o Plano Decenal de Expansão [28], está previsto para o estado de São Paulo, no período de 1996/2000, o aumento de capacidade em 3650 MW, somente através de usinas hidrelétricas administradas pela CESP. Entretanto grande parte dessa potência está ainda em fase de construção e planejamento. A tabela 3.14, apresenta para o estado de São Paulo, as etapas de estudos para a expansão na produção de eletricidade, até o ano 2000

Tabela 3.14 - *Etapas da expansão da oferta de eletricidade*

Etapas de estudo de engenharia	Potência (MW)
Motorização/Operação	1470
Construção	1969
Planejamento ⁷	211
Total	3650

Fonte: Plano Decenal de Expansão – 1996-2005

A participação de termoeletricas para geração de eletricidade na matriz energética do estado, é de 506,7 MW representando somente 4,5% do total. Essa baixa participação é justificada pelo custo da eletricidade gerada e problemas ambientais das plantas termoeletricas, devido ao tipo de combustível utilizado.

O plano Decenal de Geração prevê para o período de 1996/2000, a entrada de uma usina termoeletrica com capacidade de 453 MW, no estado de São Paulo, utilizando o gás natural da Bolívia.

O aumento da produção própria de energia elétrica, através de usinas hidroeletricas e termoeletricas⁸ apresenta um potencial de 4103 MW. Entretanto a entrada dessa potência se dará gradativamente até o ano de 2005, devido ao tempo que as etapas de estudo de engenharia exigem.

⁷ Inclui as usinas com potência inferior a 30 MW ainda sem concessão.

⁸ No caso das termoeletricas o cronograma de estudo de engenharia é menor, pois a sua construção é mais rápida e não há formação de reservatório.

3.4.2 - Aumento das importações de energia elétrica

A energia elétrica complementar que é fornecida ao estado de São Paulo é importada de concessionárias do sistema interligado Sul/Sudeste/Centro-Oeste, integrado pelas concessionárias de serviço público dessas regiões. Compõe essa interligação 208 usinas hidrelétricas, incluindo metade da potência de Itaipú, 23 usinas termelétricas e 4 produtores independentes.

A tabela 3.15, apresenta a capacidade instalada por região para o ano de 1995, incluindo a parte brasileira de Itaipú.

Tabela 3.15 - Potência instalada no sistema interligado Sul Sudeste Centro/Oeste 1995

Sistema Interligado	Potência Instalada (MW)
Região Sudeste	25.182
Região Sul	8.002
Itaipú	6.300
Região Centro-Oeste	864
Total	40.348

Fonte: Plano Decenal de Expansão 1996/2005

Segundo o plano decenal de expansão, até o ano 2000 está previsto o aumento de aproximadamente 13.315 MW de potência para o sistema interligado Sul/Sudeste/Centro-Oeste.

Com cronograma similar ao estado de São Paulo, o sistema interligado também apresenta a maioria de suas obras em fase de construção e planejamento, conforme a tabela 3.16, apresenta.

Tabela 3.16 - *Etapas da expansão da oferta de eletricidade no Sistema interligado Sul/Sudeste/Centro-Oeste 1995-2000*

Etapas de estudo de engenharia	Potência (MW)
Motorização/Operação	1.470
Construção	8.855
Planejamento	2.990
Total ⁹	13.315

Fonte: Plano Decenal de Expansão 1996/2005

A elevação da potência instalada do sistema interligado Sul-Sudeste e Centro/Oeste, conforme as perspectivas do plano decenal 1996/2005, elevaria em aproximadamente 13 MW a potência instalada do sistema.

Entretanto essa potência estará disponível gradativamente ao longo dos anos, sendo distribuída por prioridade entre as concessionária interligadas ao sistema.

3.4.3 - Repotenciação das Usinas Hidrelétricas

A possibilidade de modernização e reabilitação das usinas hidrelétricas é atualmente uma realidade a nível nacional e internacional. Países como Estados Unidos, por exemplo, através de um levantamento sistemático em todo território americano, realizou durante 3 anos, um estudo de beneficiamento e aumento da capacidade de geração em 1288 usinas, onde foi possível prever uma elevação de 22% na potência instalada e de 11% na energia gerada [9].

⁹ Esse total inclui a capacidade instalada do estado de São Paulo.

A decisão em modernizar ou reabilitar as antigas usinas ao invés de optar em construir novas usinas, deve ser orientada através de uma análise técnico-econômica entre as alternativas de reabilitação.

Inicialmente na fase de análise técnica realiza-se um estudo hidroenergético que avalia: a disponibilidade de um novo aproveitamento dos recursos hídricos, as obras civis e os equipamentos da usina hidrelétrica, permitindo estimar o ganho de potência adicional para cada usina hidrelétrica.

Utilizando os resultados dos estudos técnicos faz-se uma análise econômica avaliando o custo-benefício de todas as alternativas de repotenciação. A avaliação dos benefícios da empresa concessionária, varia conforme a sua atuação no mercado de energia elétrica, comparando os benefícios com o custo marginal de expansão do sistema, ou com o valor da tarifa de suprimento de energia, considerando uma vida de 50 anos para a usina.

Em 1991, os estudos feitos nos Estados Unidos apresentaram um valor de reabilitação de 856 U\$\$/kW para a elevação da potência e de 31 U\$\$/MWh para a energia gerada.

Inspirada na experiência Americana, algumas concessionárias Nacionais, iniciaram estudos, referentes a reabilitação de usinas hidrelétricas. Um exemplo que pode ser citado é a modernização da usina Henry Borden da concessionária Eletropaulo, realizada em 1991 [43].

Os estudos hidroenergéticos apontaram um incremento de potência da ordem de 20%, elevando de 880 MW para 1060 MW. A partir dos dados técnicos fornecidos pelos estudos hidroenergéticos, foi feita uma avaliação de custos que estimou o custo do incremento em 445 U\$\$/kW, apresentando um custo de reabilitação, inferior ao custo médio das concessionárias Americanas.

A opção de repotenciação, apresenta-se menos onerosa que a construção de uma nova usina¹⁰, podendo portanto ser considerada para a concessionária de energia elétrica, uma opção a curto prazo no lado da expansão da oferta de eletricidade.

A opção de repotenciação pode ser considerada uma alternativa viável quando comparada aos investimentos necessários para a conclusão das obras em andamento. Entretanto deve-se prever o tempo de execução dos estudos preliminares, planejamento e execução da reforma das antigas usinas e compará-lo com o cronograma de término das obras em andamento.

Caso as concessionárias do sistema interligado Sul/Sudeste/Centro-Oeste desejem ampliar a sua potência instalada, através de repotenciação das antigas usinas, é necessário elaborar um estudo a nível regional, avaliando a vida útil e a potência das principais usinas do sistema interligado, possibilitando a inserção desse potencial no planejamento do sistema de geração Nacional.

Aplicando, por exemplo a mesma porcentagem de elevação utilizada na Experiência Americana (22%), o sistema interligado Sul-Sudeste-Centro/Oeste poderia elevar a sua potência em até 8.069 MW, correspondendo a um investimento de 6.900 milhões de dólares.

3.4.4 - Participação do Produtor Independente

A figura do produtor independente surgiu em 1978, após a aprovação da lei "Public Utility Regulatory Policies Act (PURPA)" [34]. Essa lei pretendia reduzir a dependência de combustíveis, através do incentivo a eficiência da cogeração e o uso de fontes renováveis, permitindo que a geração de eletricidade fosse feita por pessoas ou empresas.

A participação efetiva dos produtores independentes aconteceu a partir dos anos 80, devido a fatores como a elevação no preço do petróleo, problemas financeiros das concessionárias estatais e questões ambientais relacionadas a predominância no uso da energia nuclear para geração de eletricidade.

No caso do Brasil, através do decreto lei 1872 de 1981, foi que permitiu as concessionárias de energia elétrica, comprarem a energia de produtores independentes. O texto desse decreto, informa que o produtor independente deve produzir eletricidade para seu consumo próprio, sendo que a geração de excedente não deve ser proposital e sim uma sobra eventual [34].

¹⁰ Considerando 2150 U\$\$/kW o custo da potência instalada para o setor elétrico.

Em 1989 o DNAEE baixou a portaria 95, com base no Decreto Lei 1872, estabelecendo regras para a negociação dos excedentes, entretanto somente em 1993 com a aprovação da lei 8631, que flexibilizava e descentralizava a ação das concessionárias, a negociação com os produtores independentes foi facilitada.

Essas diferentes alternativas referentes a elevação da produção de energia elétrica e do estado de São Paulo ou aumento nas importações, podem representar uma solução para o suprimento de energia, entretanto todas elas com exceção dos produtores independentes, necessitam de um período de implementação que variam de 3 a 5 anos.

Capítulo 4 - O Chuveiro Elétrico: Consumo e Demanda no Estado de São Paulo.

4.1 - Características do chuveiro elétrico.

O chuveiro elétrico é um aparelho composto por uma resistência elétrica imersa em um recipiente no qual circula a água. Quando o registro é aberto a água faz pressão sobre um diafragma acionando contatos elétricos, permitindo a passagem de corrente elétrica pela resistência. Devido ao efeito Joule, a resistência aquece transmitindo calor para água, elevando a sua temperatura. Esse processo de aquecimento apresenta rendimento elevado da ordem de 90% a 93% no máximo [44].

A norma da ABNT PB 1545² distingue os chuveiros elétricos por classe de potência, apresentando valores mínimos e máximos de 2,2 kW a 11 kW. Essa mesma norma diz que a vazão da água do banho³, não deve ser inferior a 0,05 l/s, independente da potência do aparelho. Os fabricantes de chuveiros elétricos, produzem diferentes modelos com potências entre 2,5 kW a 8,8 kW, os quais são capazes de fornecer uma variação de temperatura entre 13 °C a 36 °C, para a vazão mínima de 0,05 l/s [3, 4].

A norma da ABNT MB-3426⁴, considera que a água após passar pelo chuveiro deverá estar com a sua temperatura de no mínimo 38°C, considerando a sua temperatura antes de entrar no chuveiro, próxima a temperatura ambiente.

² Norma PB-1545 Chuveiros elétricos

³ A menor vazão utilizada nos testes de etiquetagem dos chuveiros, conforme norma MB-3426

A maior parte dos modelos de chuveiros elétricos disponíveis no mercado, possuem chaves selecionadoras para as estações do ano (primavera, verão, outono e inverno) ou então chaves que descrevem posições de temperatura (quente morno e frio).

O objetivo dessas chaves é compensar a variação de temperatura ambiente da água ao longo dos meses do ano. A utilidade dessas chaves é normalmente percebida no meses de inverno, devido a redução na temperatura ambiente da água. Porém, somente a utilização dessas chaves, nem sempre é o suficiente para compensar essa redução na temperatura ambiente.

Nesse caso, o usuário no momento do banho, tende a reduzir a vazão de água do chuveiro elétrico, a fim de manter a temperatura da água do banho a 38 °C, de forma a tornar seu banho menos desagradável.

Pode-se determinar através da fórmula, $Q = m \times c \times \Delta t$, a partir de que valores de temperatura ambiente da água, os chuveiros elétricos tendem a não mais atender as condições mínimas de conforto, estipuladas pelas normas da ABNT PB-1545 e MB-3426.

Adaptando essa fórmula de forma a isolar a vazão (m), pode-se observar a variação das vazões fornecidas pelo chuveiro em função da variação da temperatura ambiente da água. A adaptação é feita rescrevendo essa fórmula da seguinte maneira.

⁴ Norma MB-3426 Chuveiro elétrico - determinação do consumo de energia elétrica

$$m = P / 4,18 \times 0,93 \times c \times \Delta t \quad \text{onde:}$$

m = vazão de água aquecida (l/s)

P = potência da resistência do chuveiro elétrico (kW)

4,18 = equivalente em Joule para uma caloria

0,93 = rendimento do chuveiro elétrico

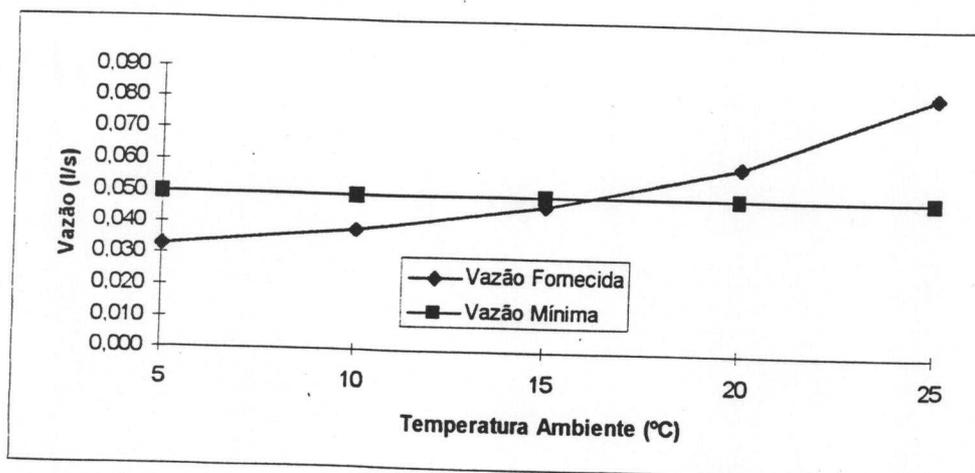
c = calor específico da água

Δt = Diferença de temperatura entre a água "fria" e a água do banho

Um modelo de potência 4,2 kW, por exemplo, com a chave na posição inverno, não estaria de acordo com a norma da ABNT MB-3426, caso a temperatura ambiente esteja inferior a 16 °C, pois para manter a água do banho a 38 °C, teria que fornecer vazões inferiores a 0,05 l/s..

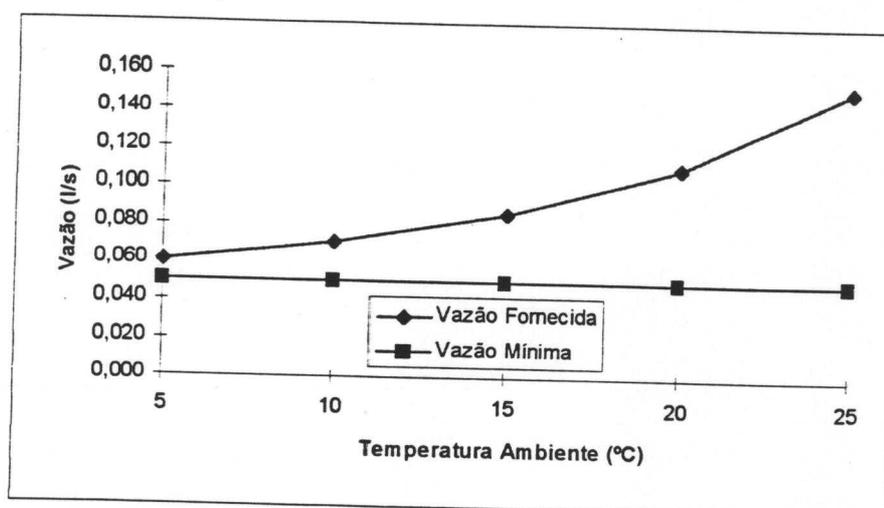
A figura 4.1, ilustra essa variação de vazão em função da temperatura ambiente, para o modelo convencional de potência de 4,2 kW.

Figura 4.1 - Vazão da água do banho vs temperatura ambiente - chuveiro 4,2 kW



No caso do chuveiro tipo ducha, com potência de 7,7 kW por exemplo, pode oferecer água acima da vazão de 0,05 l/s, mesmo quando a temperatura ambiente estiver próximo a 5 °C. A figura 4.2, ilustra essa situação.

Figura 4.2 - Vazão da água do banho vs temperatura ambiente - chuveiro 7,7 kW



Mesmo oferecendo condições de qualidade de conforto mínimas no momento do banho, o chuveiro de potência de 4,2 kW é um aparelho que possui um alto grau de difusão no setor residencial da região Sudeste. Esse alto grau de difusão pode ser atribuído a sua facilidade de instalação e manutenção e ao seu baixo custo de aquisição e operação.

Para a instalação elétrica do chuveiro, além da fiação de alimentação é necessário um fio terra para prevenir eventuais choques elétricos. O fio terra deve apresentar uma impedância de no máximo 1 ohm, a qual pode ser obtida através de hastes enterradas no solo ou nas ferragens da construção, conforme determinado pela norma da ABNT NBR-5410.

Para a sua instalação hidráulica, recomenda-se o uso de redutor de pressão, quando a caixa d'água estiver a uma altura superior a 8 metros do ponto de uso, ou quando a alimentação for feita diretamente com a água da rua. A sua manutenção resume-se em troca de resistências, limpeza e regulagem dos contatos elétricos. O tempo de vida útil varia conforme o número de acionamento dos contatos elétricos, para esse estudo adotou-se uma vida útil de 5 anos e desconsiderou-se as eventuais trocas de resistências.

Em relação ao custo inicial o seu preço varia conforme o modelo e nível de conforto do chuveiro [3, 4]. A tabela 4.1 apresenta o preço de diferentes modelos de três importantes fabricantes.

Tabela 4.1 - Preço de diferentes modelos de chuveiros elétricos

Fabricante	Modelo	Preço mínimo (R\$)	Preço máximo (R\$)
Corona	SS	10,90	11,90
	4 estações	109,00	109,00
Fame	Jato dirigível	39,90	46,69
	Jato forte	187,00	188,00
Lorenzetti	Maxi	12,90	13,50
	Jet-turbo	199,00	201,90

Fonte: Conibra e Di Cicco - março/1996

Os chuveiros com preço superior a R\$ 100,00 são modelos mais sofisticados e potências de 6 a 8 kW, que oferecem um nível de conforto próximo aos aquecedores de passagem, enquanto que os modelos convencionais custam entre R\$ 10,90 e R\$ 46,69.

Portanto o valor considerado como preço médio para os chuveiros do modelo convencional de 4,2 kW é de R\$ 29,00 e para os modelos sofisticados de 6 a 8 kW serão de R\$ 109,00 e R\$ 187,00 respectivamente.

Para que se possa calcular o investimento total que será feito na aquisição dos chuveiros referente a um período de 15 anos, deve-se trazer para valor presente o preço dos outros dois chuveiros que serão adquiridos durante o período analisado.

A tabela 4.2, apresenta os gastos previstos na compra dos 3 chuveiros e o investimento total em valor presente durante o período analisado, considerando uma taxa de desconto de 12% a.a. e que os chuveiros substitutos serão iguais ao modelo atualmente em uso.

Tabela 4.2 - Valor presente para investimento inicial de três chuveiros

Ano	Potência do chuveiro		
	4,2 kW Valor (R\$)	6 kW Valor (R\$)	8 kW Valor (R\$)
0	29,00	109,00	187,00
5	16,46	62,00	106,00
10	9,34	35,00	60,00
Total	54,80	206,00	353,00

Fonte: Elaboração própria.

Portanto será considerado como investimento inicial o valor total necessário o para compra dos chuveiros elétricos no período analisado de 15 anos.

4.2 - Consumo mensal de energia do chuveiro elétrico.

O cálculo do consumo mensal de energia do chuveiro elétrico, necessita das seguintes informações:

- Números de dias/mês
- Números de banhos/dia/morador
- Números de moradores/residência
- Potência Nominal⁵ (Watts)
- Tempo de banho (horas)

A primeira variável é o número de dias/mês, normalmente adota-se em média 30 dias, desconsiderando-se a existência de meses com mais ou menos dias.

A segunda variável é o número de banhos/dias/morador. Essa variável, até o momento, foi apresentada somente na pesquisa do Procel. A pesquisa considerou a quantidade de vezes que cada morador utilizava os aparelhos elétricos. No caso do chuveiro elétrico os resultados estão na tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Frequência semanal de utilização do chuveiro elétrico - região Sudeste

Dias da Semana					Fim de Semana		
um	dois	três	quatro	cinco	nenhum	um	dois
0.5%	0.7%	2.3%	0.6%	95.9%	3.4%	4.5%	91,2%

Fonte: Procel - 1988

Analisando a tabela 4.3, nota-se que o chuveiro elétrico é usado de segunda a sexta com uma frequência de 96% e no fim de semana (sábado e domingo),

sua frequência de uso diminuiu para 91%. Admitiu-se portanto a frequência de utilização de 96%, correspondente a frequência semanal de números de banhos.

Em relação a potência o mercado oferece chuveiros com resistência de diferentes valores. Os principais fabricantes pesquisados fornecem chuveiros com máxima variando entre 4,2 kW a 8,8 kW. Na região Sudeste, a qual inclui o estado de São Paulo, a pesquisa do Procel apresentou como valor médio a potência nominal de 3,5 kW como resistência média utilizada durante o ano.

O número de moradores por residência apresentado na pesquisa do Procel, variou conforme a região. A tabela 4.4 demonstra as médias de cada região.

Tabela 4.4 - Média regional de morador por Residência

Região	PROCEL/1988
Norte	5,4
Nordeste	4,9
Sudeste	4,2
Sul	3,9
Centro-Oeste	4,2
Brasil	4,2

Fonte: Procel - 1988

A última variável é o tempo de banho de cada morador. As pesquisas e trabalhos consultados [31, 35], apresentam tempo de banho que variam de 5 a 15 minutos. A pesquisa do Procel, que é a mais recente apresenta um tempo de banho/morador de 8 minutos, o qual pode ser considerado dentro da média dos trabalhos consultados. Com bases nesses valores pode-se calcular do

⁵ Esse valor é a potência média anual de funcionamento da região Sudeste, conforme pesquisa do Procel

consumo mensal do chuveiro elétrico para uma residência. A tabela 4.5, resume os valores utilizados para o cálculo do consumo de energia elétrica, para uma residência na região Sudeste.

Tabela 4.5 - Variáveis de cálculo do consumo mensal do chuveiro elétrico

Números de dias/mês	30,00
Números de banhos/dia	0,96
Números de moradores/residência	4,20
Potência nominal (kW)	3,50
Tempo de banho (horas)	0,13

Fonte: Elaboração própria.

O consumo mensal de energia do chuveiro elétrico por residência, obtido através da multiplicação de todos os valores da tabela 24 é de 55 kWh/mês. Partindo desse valor, calcula-se o consumo de energia do chuveiro elétrico para as concessionárias de eletricidade do estado de São Paulo.

Foi apresentado na tabela 3.9, o número de residências por concessionárias, entretanto conforme dados do Procel [30], nem todas as residências utilizam chuveiros elétricos para aquecimento de água. A tabela 4.6, apresenta o grau de difusão dos chuveiros para as três concessionárias estaduais e outras.

Tabela 4.6 - Grau de difusão dos chuveiros elétricos nas residências

Concessionária	Residências com pelo menos um chuveiro elétrico
CPFL	97%
ELPO	97%
CESP	82%
Outras ^b	84%

Fonte: Procel - 1988

^bAs concessionárias particulares não participaram da pesquisa do Procel, para elas foi adotado a média do grau de difusão dos chuveiros da região Sudeste

Aplicando esses percentuais sobre o número de residências apresentados na tabela 3.9 e multiplicando pelo consumo por residência (55 kWh/mês), encontra-se o consumo mensal do chuveiro elétrico por concessionária. A tabela 4.7 apresenta esses resultados .

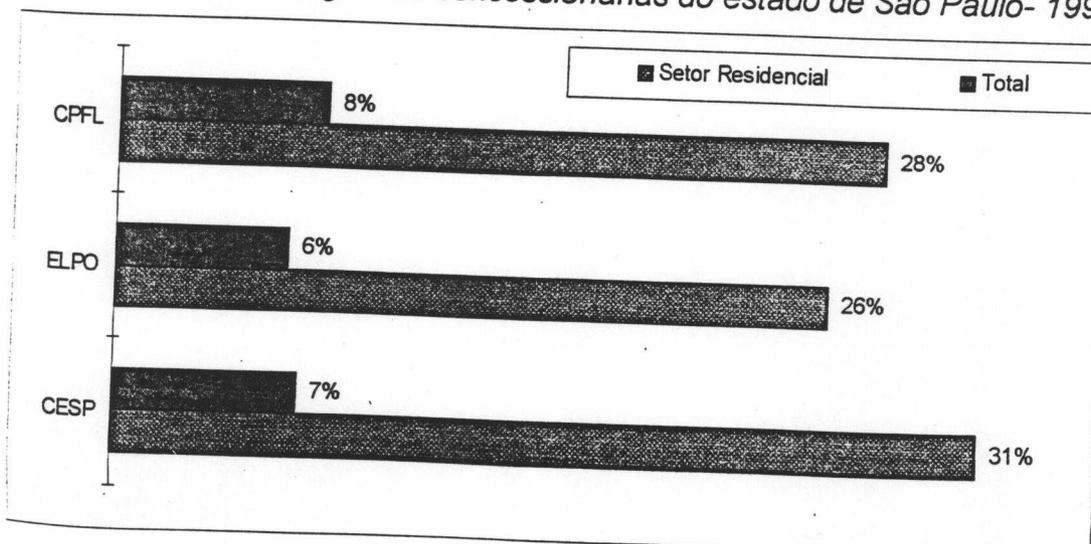
Tabela 4.7 - Consumo mensal do chuveiro elétrico por Concessionária -1995

Concessionária	Energia (GWh/mês)
ELPO	272
CPFL	94
CESP	49
Outras	34
Total	449

Fonte: Elaboração própria.

Pode-se observar que a Eletropaulo é a concessionária que apresenta o maior consumo mensal de energia elétrica, seguido pelo CPFL e a CESP. Com base nesses valores pode-se encontrar também, a participação do chuveiro elétrico no setor residencial e no consumo total de cada concessionária. A figura 4.3, ilustra essa participação.

Figura 4.3 - Participação do chuveiro elétrico no setor residencial e no consumo Total de energia nas concessionárias do estado de São Paulo- 1995



4.3 - Demanda de potência do chuveiro elétrico.

Para calcular a demanda máxima diária de potência, deve-se conhecer a potência do equipamento, número de equipamentos e a simultaneidade de uso em cada hora do dia.

No caso do chuveiro elétrico, sabe-se que a sua principal utilização concentra-se entre 17 e 20 horas, entretanto não se pode afirmar a quantidade de chuveiros que estão ligados durante esse período. Por outro lado, utilizando as informações da pesquisa do Procel [30], a qual afirma que durante 18 e 19 horas, em 50% das residências pelo menos uma pessoa está utilizando o chuveiro elétrico, pode-se calcular a demanda de potência máxima durante esse intervalo de tempo.

Portanto no intervalo entre 18 e 19 horas, considerando a utilização de 50% dos chuveiros elétricos, uma simultaneidade no uso de 0,13⁷ e uma potência de 4,2 kW⁸, calcula-se o valor da demanda máxima diária de potência do chuveiro elétrico. A tabela 4.8, apresenta esses valores para todas as concessionárias do Estado de São Paulo.

Tabela 4.8 - Demanda diária máxima do chuveiro no horário de pico - Inverno

Concessionária	Potência (GW)
ELPO	1,33
CPFL	0,47
CESP	0,23
Particular	0,17
Total Horário de pico	2,20

Fonte: Elaboração própria.

⁷ Corresponde a 8 minutos de uso durante o intervalo de uma hora

⁸ A potência de 4.2 kW corresponde a posição inverno, que os modelos tradicionais possuem

Comparado com a potência instalada do estado, a demanda de potência no horário entre 18 e 19 horas, dos chuveiros representam 21% do total instalado.

Para complementar a relevância da presença do chuveiro elétrico para as concessionárias, calcula-se o custo que cada chuveiro elétrico representa no horário de ponta para o sistema gerador de energia elétrica.

Considerando a instalação de um chuveiro elétrico de potência máxima de 4,2 kW, simultaneidade de uso de 0,13 e probabilidade de 50% de funcionamento durante 18 e 19 horas, temos:

$$(4,2 \text{ kW} \times 0,13 \times 0,5) = 273 \text{ Watts}$$

Utilizando o valor do custo marginal da potência instalada que é 2150 U\$\$/kW [10], pode-se estimar que o investimento em geração devido a adição de mais um chuveiro de 4,2 kW em uma hora do horário de ponta é:

$$0,273 \text{ kW} \times 2150 \text{ U$$/kW} = 588 \text{ U$$}.$$

4.4 - Gerenciamento da demanda do chuveiro elétrico.

Devido ao principal período de utilização do chuveiro elétrico as concessionárias de energia elétrica precisam manter uma demanda de potência superior ao valor médio diário. Fora do horário de pico essa demanda fica ociosa.

A possibilidade de gerenciamento da demanda de potência do chuveiro elétrico, permitiria as concessionárias atender novos mercados sem elevação de sua potência instalada, podendo comercializá-la em mercados mais rentáveis.

As alternativas de gerenciamento da demanda, podem ser aplicadas através de programas que apresentam diferentes resultados na alteração da curva de carga da concessionária.

A aplicação de um programa de gerenciamento envolve soluções de compromisso entre a concessionária de energia elétrica e o consumidor, onde ambos terão que interagir durante a execução do programa a ser implantado.

Existem cinco conceitos que podem ser aplicados para implementar programas que resultem em deslocamento, diminuição ou corte de carga. Os seus objetivos, metodologia e resultados são descritos resumidamente a seguir [35].

Corte de ponta

Objetivo: Reduzir o pico no período de ponta

Metodologia: Melhoria na eficiência de equipamentos, substituição de energéticos

Resultado: Redução de custos operacionais, e de investimentos em motorização de hidrelétricas ou termoelétricas.

Preenchimento de vale

Objetivo: Aumentar a carga no período fora da ponta

Metodologia: Identificar tarefas que podem ser feitas fora do período de ponta

Resultado: Eleva a potência de base, tornando a curva menos acentuada.

Deslocamento de carga

Objetivo: Transfere carga do período da ponta para fora da ponta

Metodologia: Substituindo equipamentos de alto consumo por outros que realize a mesma tarefa, fora do período de ponta.

Resultado: Eleva a potência de base e diminui o pico da ponta, tornando a curva menos acentuada.

Conservação estratégica

Objetivo: Diminui a carga em todo o período do dia

Metodologia: Melhoria da eficiência dos equipamentos ou troca de energético

Resultado: Redução no consumo de energia elétrica, adiando a expansão da potência instalada.

Curva de carga flexível

Objetivo: Otimizar a demanda global da habitação

Metodologia: Através da atuação de diferentes medidas de GLD.

Resultado : Obtém-se o controle da demanda ao longo do período do dia, de acordo com o que foi planejado entre o consumidor e a concessionária.

Interpretando os programas de gerenciamento descritos acima, deve-se analisar quais deles pode ser aplicado, considerando que o gerenciamento da demanda de potência do chuveiro elétrico, é o principal objetivo da concessionária.

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

A metodologia de curva de carga flexível, é aplicada para um planejamento de gerenciamento, onde através de cenários se prevê a atuação de diferentes programas de gerenciamento, não tendo uma aplicação restrita ao gerenciamento da demanda do chuveiro elétrico.

Os outros três conceitos, propõe através de suas metodologias, maneiras de atuação para alcançar objetivos de gerenciamento de demanda. A aplicação de suas metodologias, interpretadas de forma direcionada ao gerenciamento da demanda do chuveiro elétrico, permite descrever a maneira de atuação de cada programa e como pode ser possível coloca-la em pratica.

Conceitos de gerenciamento	Metodologias de gerenciamento da demanda do chuveiro elétrico
Corte de ponta	Melhorar a eficiência do chuveiro elétrico
	Substituir a energia elétrica
Deslocamento de carga	Substituição do chuveiro elétrico
Conservação estratégica	Melhorar a eficiência do chuveiro elétrico
	Substituir a energia elétrica

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

Até o presente momento não se conhece nenhum estudo que indique uma significativa elevação na eficiência do chuveiro elétrico, pois devido ao seu princípio de funcionamento e sua fabricação, o mesmo apresenta uma transferência de calor direta e instantânea, perdendo calor somente para as paredes externas do recipiente hermético.

Uma possível tentativa para aumentar a sua eficiência, seria a substituição do material plástico hermético por um outro material que apresente um coeficiente de condutibilidade térmica menor que o plástico. Entretanto mesmo substituindo a matéria prima que permitiria elevar a eficiência do chuveiro, a sua atuação continuaria a ser representativa no período de ponta do sistema elétrico, uma vez que a sua eficiência é de 93%.

A substituição do chuveiro elétrico pode ser feita por equipamentos do tipo acumulação, a utilização desse tipo de equipamento permitiria um *deslocamento de carga*, pois transferiria seu funcionamento do horário de pico, para períodos fora da ponta, os quais poderiam ser determinados pela concessionária de energia elétrica.

A utilização de equipamentos de acumulação pode ser associada também a outro tipo de fonte energética, além da eletricidade, como por exemplo, o gás combustível ou então com a utilização parcial de energia solar. Um equipamento de acumulação, utilizando outro energético, estaria de acordo com os objetivos das outras duas medidas de gerenciamento, a *conservação estratégica* ou então o *corte de ponta*.

Para que se possa avaliar de uma maneira mais ampla, a atuação dessas medidas de gerenciamento da demanda ao chuveiro elétrico, é necessário conhecer características técnicas e funcionais de alguns equipamentos que podem substituir o chuveiro elétrico.

Capítulo 5 - Outros equipamentos para aquecimento de água no setor residencial.

Outros principais equipamentos capazes de aquecer água para o banho no setor residencial, são os aquecedores de passagem e de acumulação. O primeiro é um equipamento pontual, instalado próximo ao local do banho, dependendo de sua potência e vazão pode atender um ou mais pontos, necessitando nesse caso de tubulação própria para distribuir água quente.

O aquecedor de acumulação é um equipamento caracterizado por armazenagem de água quente, distribuindo-a através de tubulações próprias que podem alimentar vários pontos de utilização. Este tipo de sistema pode ser coletivo quando os pontos de utilização pertencerem à vários apartamentos ou particular, quando pertencerem a uma única residência. No caso dos aquecedores de acumulação, além da tubulação de água quente, deve ser instalado também uma rede de água fria, para controlar a temperatura da água do banho.

Inicialmente esse estudo avaliará a substituição desses equipamentos somente em residências. Uma segunda análise será feita em um edifício de apartamentos, avaliando somente a alternativa que apresentou o melhor custo benefício na análise anterior.

Os equipamentos do tipo acumulação e passagem, disponíveis para aquecimento de água do banho no setor residencial, são projetados para utilizar gás (liquefeito de petróleo, natural ou de nafta) e eletricidade.

O aquecedor a energia solar, possui normalmente um reservatório de acumulação, sendo que o aquecimento pode ser complementado por gás combustível ou eletricidade.

Os aparelhos projetados para utilizar eletricidade, possuem o princípio de funcionamento baseado no efeito Joule. Os aparelhos que utilizam gás combustível aquecem a água através da convecção e condução do calor da chama, através de um trocador de calor. No aquecedor solar a água é aquecida através da energia radiante absorvido pelo coletores solares.

5.1 - Aquecedor de acumulação

O aquecedor de acumulação possui um reservatório que aquece e armazena água, podendo fornecer água quente em qualquer momento do dia. Os aquecedores de acumulação utilizados no setor residencial podem utilizar todas as fontes de energia citadas anteriormente.

Os aquecedores de acumulação que utilizam energia solar são compostos, em geral, de um conjunto de coletores solares, um sistema de circulação de água e o reservatório, onde se encontra a fonte energética auxiliar.

Existem dois tipos de tecnologias disponíveis para uso no setor residencial, a primeira é de circulação natural, na qual a água aquecida movimenta-se do coletor até o reservatório pelo princípio da convecção.

A segunda é chamada de circulação forçada, onde uma micro-bomba, através de um controlador diferencial, é acionada quando a temperatura da água dos coletores estiver de 3 °C a 10 °C [16], superior a temperatura da água do reservatório.

No caso dos aquecedores de acumulação a gás e a eletricidade, a temperatura do reservatório é controlada através de um circuito elétrico no qual um termostato comanda o funcionamento da fonte energética. Normalmente a temperatura de acionamento está entre 50 °C a 55 °C e a temperatura de interrupção em 60 °C a 70 °C [16].

Os principais problemas dos aquecedores de acumulação são as perdas de calor e a inércia térmica, as quais acontecem nas paredes e tubulações de água quente do reservatório, afetando o rendimento e aumentando o consumo de energia no acumulador.

Os aquecedores de acumulação, proporcionam no momento do banho um maior conforto em relação ao chuveiro elétrico, considerando a vazão e a temperatura da água do banho, como critérios de comparação.

5.1.1 - Aquecedor de acumulação elétrico

O aquecedor de acumulação elétrico individual de uso exclusivo para o banho, é composto por um reservatório que varia sua capacidade de volume entre 50 a 250 litros [6].

O valor da potência da resistência elétrica está entre 1 kW a 2,5 kW, de acordo com o volume do reservatório. O preço é proporcional ao volume do reservatório e potência da resistência, sendo que estão entre R\$ 400,00 a R\$ 1000,00 [6]. A vida útil desses equipamentos, conforme o fabricante [6], é de 15 anos e o rendimento final para os aquecedores de acumulação elétrico está entre 62% a 73% [44].

5.1.2 - Aquecedor de acumulação a gás.

O volume do reservatório de água pode variar entre 50 a 400 litros. A potência nominal dos queimadores estão entre 3700 a 15000 kcal/h [6]. O preço também está associado ao volume e a potência nominal e variam entre R\$ 437,00 a R\$ 1250,00 [6]. A vida útil dos modelos mais sofisticados é de 15 anos [6]. O modelos a gás, conforme referência [44], apresenta rendimento final próximo a 48%.

5.1.3 - Aquecimento de água por energia solar

Existem dois tipos de sistemas comumente usados no setor residencial, que são o termo-sifão e a circulação forçada, as figuras 5.1 e 5.2, apresentam detalhes de ambas configurações.

Figura 5.1 - Sistema termo-sifão

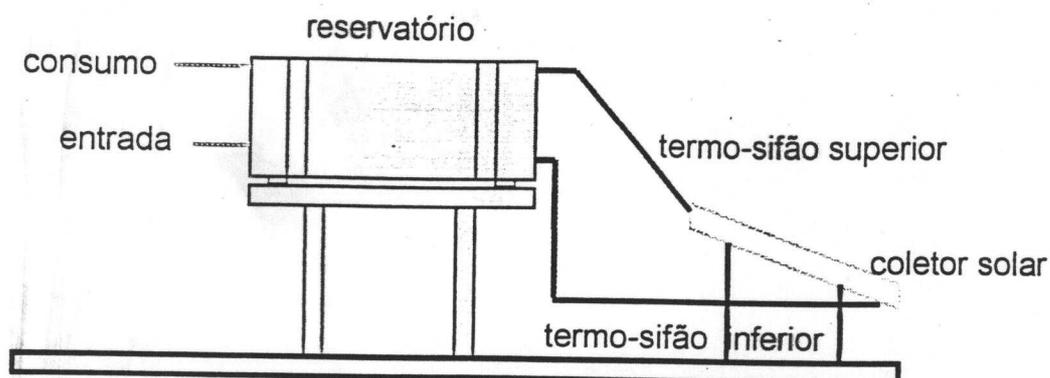
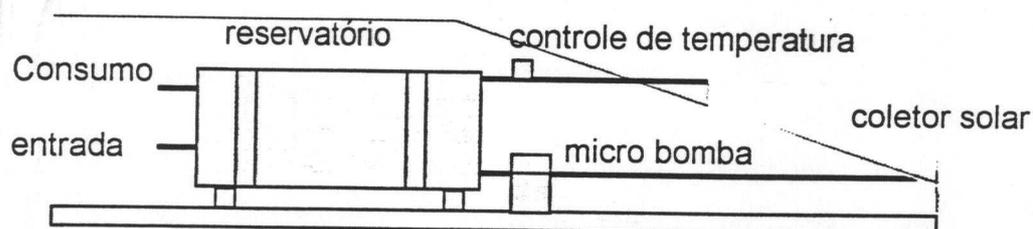


Figura 5.2 - Sistema circulação forçada



Os sistemas de aquecimento solar, são compostos por um conjunto de coletores, sistema de circulação de água, reservatório e um sistema auxiliar de aquecimento. O principal componente que compõe o sistema de aquecimento solar é o coletor plano, pois é através dele que a energia solar é convertida em calor.

Coletor Solar Plano

O coletor solar plano absorve a radiação solar incidente em sua superfície frontal e fornece uma diferença de temperatura ao fluído de trabalho, que nesse caso é a água. O processo de aquecimento de água, acontece através da irradiação, convecção e condução de calor.

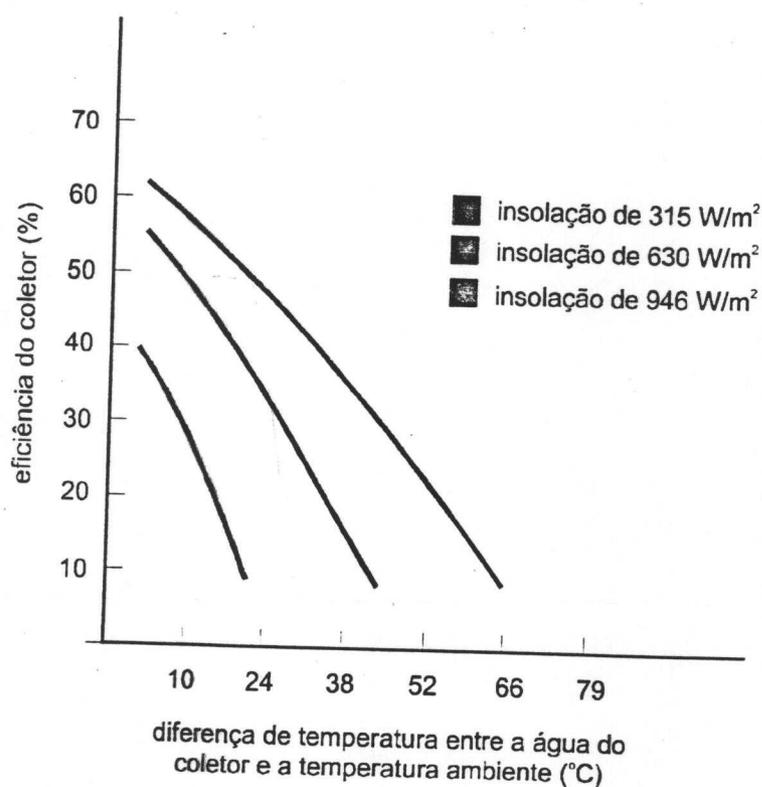
Inicialmente os raios solares, penetram na caixa coletora, através da cobertura frontal transparente. O calor radiante ao incidir sobre a placa coletora, é absorvido, refletido e emitido.

O calor absorvido flui, por condução térmica, para as aletas, aquecendo por convecção a água que circula internamente por elas. O calor radiante reemitido, incide na cobertura de vidro que o absorve ou o reflete novamente para a placa coletora.

Todos esses processos contribuem para que a água alcance temperaturas máximas da ordem de até 80 °C. Entretanto por se tratar de um processo térmico existem as perdas de calor, que interferem no rendimento do coletor.

A variação da radiação incidente sobre o coletor solar em função da diferença de temperatura entre água do coletor e a temperatura ambiente, repercutem diretamente sobre o rendimento do coletor solar. A figura 5.3, apresenta essa variação do rendimento nos coletores.

Figura 5.3 - *Rendimento de um coletor plano com uma cobertura de vidro, em função da variação de temperatura entre o coletor e o meio ambiente e a energia incidente.*



Fonte: Adaptado de Moreira

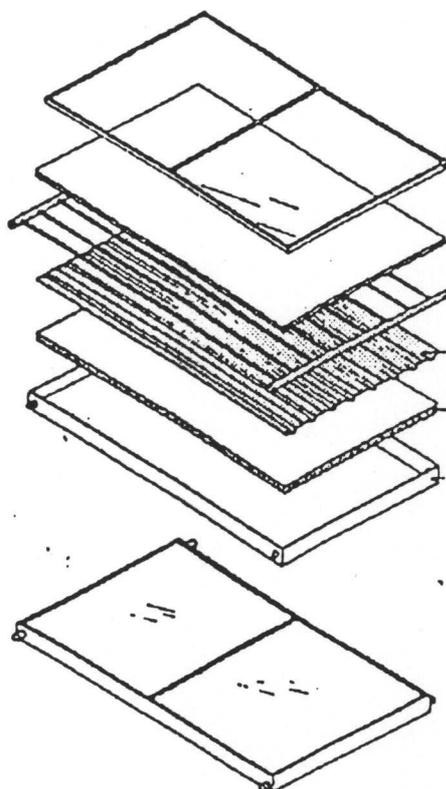
Pode-se observar que independente do valor de radiação incidente, o rendimento do coletor tende a diminuir conforme aumenta a diferença de temperatura entre a água do coletor e o meio ambiente. Outra observação é que conforme se eleva o valor da radiação incidente, mantendo-se constante a diferença de temperatura entre a água do coletor e o meio ambiente o rendimento do coletor solar tende a aumentar.

Portanto pode-se concluir que o rendimento de um coletor não é constante, variando ao longo do ano devido a variação anual dos valores da radiação solar e da diferença de temperatura entre a água do coletor e o meio externo.

Para esse estudo adotou-se como rendimento anual o valor de 33%, em função de informações dos próprios fabricantes [5,6].

As partes principais que compõe basicamente um coletor solar plano estão apresentadas na figura 5.4.

Figura 5.4 - Componentes de um coletor solar plano



Cobertura transparente

A principal utilidade da cobertura transparente é permitir a realização do efeito estufa e diminuir as perdas de convecção entre a placa coletora e o meio externo. Essa cobertura pode ser feita com material plástico ou vidro, entretanto o vidro apresenta características técnicas de seletividade⁸ e durabilidade, melhores que o material plástico, por isso é mais utilizado.

⁸ Característica ótica de alta absorção a radiação solar e baixa emissividade de raios infra-vermelhos.

Tubulação

A tubulação serve para realizar o fluxo entre a água aquecida no coletor solar e a água armazenada no reservatório. Essa tubulação deve permitir que o fluxo de água seja realizado de forma que as perdas de carga sejam mínimas e a água quente tenha o mínimo de perdas de calor. A minimização das perdas de carga é função de uma correta junção entre os tubos de admissão, circulação e saída de água. A redução das perdas térmicas depende principalmente da espessura e tipo do material isolante que reveste a tubulação.

Placa Coletora

A placa coletora tem a função de absorver a energia radiante do sol e transferi-la para a água que circula nas tubulações. Para se conseguir um melhor desempenho da superfície plana, no momento da absorção de energia radiante, é necessário utilizar material revestido com superfície seletiva, que apresente um bom coeficiente de absorção para radiação visível e baixo coeficiente de emissão para as radiações infra-vermelhas, entretanto a maioria dos fabricantes nacionais utilizam materiais com superfície negra, com pouca seletividade.

Material isolante

O material isolante, devido suas características técnicas⁹, deve reduzir as perdas de calor entre o coletor solar e o meio externo. Os materiais mais utilizados são a lã de vidro e o poliuretano expandido.

⁹ As principais características são baixo coeficiente de transmissão de calor e resistência a altas temperaturas.

5.2 - Consumo de energia nos aquecedores de acumulação.

O consumo total de energia do aquecedor de acumulação elétrico é determinado através da energia consumida no banho, das perdas de calor e da inércia térmica no reservatório e tubulação.

No caso de aquecedores de acumulação a gás, deve-se considerar também as perdas de eficiência na produção de calor e da transmissão do calor da chama até o reservatório. Conforme [44], estima-se uma perda total da ordem de 15% considerando a produção e a transmissão do calor.

Portanto, para os aquecedores de acumulação a gás, será acrescentado 15% a mais no consumo de gás combustível, de forma a compensar as perdas de eficiência na produção e transmissão de calor da chama até a água do reservatório.

As principais variáveis que influenciam no consumo de energia são:

- Volume do reservatório;
- Volume de água quente;
- Comprimento e diâmetro da tubulação;
- Tempo de banho, vazão e temperatura da água do banho;
- Condutibilidade térmica do material isolante;
- Temperatura interna da água armazenada e temperatura ambiente.

Para calcular o consumo de energia do aquecedor de acumulação deve-se definir valores para essas variáveis, entretanto os valores dessas variáveis são determinados em função do nível de conforto de cada projeto, com exceção da temperatura ambiente que normalmente varia ao longo do ano.

Os valores de temperatura ambiente utilizados como base serão os da região Sudeste, conforme mostra a tabela 5.1.

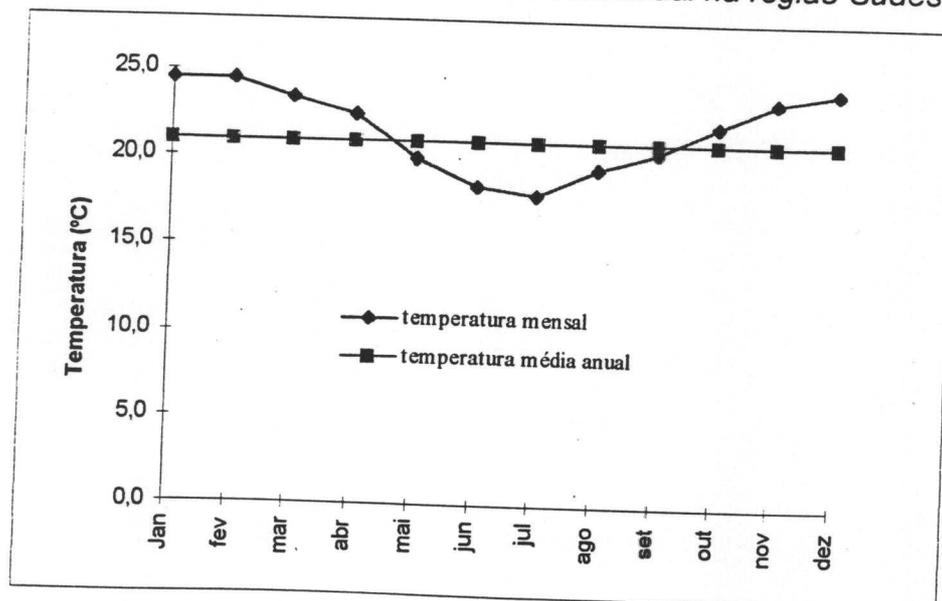
Tabela 5.1- Temperatura média mensal região Sudeste

	Temperatura (°C)
Janeiro	24,5
Fevereiro	24,5
Março	23,5
Abril	22,5
Mai	20,0
Junho	18,5
Julho	18,0
Agosto	19,5
Setembro	20,5
Outubro	22,0
Novembro	23,5
Dezembro	24,0
Média	21,6

Fonte: Radiação Solar no Estado de São Paulo

Analisando a tabela 5.1, nota-se que a temperatura ambiente média da região Sudeste, varia entre 18 °C a 24,5 °C, sendo que a temperatura média mensal é 21,6 °C . A figura 5.5, mostra essa variação ao longo dos meses.

Figura 5.5- Temperatura mensal e média anual na região Sudeste



Fonte: Battaglini – 1990.

Os valores da temperatura média anual e a média mensal foram utilizados no cálculo da perdas de calor, da inércia térmica e do consumo de energia do banho.

5.2.1 - Perdas de calor no reservatório do aquecedor de acumulação.

O aquecedor de acumulação apresenta perdas de calor devido a diferença de temperatura da água armazenada e a temperatura do meio externo. As perdas de calor ocorrem nas paredes do reservatório e nas tubulações.

5.2.2 - Perdas de calor nas paredes do reservatório.

As perdas de calor nas paredes do reservatório podem ser calculadas utilizando a seguinte expressão.[28]:

$$Q = k \times (t_1 - t_2) \times S / e \quad \text{equação 1 onde;}$$

Q = Perda de calor (kcal/h)

K = Coeficiente de condutibilidade térmica (kcal / m x h x °C)

t1 = Temperatura da água armazenada (°C)

t2 = Temperatura ambiente (°C)

S = Área da superfície externa do reservatório (m²)

e = Espessura do material isolante (m)

O coeficiente de condutibilidade térmica (K), mede a capacidade de cada material em transmitir calor. A tabela 5.2 apresenta o coeficiente de condutibilidade térmica de diferentes materiais utilizados para isolamento térmico.

Tabela 5.2 - Coeficiente de condutibilidade térmica de materiais isolantes

Material isolante	K (kcal/m.h.°C)
Espuma de poliuretano	0,019
Poliestireno estruturado	0,023
Poliestireno expandido	0,029
Fibra de vidro	0,033

Fonte: Aquecedores Cumulus

Entre os diferentes materiais apresentados na tabela 5.2, os principais fabricantes optam por utilizar a espuma de poliuretano, o qual terá o seu valor utilizado como base para os futuros cálculos.

Será utilizada como temperatura de armazenagem da água o valor de 60°C, em função das características técnicas dos aquecedores de acumulação, apresentadas e explicadas anteriormente. A temperatura ambiente utilizada será a média anual de 21,6 °C, baseada nos valores da tabela 5.1

A área da superfície externa, considerando o reservatório de forma cilíndrica, é calculada através da seguinte fórmula [39]:

$$S = \pi \times d \times l + (\pi \times d^2 / 2) \quad \text{equação 2} \quad \text{onde;}$$

d = Diâmetro do reservatório (m)

l = Comprimento do reservatório (m)

Substituindo a equação 2 na equação 1, calcula-se as perdas térmicas nas paredes do reservatório dos principais modelos de um determinado fabricante.

A tabela 5.3, apresenta as perdas de calor nas paredes dos modelos de aquecedores mais utilizados no setor residencial, bem como as demais variáveis utilizadas para esse cálculo.

Tabela 5.3- Perdas de calor nas paredes do reservatório

Volume (litros)	100	150	200	250
Comprimento (m)	0,81	1,21	1,11	1,31
Espessura (m)	0,03	0,03	0,03	0,03
Raio interno (m)	0,2	0,2	0,26	0,26
Raio Médio (m)	0,215	0,215	0,27	0,27
Raio externo (m)	0,43	0,43	0,54	0,54
Temperatura interna (°C)	60	60	60	60
Temperatura externa (°C)	21,6	21,6	21,6	21,6
Condutibilidade térmica (kcal/m.h.°C)	0,019	0,019	0,019	0,019
Perdas de calor (kcal/h)	34	47	57	65

5.2.3 - Perdas de calor nas tubulações de água quente.

As perdas de calor nas tubulações dos aquecedores de acumulação, podem ser calculadas através da seguinte expressão:

$$Q = (k \times (t_1 - t_2) \times 2\pi l / \ln (d_e / d_i)) \text{ equação 3} \quad \text{onde;}$$

Q = Perda de calor (kcal/h)

K = Coeficiente de condutibilidade térmica (kcal/m.h. °C)

t₁ = Temperatura da água armazenada (°C)

t₂ = Temperatura ambiente (°C)

l = Comprimento da tubulação (m)

d_e = Diâmetro externo da tubulação mais isolamento (m)

d_i = Diâmetro interno da tubulação (m)

ln = base logaritmo natural

A expressão que calcula as perdas de calor, necessita de informações referentes ao projeto da residência, detalhando o comprimento, diâmetro e trajetória da tubulação, bem como a espessura e o material que constituem a parede e a tubulação. A diferença entre a temperatura ambiente e a temperatura interna da água no reservatório, também influenciam nas perdas da tubulação.

A associação de todos esses parâmetros dificulta uma estimativa do cálculo das perdas de calor nas tubulações. Um estudo realizado [44], informa que em média as perdas de calor nas tubulações, podem ser estimadas em 10% do consumo de energia do banho.

5.2.4 - Perdas por inércia térmica nas paredes do reservatório e tubulação.

Com base no mesmo estudo realizado [44], pode-se admitir que as perdas por inércia térmica representam 10%, dos valores de perda térmica da parede do reservatório e da tubulação.

5.2.5 - Consumo de energia térmica durante o banho com aquecedor de acumulação.

O consumo de energia do aquecedor de acumulação está relacionado principalmente com a vazão e a temperatura da água do banho. Conforme evolui o consumo de água quente em uma seqüência de banhos, a energia térmica da água armazenada no reservatório diminui.

Simultaneamente o reservatório recebe o mesmo volume de água "fria" para repor o volume de água quente consumido. Esse volume de água "fria" que entra, está a uma temperatura inferior a da água armazenada no reservatório, ocasionando uma transferência de calor entre a massa de água quente e "fria".

A temperatura da água do banho, deve estar próximo a temperatura do corpo humano (36,5 °C a 37 °C), para que não transmita, no momento do banho, sensação de frio ou calor. O valor de 38 °C pode ser considerado superior ao limite aceitável, lembrando que é o mesmo valor utilizado nos testes de consumo de energia dos chuveiros elétricos, pelo Inmetro [32].

Existe também a necessidade de se fixar um valor de temperatura máxima que a água armazenada no reservatório deve alcançar. Conforme foi descrito anteriormente os aquecedores de acumulação possui valores de temperatura máxima entre 60 a 70 °C. Foi utilizado o valor de 60 °C como referência de temperatura máxima para a água armazenada, pois conforme [44] a temperatura de 70 °C é considerada elevada.

Como foi citado anteriormente os chuveiros elétricos tradicionais, devem funcionar com uma vazão mínima 0,05 l/s, elevando a temperatura da água a 38 °C. Nos modelos mais sofisticados, conhecidos como ducha, a vazão pode chegar até a 0,15 l/s considerando que a água do banho esteja a 38 °C.

No caso dos aquecedores de acumulação devido a fácil intervenção no controle do fluxo de água do banho, deve-se adotar uma vazão fixa de forma a

permitir o cálculo do consumo de energia no banho em função do volume de água quente utilizada. Portanto, adotou-se 0,1 l/s como sendo vazão de água do banho.

A associação dessa vazão de água a uma temperatura de 38 °C, possibilita o usuário uma qualidade de banho superior a dos chuveiros tradicionais, tendo em vista que a vazão de 0,1 l/s é o dobro da oferecida pelos chuveiros convencionais.

Uma vez determinada a vazão de 0,1 l/s e a temperatura de 38 °C para a água utilizada no banho, é necessário avaliar se o sistema de aquecimento de acumulação é capaz de manter essas condições considerando que esse reservatório atenderá uma família de 4 pessoas que tomam um banho de 8 minutos cada.

A vazão da água do banho do aquecedor de acumulação, é composta de uma parcela de água quente e outra de água "fria", que após passar pelo misturador compõe a água do banho.

Utilizando a temperatura média de entrada da água 21,6 °C durante o ano, a temperatura máxima de aquecimento de água do reservatório 60 °C, temperatura da água do banho 38 °C e uma vazão de 0,1 l/s, as parcelas iniciais de água fria e quente podem ser calculadas da seguinte forma:

$$Q_{aq} + Q_{af} = 0$$

$$m_{aq} \times \Delta t_1 + m_{af} \times \Delta t_2 = 0$$

$$m_{aq} \times (38-60) + m_{af} \times (21,6-38) = 0$$

$$m_{aq} \times (22) = m_{af} \times (16,4)$$

$$m_{af} = m_{aq} \times 1,34$$

$$m_{aq} + m_{af} = m_{ab}$$

$$m_{aq} + m_{aq} \times 1,34 = 0,1 \text{ l/s}$$

$$m_{aq} \times 2,34 = 0,1$$

$$m_{aq} = 0,043 \text{ l/s}$$

$$m_{af} = 0,057 \text{ l/s}$$

onde:

Q_{aq} : Quantidade de calor da parcela de água quente (kcal)

Q_{af} : Quantidade de calor da parcela de água "fria" (kcal)

m_{aq} : Vazão de água quente (l/s)

m_{af} : Vazão de água "fria" (l/s)

m_{ab} : Vazão de água do banho (l/s).

ΔT_1 : Variação de temperatura entre água "fria" e água armazenada ($^{\circ}\text{C}$)

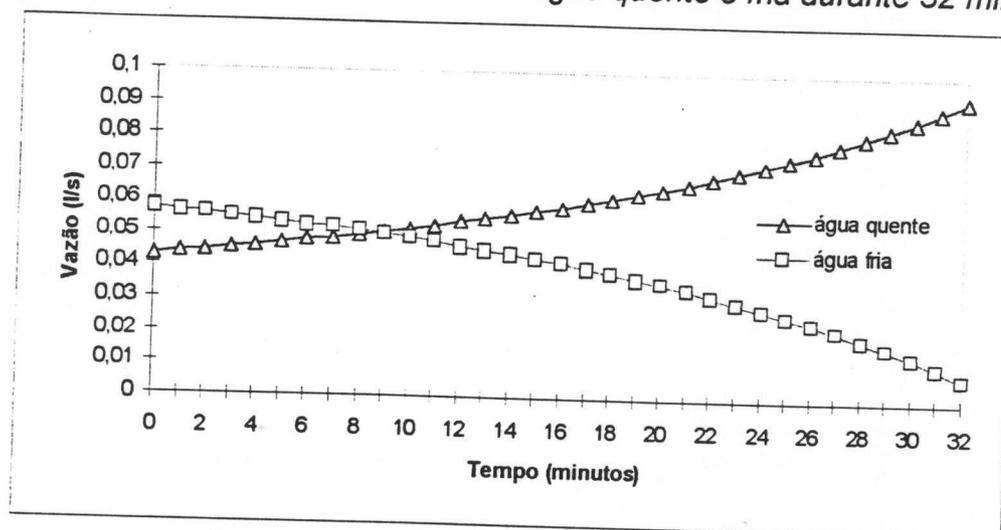
ΔT_2 : Variação de temperatura entre água "fria" e água do banho ($^{\circ}\text{C}$).

As parcelas de água quente e "fria" que compõe a água do banho são funções da temperatura da água armazenada no reservatório, a qual diminui conforme ocorre a reposição com água "fria" da água quente extraída do reservatório.

Essa redução na temperatura da água armazenada, impõe um controle por parte do usuário, na variação das parcelas de água quente e "fria", de forma a garantir durante a seqüência de banhos a mesma vazão e temperatura para a água do banho.

A figura 5.6, apresenta a variação das parcelas de água quente e "fria" que compõe a água do banho no decorrer de quatro banhos consecutivos de 8 minutos cada.

Figura 5.6 - Variação nas vazões de água quente e fria durante 32 minutos.



Observa-se que no final do quarto banho (32 minutos), a vazão de água quente está próxima a 0,1 l/s. Portanto a água quente extraída do reservatório ainda está a uma temperatura de no mínimo 38 °C. Portanto, pode-se concluir que esse reservatório é capaz de manter as condições de conforto de 0,1 l/s de vazão e a temperatura da água do banho de 38 °C, durante os 4 banhos, mesmo sendo banhos consecutivos.

Para complementar a avaliação da utilização do aquecimento de acumulação, deve-se considerar que esses 4 banhos, além de ocorrerem de forma consecutiva, podem ocorrer durante o período de ponta. Portanto, é necessário analisar se esse reservatório é capaz de atender a demanda diária de água quente, sem que haja a necessidade da atuação de sua fonte energética durante o período de ponta do sistema elétrico.

Para determinar a variação da temperatura da água do reservatório no decorrer dos banhos, utiliza-se uma metodologia desenvolvida por HEJAZI [19]. Essa metodologia permite calcular a variação de entalpia em reservatórios sem retorno¹⁰, no decorrer de uma seqüência de banhos. Entretanto é necessário considerar desprezível os seguintes itens:

- A energia cinética nas tubulações
- A estratificação de temperatura do reservatório
- As perdas térmicas nas paredes do acumulador
- A diferença de energia potencial entre a água afluyente e a água efluente

A equação 4, que permite calcular a variação da entalpia da água armazenada no reservatório no decorrer do tempo é :

$$h_H = (h_o - (Mh_c + Q_r)/M) \times e^{-Mt/Ms} + (Mh_c + Q_r)/M \quad \text{equação 4} \quad \text{onde:}$$

h_H = Entalpia da água armazenada após o banho (kcal/kg)

h_o = Entalpia da água armazenada no instante $t=0$. (kcal/kg)

h_c = Entalpia da água "fria" (kcal/kg)

Q_r = Potência do aquecedor (kcal/h)

M_s = Volume do reservatório. (litros)

M = Vazão de água do banho (l/s)

t = tempo do banho (s)

e = logaritmo neperiano

¹⁰ É um dispositivo encontrado em alguns reservatórios destinado a evitar a estratificação de temperaturas da água.

Observando a equação 4, nota-se que ela possui um termo que representa a potência da fonte energética que fornece energia ao reservatório. Entretanto no momento da seqüência de banhos, considera-se que a mesma não estará ligada.

Substituindo na equação 4 os valores que representam as condições iniciais para o primeiro banho, pode-se calcular a entalpia da água armazenada no decorrer do tempo. O resultado encontrado pode ser considerado como a própria temperatura da água armazenada no reservatório. As condições iniciais são representadas pelos seguintes valores:

$$h_o = 60 \text{ kcal/kg}$$

$$h_c = 21,6 \text{ kcal/kg}$$

$$Q_r = 0$$

$$M_s = 150 \text{ litros}$$

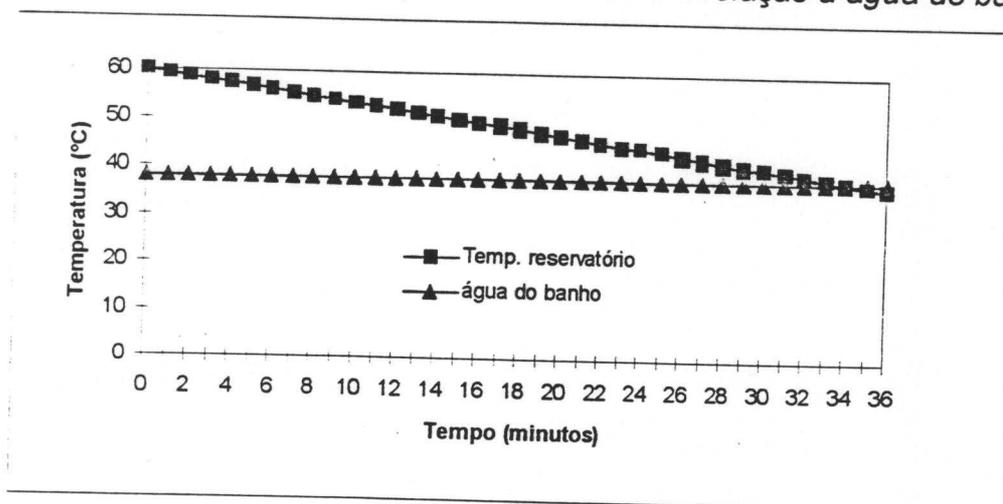
$$M = 0,043 \text{ l/s}$$

$$t = 60 \text{ s}$$

O valor da potência do aquecedor (Q_r), será substituído por zero. Assim será possível determinar o valor real da temperatura da água armazenada no reservatório, além de analisar a capacidade do reservatório em atender os quatro banhos consecutivos, sem que haja a necessidade de acionamento da fonte energética do aquecedor de acumulação.

A figura 5.7. apresenta a variação da temperatura da água do reservatório no decorrer dos quatro banhos consecutivos.

Figura 5.7 - Temperatura da água armazenada em relação a água do banho



Pode-se observar que a temperatura da água do reservatório diminui, entretanto após a seqüência dos 4 banhos, ela se mantém superior a 38°C.

Portanto é possível utilizar o aquecedor de acumulação para quatro banhos consecutivos, sem que haja durante os banhos a atuação da fonte energética de calor do aquecedor de acumulação.

Considerando que o reservatório de acumulação em estudo além de atender as necessidades diárias de uma família de 4 pessoas, é capaz de realizar seu aquecimento fora do horário de ponta do sistema elétrico, provando possuir características técnicas favoráveis a substituição do chuveiro elétrico; deve-se agora calcular o consumo de energia em cada banho.

Pôde-se observar que a temperatura da água armazenada diminui em função da seqüência dos banhos, impondo ao usuário o controle no fluxo de água

quente. Sendo assim, conforme a temperatura da água armazenada diminui é necessário aumentar a vazão de água quente que compõem o fluxo da água do banho.

Portanto a determinação do consumo de energia da água do banho, deve ser feita com base no volume de água quente utilizado em cada banho, multiplicado pela diferença de temperatura entre a água do reservatório e o meio ambiente (21,6 °C). A tabela 5.4 apresenta as condições iniciais para calcular a energia térmica consumida em cada banho.

Tabela 5.4 - Variáveis de cálculo do consumo de energia para os quatro banhos consecutivos

Condições iniciais	banho 1	banho 2	banho 3	banho 4
Temperatura do reservatório (°C)	60	55,2	51	47,3
Volume (m ³)	20,5	23,4	26,8	30,6

Utilizando as informações da tabela 5.4, encontra-se um consumo de 787 kcal por banho, para uma temperatura ambiente média e um volume diário total de água quente de aproximadamente 100 litros.

Entretanto considerando a variação da temperatura ambiente ao longo do ano, utiliza-se para o cálculo do consumo de energia no banho, os valores médios mensais da temperatura ambiente. Portanto a tabela 5.5 apresenta os valores mensais do consumo de energia no banho, perdas de calor e inércia térmica, considerando a variação da temperatura mensal média.

Tabela 5.5 - Consumo total de energia com aquecedor de acumulação

	Energia consumida kcal/mês					Total
	Banhos	Reservatório		Tubulação		
		Perda de calor	Inércia térmica	Perda de calor	Inércia térmica	
Janeiro	77.760	30.960	3.096	7.776	777	120.370
Fevereiro	77.760	30.960	3.096	7.776	777	120.370
Março	83.040	31.680	3.168	8.304	830	127.022
Abril	89.280	33.120	3.312	8.928	892	135.533
Maió	103.680	35.280	3.528	10.368	1.036	153.893
Junho	112.320	36.720	3.672	11.232	1.123	165.067
Julho	115.200	36.720	3.672	11.520	1.152	168.264
Agosto	106.560	35.280	3.528	10.656	1.065	157.089
Setembro	100.800	34.560	3.456	10.080	1.008	149.904
Outubro	92.160	33.120	3.312	9.216	921	138.729
Novembro	83.040	31.680	3.168	8.304	830	127.022
Dezembro	80.640	31.680	3.168	8.064	806	124.358

5.3 - Consumo de energia no aquecimento solar de água.

O consumo de energia dos sistemas de aquecimento de água por energia solar, é função do consumo da fonte energética complementar que auxilia no aquecimento de água. Quando as condições meteorológicas estiverem abaixo dos valores médios utilizados para o dimensionamento da área de coletores, é necessário a atuação da fonte complementar de energia, para aquecer o volume de água consumido diariamente.

Para que possa determinar o consumo dessa fonte de energia complementar é necessário dimensionar o sistema de aquecimento solar, utilizando informações meteorológicas da região onde serão instalados os coletores solares. Essas informações meteorológicas devem ser obtidas mensalmente para que se permita um melhor dimensionamento dos sistemas de aquecimento solar.

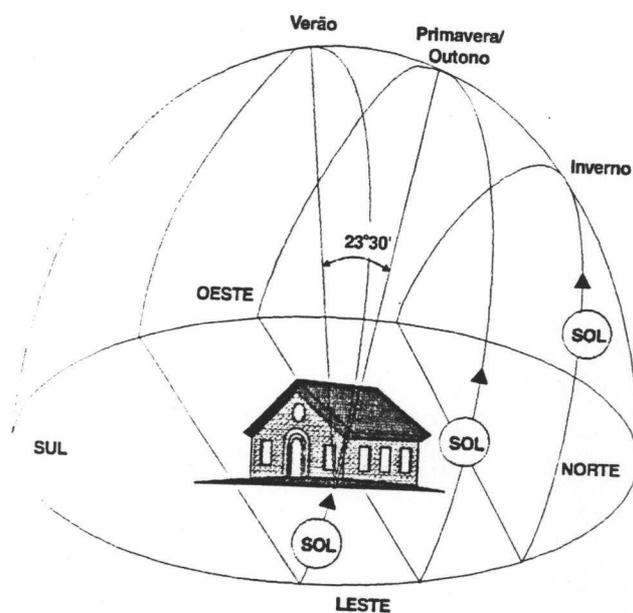
5.3.1 - Dimensionamento do sistema de aquecimento solar

Para realizar o dimensionamento é necessário conhecer o volume diário de água quente. A partir desse volume, calcula-se a energia diária necessária para aquece-lo. No capítulo anterior, determinou-se a energia consumida no aquecimento de água, para uma família de quatro pessoas que tomam diariamente um banho de oito minutos cada. Portanto conhecendo as necessidades diárias de energia, deve-se determinar a energia incidente nos coletores.

A energia incidente total na Terra é formada por uma parcela de radiação direta e outra de radiação difusa. Devido ao movimento de translação e rotação da terra, esse valor de energia incidente total varia durante o dia e ano.

A figura 5.8 demonstra a trajetória e a posição do sol em relação a terra nas quatro estações do ano.

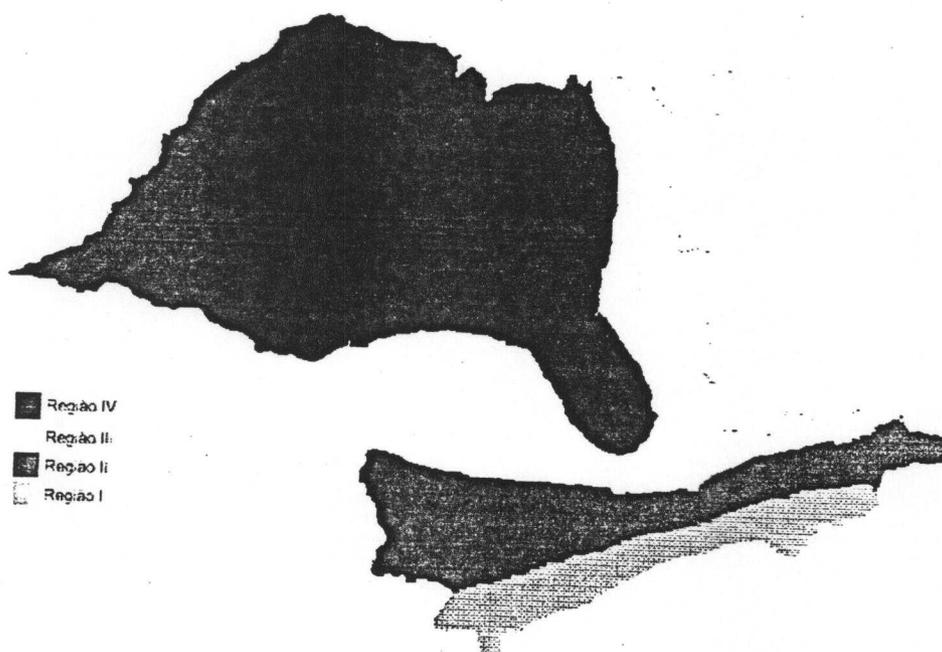
Figura 5.8 – Trajetória e posição do sol em função das estações do ano.



Sabendo que durante os meses de inverno o Sol mantém um movimento ao Norte e seus raios Solares incidem obliquamente sobre a Terra, deve-se utilizar o coletor solar direcionado para o Norte e com uma inclinação de 10° a mais da latitude local, permitindo assim a otimização da radiação total incidente nos meses de inverno. Uma vez determinada a posição e a inclinação dos coletores, pode-se conhecer os valores de radiação incidente que serão utilizados.

Para esse estudo as informações de radiação incidente utilizadas serão retirados de um trabalho realizado pela CESP [10]. Esse estudo agrupou os diferentes municípios paulistas, em quatro regiões solarimétricas, em função dos diferentes níveis de insolação. A figura 5.9, apresenta esse mapa, indicando as quatro regiões solarimétricas do estado de São Paulo.

Figura 5.9 - Regiões Solarimétricas do estado de São Paulo



Um outro estudo [23], realizado pela CESP e Unicamp (Universidade de Campinas), determinou o nível médio de radiação direta, difusa e global para o plano horizontal e inclinado em diferentes tipos de coletores solares, para as quatro regiões solarimétricas citadas anteriormente, durante as quatro estações do ano - primavera, verão, outono e inverno .

Esse estudo abrangeu 40 estações solarimétricas distribuídas no estado de São Paulo com diferentes latitudes, longitudes e altitudes. As figuras 5.10, 5.11, 5.12 e 5.13 apresentam mapas do estado de São Paulo, referente as quatro estações, permitindo conhecer a variação da radiação incidente em um plano inclinado de $(L+10^\circ)$ durante o ano, nas principais cidades do Estado.

Para que se possa definir os valores médios mensais de cada região solarimétrica, a tabela 5.6, apresenta a radiação incidente de 26 das 40 cidades estudadas¹.

Tabela 5.6 - Radiação incidente mensal e média no plano inclinado ($L+10^\circ$) nas regiões solarimétricas (kWh/m^2)

Região I	Cidades	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	Parique.	2.99	3.21	3.35	3.09	2.88	2.85	2.69	2.69	2.61	2.78	2.86	2.79
	Santos	2.88	2.37	2.94	2.90	2.78	2.63	2.66	2.55	2.47	2.65	2.77	2.76
	Ubatuba	2.79	3.00	3.01	2.79	2.85	2.67	2.66	2.61	2.58	2.57	2.70	2.72
	Média	2.89	3.09	3.10	2.93	2.84	2.72	2.67	2.62	2.55	2.67	2.78	2.76
Região II													
	Atibaia	3.53	3.82	4.26	4.31	3.91	3.70	4.12	4.29	4.04	3.90	3.75	3.36
	Pirajú	3.71	3.94	4.25	4.49	4.19	3.85	4.07	4.18	4.11	3.96	3.99	3.50
	R.Antas	3.29	4.39	3.97	3.82	3.78	3.58	4.95	4.06	3.51	3.64	3.63	3.01
	Sorocab	3.65	4.09	4.27	4.32	4.03	3.69	4.06	4.03	3.82	3.97	3.82	3.50
	a												
	Taubaté	3.35	3.83	3.70	3.66	3.47	3.43	3.67	3.62	3.81	3.81	3.27	3.14
	Média	3.51	4.01	4.09	4.12	3.88	3.65	4.17	4.04	3.86	3.86	3.69	3.30
Região III													
	C.Jordão	3.83	3.89	4.68	5.33	5.64	5.25	5.20	5.54	4.85	4.85	3.93	3.84
	Cassia.	4.13	4.27	4.90	5.30	5.04	4.69	4.80	5.35	5.09	4.55	4.30	4.13
	Gramin.	3.73	4.05	4.46	4.87	4.90	4.50	4.88	5.49	4.45	4.48	3.86	3.53
	Mococa	3.88	4.08	4.58	4.78	4.67	4.52	4.60	4.88	4.77	4.27	4.21	3.79
	Pindam.	4.30	4.58	4.89	4.97	4.64	4.68	4.88	5.16	4.77	4.30	4.33	4.03
	Média	3.97	4.17	4.70	5.05	4.98	4.73	4.87	5.28	4.79	4.49	4.13	3.86
Região IV													
	Araçat.	3.74	3.94	4.76	4.53	4.40	3.99	4.15	4.36	3.90	4.00	4.05	3.85
	Barretos	3.89	3.79	4.34	4.41	4.71	4.39	4.55	4.79	4.38	3.86	4.12	3.57
	Campin.	4.31	4.62	4.98	5.29	5.07	4.83	5.01	5.42	4.59	4.55	4.66	4.15
	Colina	3.86	4.04	4.52	4.84	4.53	4.32	4.37	4.59	4.24	3.96	4.08	3.62
	Franca	4.12	4.68	4.76	5.11	5.32	5.04	5.55	5.68	5.02	4.72	4.21	3.85
	Jau	3.83	4.02	4.46	4.75	4.52	4.27	4.19	4.71	4.41	4.17	4.03	3.67
	Limeira	3.80	3.98	4.40	4.58	4.34	4.10	4.33	4.60	4.41	4.40	4.09	3.60
	Lins	3.91	4.10	4.39	4.54	4.33	4.18	4.30	4.37	4.08	4.36	4.07	3.48
	N.Odes.	4.35	4.69	5.00	5.18	4.93	4.58	4.90	4.99	4.51	4.71	4.42	4.10
	R. Preto	3.64	3.34	4.50	4.73	4.47	4.06	4.36	4.65	4.52	4.45	4.12	3.84
	S.Carlos	3.94	4.05	4.52	4.43	4.78	4.59	4.78	4.83	4.42	4.41	4.10	3.47
	S.Simão	3.62	3.79	4.37	4.73	4.50	4.34	4.46	4.73	4.20	4.42	3.87	3.41
	Votupor	3.70	3.79	4.08	4.52	4.29	4.16	4.37	4.62	4.84	3.98	3.93	3.37
	Média	3.90	4.06	4.54	4.74	4.63	4.37	4.56	4.80	4.42	4.31	3.82	3.69

Fonte: Radiação Solar no estado de São Paulo

¹ As cidades Juquiá, Iguape, Casa Grande, Itapeva, São Paulo, Tatuí, Campininha, Limociro, Monte do Sul, Salto Grande, Barra Bonita, Pindorama, Tietê e Presidente Prudente, não entraram no cálculo da média mensal de radiação, pois apresentavam desvio padrão elevado em relação a média dos valores de suas respectivas regiões.

Partindo dos valores médios encontrado para cada regiões solarimétricas do estado de São Paulo, pode-se iniciar o dimensionamento da área dos coletores utilizada em cada região.

5.3.2 - Determinação da área dos coletores solares.

A área dos coletores a ser instalada será determinada em função da energia necessária para o aquecimento do volume de água diário consumido pelos moradores da residência. Observou-se anteriormente na tabela 5.5 o valor da energia necessária para aquecer um volume de água que atenda uma família de 4 moradores.

Após determinar a energia necessária, deve-se conhecer os valores da energia incidente de cada região solarimétrica. Os valores da energia incidente utilizados são os valores médios de cada região solarimétrica, apresentados na tabela 5.6. Entretanto aos valores médios de radiação incidente de cada região solarimétrica deve-se multiplicar pelo rendimento de 33% dos coletores solares.

Conhecendo os valores de energia necessária, energia incidente nos coletores e o rendimento dos coletores, pode-se determinar a área dos coletores a ser instalada, utilizando a seguinte formula:

$A = E_n / (E_i \times \eta)$ onde:

A = Área dos coletores (m²)

E_n = Energia necessária (kWh/dia)

E_i = Energia incidente na superfície dos coletores (kWh/m².dia)

η = rendimento dos coletores

Aplicando os valores da energia necessária² e energia incidente, considerando o rendimento de 33% dos coletores, calcula-se a área necessária para atender as residências de cada região solarimétrica do estado de São Paulo, conforme a tabela 5.7 apresenta.

Tabela 5.7 – Variação anual na área de coletores para as quatro regiões solarimétricas.

	Energia necessária (kWh/dia)	Região 1 (m ²)	Região 2 (m ²)	Região 3 (m ²)	Região 4 (m ²)
jan	4.66	4,9	4,0	3,6	3,6
fev	4.66	4,6	3,5	3,4	3,5
mar	4.92	4,8	3,6	3,2	3,3
abr	5.25	5,4	3,9	3,2	3,4
mai	5.97	6,4	4,7	3,6	3,9
jun	6.39	7,1	5,3	4,1	4,4
jul	6.52	7,4	4,7	4,1	4,3
ago	6.08	7,1	4,6	3,5	3,8
set	5.81	6,9	4,6	3,7	4,0
out	5.37	6,1	4,2	3,6	3,8
nov	4.92	5,4	4,0	3,6	3,9
dez	4.81	5,3	4,4	3,8	4,0

pode-se observar que a área de coletores varia em função dos meses do ano. Essa variação é explicada devido aos diferentes valores de radiação incidente durante os meses do ano, associado a variação na energia mensal necessária.

Para um dimensionamento correto deve-se considerar que é inviável instalar a maior área de coletores, pois o sistema estaria superdimensionado em meses do ano onde o nível de radiação incidente fosse superior a média mensal.

² Os valores da energia necessária da tabela 5.5, foram divididos por 860 e por 30, para transformar kwh/dia

Por outro lado não seria correto também, instalar a menor área pois o sistema estaria subdimensionado em períodos do ano onde o nível de radiação incidente fosse inferior a média mensal utilizada, ocasionando assim um consumo acima do previsto, da fonte de energia complementar.

Portanto deve-se dimensionar uma área de coletores capaz de fornecer a maior parte da energia necessária durante o ano, considerando que em determinados períodos do ano, haverá a atuação da fonte complementar de energia. Para que se possa encontrar a área recomendada, deve-se primeiro escolher valores de áreas entre o máximo e o mínimo de cada região e calcular o consumo de energia complementar de cada área.

Para determinar o consumo requerido por cada opção de área, deve-se utilizar a seguinte formula:

$$E_c = E_n - E_i \times A \times \eta \quad \text{equação 5,} \quad \text{onde:}$$

E_n = Energia necessária (kcal.dia)

E_c = Energia complementar (kcal.dia)

E_i = Energia incidente (kcal/m².dia)

A = Área dos coletores (m²)

η = rendimento dos coletores

As tabelas 5.8, 5.9, 5.10 e 5.11 apresentam para cada uma das quatro regiões solarimétricas do estado de São Paulo, cinco opções de área de coletores, e o respectivo consumo mensal de energia complementar.

Tabela 5.8 - Energia complementar em função da área de coletores - região I

Meses	Energia Necessária (kcal/mês)	Opções de área instalada (m ²)				
		5	5,5	6	6,5	7
Janeiro	120.370	0	0	0	0	0
Fevereiro	120.370	0	0	0	0	0
Março	127.022	0	0	0	0	0
Abril	135.533	10.803	0	0	0	0
Mai	153.893	32.994	20.904	8.814	0	0
Junho	165.067	49.227	37.698	26.119	14.540	2.961
Julho	168.264	54.602	43.236	31.870	20.504	9.137
Agosto	157.090	45.556	34.403	23.250	12.096	943
Setembro	149.904	41.351	30.495	19.640	8.784	0
Outubro	138.730	25.068	13.702	2.335	0	0
Novembro	127.022	8.678	0	0	0	0
Dezembro	124.358	6.865	0	0	0	0
Total	1.687.622	275.193	180.437	112.027	91.083	13.041

Tabela 5.9- Energia complementar em função da área de coletores - região II

Meses	Energia Necessária (kcal/mês)	Opções de área instalada (m ²)				
		3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Janeiro	120.370	30.717	15.775	833	0	0
Fevereiro	120.370	17.946	876	0	0	0
Março	127.022	22.556	5.144	0	0	0
Abril	135.533	30.300	12.761	0	0	0
Mai	153.893	54.790	38.273	21.756	5.283	0
Junho	165.067	71.839	56.301	40.763	25.225	9.687
Julho	168.264	61.754	44.002	26.250	8.499	0
Agosto	157.090	53.900	36.702	19.503	2.305	0
Setembro	149.904	51.312	34.880	18.448	2.016	0
Outubro	138.730	40.137	23.705	7.273	0	0
Novembro	127.022	32.772	17.064	1.356	0	0
Dezembro	124.358	40.070	26.022	11.974	0	0
Total	1.687.622	508.093	311.505	148.156	43.283	9.687

Tabela 5.10 - Energia complementar em função da área de coletores - região III

Meses	Energia Necessária (kcal/mês)	Opções de área instalada (m ²)				
		2,5	3	3,5	4	4,5
Janeiro	120.370	37.358	20.756	4.154	0	0
Fevereiro	120.370	33.953	16.669	0	0	0
Março	127.022	30.389	11.062	0	0	0
Abril	135.533	34.642	14.464	0	0	0
Mai	153.893	55.343	35.633	15.923	0	0
Junho	165.067	72.052	53.449	34.846	16.242	0
Julho	168.264	71.204	51.792	32.381	12.969	0
Agosto	157.090	54.922	34.488	14.054	0	0
Setembro	149.904	55.824	37.008	18.192	0	0
Outubro	138.730	46.991	28.644	10.296	0	0
Novembro	127.022	45.714	29.452	13.190	0	0
Dezembro	124.358	45.817	30.108	14.400	29.211	
Total	1.687.622	-584.208	363.525	157.436	64.370	35.159

Tabela 5.11 - Energia complementar em função da área de coletores - região IV

Meses	Energia Necessária (kcal/mês)	Opções de área instalada (m ²)				
		2,5	3	3,5	4	4,5
Janeiro	120.370	37.358	20.756	4.154	0	0
Fevereiro	120.370	33.953	16.669	0	0	0
Março	127.022	30.389	11.062	0	0	0
Abril	135.533	34.642	14.464	0	0	0
Mai	153.893	55.343	35.633	15.923	0	0
Junho	165.067	72.052	53.449	34.846	16.242	0
Julho	168.264	71.204	51.792	32.381	12.969	0
Agosto	157.090	54.922	34.488	14.054	0	0
Setembro	149.904	55.824	37.008	18.192	0	0
Outubro	138.730	46.991	28.644	10.296	0	0
Novembro	127.022	45.714	29.452	13.190	0	0
Dezembro	124.358	45.817	30.108	14.400	0	0
Total	1.687.622	584.208	363.525	157.436	29.211	0

O consumo de energia complementar está diretamente associado a área de coletores instalados e tipo de fonte complementar de energia. Quanto maior a área instalada menor será o custo operacional com a fonte energética complementar.

5.3.3 - Escolha da área de coletores instalada e fonte energética complementar.

Um sistema de aquecimento solar dificilmente é projetado para ser autônomo, pois tecnicamente ficaria super dimensionado em certos meses do ano. Devido a essa situação, considera-se nos cálculos de dimensionamento, valores médios mensais para as variáveis atmosféricas, prevendo a atuação da fonte complementar de energia em períodos do ano, onde os valores das variáveis atmosféricas estiverem abaixo dos valores médios, utilizados nos cálculos do dimensionamento.

Entretanto além da atuação da fonte de energia complementar foi comentada no parágrafo anterior, deve-se considerar também uma eventual sequência de dias nublados, independente da estação do ano, a qual provocaria um consumo da fonte complementar de energia acima do que já é previsto. Pensando assim deve-se aumentar em 25% o consumo da energia necessária mensal consumida pelo aquecedor de acumulação, esse acréscimo, eleva o custo operacional da energia complementar, porém prevê uma eventual sequência de dias nublados.

A escolha da área de coletores pode ser auxiliada utilizando o custo do ciclo de vida (LCC) [15]. O uso dessa figura de mérito permite avaliar qual das opções de áreas de coletores, apresenta o melhor custo-benefício durante o período analisado. Nessa avaliação utilizando o LCC leva-se em consideração o investimento inicial, custo operacional, custos de manutenção e uma taxa de desconto que atualiza os gastos futuros.

Como investimento inicial considerou-se o preço de 140 R\$/m² [5,6] para os coletores solares, conforme valores fornecidos pelos próprios fabricantes, apresentados na tabela 5.12.

Tabela 5.12 - Preço do m² da área de coletores

Fabricante	Preço (R\$/m ²)
A	150,00
B	140,00
C	130,00

Fonte: os próprios fabricantes -1997

Considerou-se como custos de manutenção³, os gastos com troca de peças e/ou limpeza e como custos operacionais os valores pagos pelo consumidor residencial através das tarifas referentes ao consumo de energia complementar, sendo que esses custos dependem do tipo de energético utilizado como complemento a energia solar.

Em relação ao tipo de energético os reservatórios dos aquecedores solares podem ter como fonte energética complementar a eletricidade ou gás combustível, sendo que a complementação energética usando gás combustível pode ser feita com gás natural (GN) ou com gás liquefeito de petróleo (GLP).

Quando a complementação é feita com gás combustível, o custo operacional é calculado através do consumo de gás utilizado, multiplicado pela sua tarifa. O consumo do gás combustível, é calculado em função do poder calorífico⁴ de

³ No caso dos coletores solares não necessitam de troca de peças, sendo que a limpeza pode ser feita pelo próprio morador.

⁴ O poder calorífico do GN é de 9256 kcal/m³ e do GLP é de 11200 kcal/kg

cada energético. A tarifa de GN utilizada será de 1,5 R\$/m³ [11] (já incluído o imposto de 18%). No caso do GLP a tarifa será de 0,66 R\$/kg [11].

Caso a complementação energética seja feita com eletricidade o custo operacional varia conforme o consumo mensal de energia elétrica, devido a tarifa diferenciada aplicada nos estratos de consumo residencial. Para essa avaliação será utilizado quatro valores de tarifa para cada região solarimétrica, representando o consumo de eletricidade, conforme a tabela 5.13 demonstra.

Tabela 5.13 - Tarifas de eletricidade em função do consumo⁵

Consumo de eletricidade	Tarifas de eletricidade (R\$/kWh)		
	CESP	CPFL	ELPO
até 120 kWh - Eletricidade I	0,092	0,094	0,088
até 170 kWh - Eletricidade II	0,106	0,109	0,102
até 220 kWh - Eletricidade III	0,135	0,138	0,130
acima 220 kWh - Eletricidade IV	0,183	0,187	0,176

Utilizando o preço médio de 140,00 R\$/m² para área dos coletores, o custo operacional em função do tipo de energético utilizado e a energia complementar, calcula-se LCC para as cinco opções de área de coletores, nas quatro regiões solarimétricas do Estado de São Paulo.

Para interpretar os resultados apresentados a seguir, deve-se considerar que quanto menor o valor do LCC, mais viável é a opção de área de coletores em função do tipo de energético utilizado.

⁵ Esses valores representam a tarifa mais o ICMS (explicado no capítulo 3)

A complementação à GLP, apresentou-se como a melhor opção em todas as regiões analisadas. Porém esses resultados foram favorecidos devido ao preço subsidiado, o qual existe para incentivar a sua utilização na cocção de alimentos. A sua utilização para outros fins como aquecimento de água para piscina e/ou sauna é proibido por lei⁶.

Analisando os resultados da região I, apresentados na tabela 5.14, pode-se observar que consumidores de energia elétrica com consumo até 120 kWh/mês, a melhor opção de área de coletores é a de 5 m² com complementação elétrica. Para consumidores que estejam na faixa de consumo de até 170 kWh/mês a melhor opção é a área de 5,5 m², utilizando eletricidade como energético complementar. Para consumidores que apresentam consumo entre 170 kWh/mês e 220 kWh/mês as opções podem ser uma área de 6 m² com complementação elétrica ou a GN.

Entretanto caso o consumidor tenha um consumo de energia elétrica maior que 220 kWh/mês a área de coletores passa a ser de 6,5 m² com complementação elétrica. A figura 5.14, ilustra esses resultados.

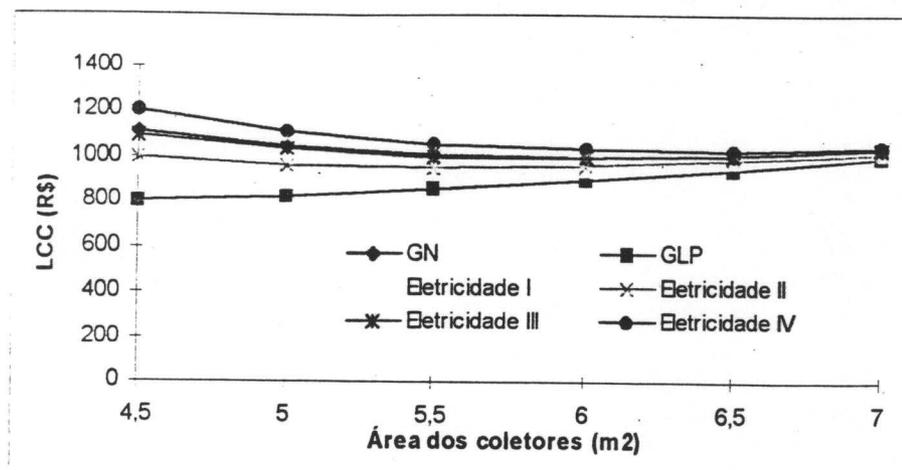
Tabela 5.14 - LCC em função da área de coletores e energético - Região I⁷

energético	Opções de área dos coletores (m ²)				
	5	5,5	6	6,5	7
GN	1003	969	964	972	994
GLP	805	839	883	931	985
Eletricidade I	900	901	922	951	989
Eletricidade II	960	921	934	957	991
Eletricidade III	931	963	960	970	994
Eletricidade IV	1066	1010	989	984	997

⁶ Entretanto no aquecimento de água para banho, a lei nada determina.

⁷ A tarifa de eletricidade utilizada foi a da CESP, pois as regiões I e III são atendidas por essa concessionária.

Figura 5.14- LCC em função da área de coletores e energético complementar



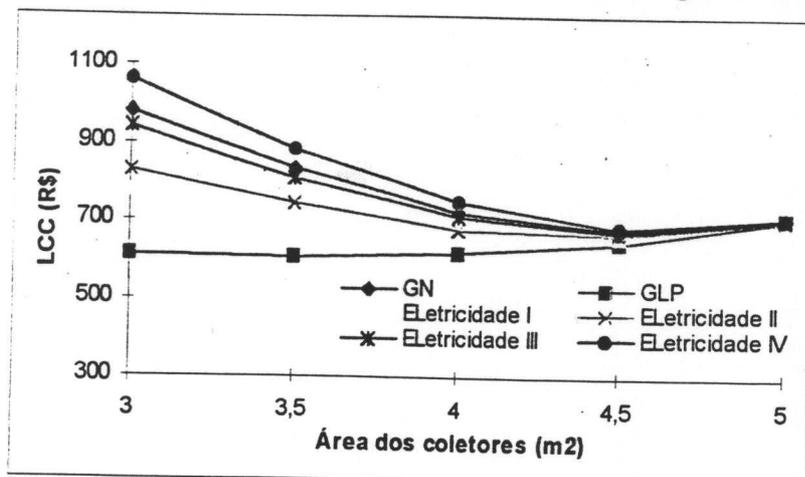
Na análise dos resultados da região II, pode-se observar na tabela 5.15, que a melhor área de coletores foi a de 4,5 m², independente do consumo. Entretanto a utilização de eletricidade como fonte complementar é aconselhada para consumo de até 220 kWh/mês, a partir desse valor de consumo recomenda-se a utilização de GN como energético complementar. A figura 5.15, ilustra esses resultados.

Tabela 5.15- LCC em função da área de coletores e energético - Região II⁸

Energético	Opções de área dos coletores (m ²)				
	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
GN	980	833	723	678	711
GLP	614	609	617	647	704
Eletricidade I	774	707	663	660	707
Eletricidade II	830	741	680	665	708
Eletricidade III	942	810	712	675	710
Eletricidade IV	1063	884	748	685	712

⁸ A tarifa de eletricidade utilizada foi da ELPO, pois a região II é atendida por essa concessionária.

Figura 5.15 - LCC em função da área de coletores e energético complementar

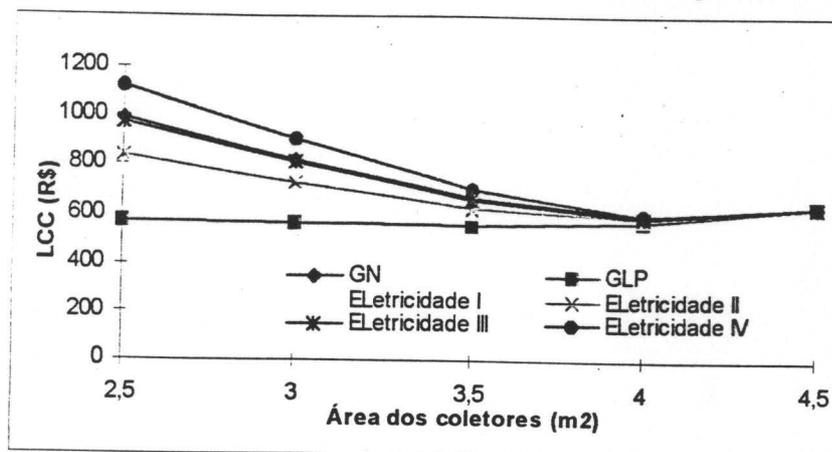


Analisando os resultados para a região III pode-se observar que a melhor área de coletores foi a de 4 m², independente do consumo. Entretanto a utilização de eletricidade como fonte complementar é aconselhada para consumo de até 220 kWh/mês a partir desse valor de consumo, recomenda-se a utilização de GN como energético complementar.

Tabela 5.16- LCC em função da área de coletores e energético - Região III

Energético	Opções de área dos coletores (m ²)				
	2,5	3	3,5	4	4,5
GN	994	821	664	592	630
GLP	573	559	550	571	630
Eletricidade I	775	605	605	581	630
Eletricidade II	840	725	622	584	630
Eletricidade III	974	808	658	591	630
EletricidadeIV	1126	903	699	599	630

Figura 5.16 - LCC em função da área de coletores e energético complementar

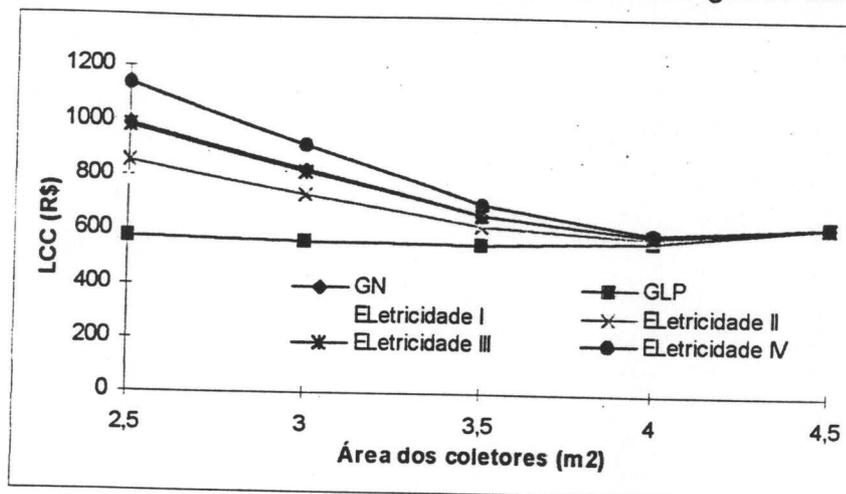


Fazendo uma análise nos resultados da região IV, observa-se que a melhor área de coletores foi a de 4 m², independente do consumo. Entretanto a utilização de eletricidade como fonte complementar predomina para consumo de até 170 kWh/mês. A partir desse valor de consumo, o energético complementar pode continuar sendo a energia elétrica ou então optar por GN, pois ambos apresentaram os mesmos resultados.

Tabela 5.17-LCC em função da área de coletores e energético- Região IV

Energético	Opções de área dos coletores (m ²)				
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
GN	994	821	664	592	630
GLP	573	559	550	571	630
Eletricidade I	784	690	607	582	630
Eletricidade II	854	733	626	585	630
Eletricidade III	988	817	662	592	630
Eletricidade IV	1140	912	703	600	630

Figura 5.17 - LCC em função da área de coletores e energético complementar



Fazendo uma análise geral dos resultados apresentados nas quatro regiões solarimétricas, observa-se que a área de coletores variou de 4 a 6,5 m², em função do nível de radiação de cada região e do equilíbrio entre custo m² do coletor solar e energia complementar.

A utilização de GN como fonte complementar de energia, apresenta-se viável, com exceção na região IV, somente quando o consumo de energia elétrica da residência for superior a 220 kWh. A sua inviabilidade para consumos acima de 220 kWh é justificada pela ausência de desconto na tarifa de eletricidade.

A utilização de GN apresenta-se como opção para quem tem um consumo de energia elétrica acima de 220 kWh. Ao contrário do GLP, a sua distribuição no estado de São Paulo, principalmente na RMSP, é bastante difundida. No aspecto segurança o GN é fornecido aos seus consumidores através de tubulações, dispensando uma área para armazenamento de botijões, entretanto não dispensando a necessidade de chaminé para liberação dos gases poluentes.

Para o GLP, além do aspecto econômico-social, é importante ressaltar que no estado de São Paulo o uso de GLP canalizado é feito somente na região de Cecap (conjuntos habitacionais em Guarulhos) e São José dos Campos, nos outros municípios a sua distribuição é feita através de botijões.

Por questão de segurança o armazenamento desses botijões deve ser feito em área segura e ventilada. Alguns edifícios possuem tubulações que permitem o armazenamento dos botijões na garagem ao invés do seu armazenamento dentro do apartamento.

Além dos cuidados no armazenamento dos botijões de GLP, são necessários observar certos critérios de segurança para a liberação dos poluentes oriundos da combustão do GLP. Esses gases necessitam de uma chaminé que permita a sua liberação para o meio externo.

Tabela 5.19 - Preço do sistema de aquecimento solar Termo-sifão - região I

	Elal II	Elal III	Elal IV	GN
Área de coletores	770,00	840,00	910,00	840,00
Reservatório	515,00	515,00	515,00	735,00
Total	1285,00	1355,00	1425,00	1575,00

5.3.4 - Preço dos sistemas de aquecimento solar

O preço dos sistemas de aquecimento solar são compostos pelo reservatório, painéis solares, tubulação, peças complementares, mão de obra da instalação e frete de entrega. O preço das peças complementares, instalação e frete não serão considerados, pois dependem da dimensão do projeto e região de entrega.

A tabela 5.18, apresenta o preço dos reservatórios de 150 litros para sistema de aquecimento solar.

Os fabricantes com adaptação para sistema de aquecimento solar são isentos de IPI (imposto sobre produtos industrializados).

A opção de termossifão permite eliminar a compra da microbomba, utilizada no sistema de circulação forçada.

Tabela 5.18 - Preço de reservatórios de acumulação de 150 litros com complementação elétrica ou a gás⁹

Fabricante	complementação elétrica	complementação à gás
A	588,00	Não Fabricado
B	570,00	570,00
C	389,00	900,00
Preço médio	515,00	735,00

Fonte: os próprios fabricantes -1997

Utilizando os preços médios dos reservatórios, apresentados na tabela 5.17, e o preço médio da área de coletores (140 R\$/m²), considerando o tipo de energético utilizado, determina-se o preço total do sistema de aquecimento solar do tipo termosifão¹⁰, para as quatro regiões solarimétricas do estado de São Paulo, conforme as tabelas 5.19 a 5.22 demonstram.

Tabela 5.19 - Preço do sistema de aquecimento solar Termo-sifão - região I

Preço (R\$)	Tipo de energético utilizado				
	Elet I	Elet II	Elet III	Elet IV	GN
Área de coletores	700,00	770,00	840,00	910,00	840,00
Reservatório	515,00	515,00	515,00	515,00	735,00
Total	1215,00	1285,00	1355,00	1425,00	1575,00

Tabela 5.20 - Preço do sistema solar de aquecimento Termo-sifão - região II

Preço (R\$)	Tipo de energético utilizado				
	Elet I	Elet II	Elet III	Elet IV	GN
Área de coletores	630,00	630,00	630,00	630,00	630,00
Reservatório	515,00	515,00	515,00	515,00	735,00
Total	1145,00	1145,00	1145,00	1145,00	1365,00

⁹ Os reservatórios de acumulação fabricados com adaptação para sistema de aquecimento solar são isentos de IPI (imposto sobre produtos industrializados)

¹⁰ A opção do termosifão permite eliminar a compra da microbomba, utilizada no sistema de circulação forçada

Tabela 5.21 - Preço do sistema de aquecimento solar Termo-sifão - região III

Preço (R\$)	Tipo de energético utilizado				
	Elet I	Elet II	Elet III	Elet IV	GN
Área de coletores	630,00	630,00	630,00	630,00	630,00
Reservatório	515,00	515,00	515,00	515,00	735,00
Total	1145,00	1145,00	1145,00	1145,00	1365,00

Tabela 5.22 - Preço do sistema de aquecimento solar Termo-sifão - região IV

Preço (R\$)	Tipo de energético utilizado				
	Elet I	Elet II	Elet III	Elet IV	GN
Área de coletores	560,00	560,00	560,00	560,00	560,00
Reservatório	515,00	515,00	515,00	515,00	735,00
Total	1075,00	1075,00	1075,00	1075,00	1295,00

5.4 - Aquecedor de passagem.

São equipamentos projetados para serem usados em aquecimento individual, sem necessidade de rede de tubulações para distribuir a água quente (exceto os modelos antigos a gás). Os aquecedores disponíveis no mercado utilizam como fonte energética a eletricidade ou o gás combustível. O seu princípio de funcionamento é similar ao do chuveiro elétrico, pois a fonte de energia é acionada somente no momento do banho (existem modelos de aquecedores de passagem a gás que possuem uma chama piloto acesa constantemente) [44].

Em relação a vazão de água oferecida, esse equipamento também oferece níveis superiores ao do chuveiro elétrico. Os níveis de vazão estão entre 0,1 l/s e 0,15 l/s e a temperatura final da água acima de 38 °C. Necessitando de tubulação de água fria e misturador.

5.4.1 - Aquecedor de passagem elétrico

O aquecedor de passagem elétrico pode ser instalado próximo ao ponto de utilização devido a sua pequena dimensão. Alguns modelos não exigem tubulações de água fria, pois dispõe de regulagem de temperatura, que permite controlar a temperatura e vazão de saída da água. A potência das resistências para esses modelos estão entre 1,9 kW a 8,2 kW [6]. Os preços variam conforme o modelo, situando-se entre R\$ 137,00 a R\$ 800,00 apresentando uma vida útil de 15 anos [6].

Esse equipamento não será considerado como uma alternativa ao chuveiro elétrico, pois além de apresentar um custo inicial e operacional superior ao do chuveiro elétrico, o mesmo se usado no período de ponta estaria atuando no período da ponta, ocasionando uma elevação maior que a do chuveiro, devido a sua potência elevada.

5.4.2 - Aquecedor de passagem a gás

Os aquecedores de passagem a gás podem atender um ou mais pontos de um mesmo cômodo, os modelos disponíveis oferecem vazão de 0,1 l/s até 0,25 l/s, essa vazão é controlada através da regulagem do fluxo de gás que alimenta a chama, controlando o calor fornecido para a tubulação de água. Estão disponíveis com potência nominal de 4816 a 12900 kcal/h [6]. Os preços variam conforme o modelo, situando-se entre R\$ 260,00 a R\$ 400,00 apresentando uma vida útil de 15 anos e rendimento final de 60% [44].

5.4.2.1 - Consumo de energia do aquecedor de passagem a gás

O sistema de controle de gás que alimenta a combustão, permite que o aquecedor de passagem, tenha um consumo de energia variável em função da temperatura de entrada da água.

Para determinar o consumo de energia deve-se considerar, o tempo do banho, o número de banhos/dia, o número de moradores/residência, o rendimento do equipamento e a vazão de água do banho e a temperatura de entrada da água.

O tempo de banho (480 s), o número de banhos/dia (0,96) e número de moradores/residência (4,2), são os mesmos utilizados no cálculo do consumo de energia do chuveiro elétrico.

Para esse cálculo foi considerado a utilização do modelo que oferece a vazão de 0,1 l/s, para manter a mesma vazão adotada no aquecedor de acumulação. Para a temperatura de entrada da água, será adotado a relação utilizada no cálculo do consumo de energia do aquecedor de acumulação elétrico e a gás, o qual considerou o equilíbrio térmico entre a temperatura ambiente e a temperatura da água de entrada.

A tabela 5.23, apresenta o consumo mensal de energia considerando as circunstâncias acima descritas.

	Consumo de gás
GLP	140 kg
Gás natural	177 m ³

Tabela 5.23 - Consumo de energia do aquecedor de passagem a gás

	Consumo (kcal/mês)
Janeiro	78.382
Fevereiro	78.382
Março	84.188
Abril	89.994
Mai	104.509
Junho	113.219
Julho	116.122
Agosto	107.412
Setembro	101.606
Outubro	92.897
Novembro	84.188
Dezembro	81.285
Total (kcal/ano)	1.132.186

O consumo anual de energia para um aquecedor de acumulação é de 1.132.186 kcal. Entretanto é necessário calcular o consumo de gás combustível, para conhecer o custo operacional do equipamento. Esse equipamento pode ser abastecido por todos os tipos de gás combustível, para essa análise será considerado somente o gás liquefeito de petróleo e o gás natural.

O consumo do gás combustível é função do seu poder calorífico. O GLP e o gás natural possuem respectivamente os seguintes valores de poder calorífico 11750 kcal/kg e 9256 kcal/m³. A partir desses valores, a tabela 5.23, apresenta o consumo de gás combustível do aquecedor de passagem á gás, para um modelo com rendimento de 45%.

Tabela 5.23 - Consumo anual de gás combustível para aquecedor de passagem

Gás combustível	Consumo de gás
GLP	140 kg
Gás natural	177 m ³

Capítulo 6 - Análise financeira das alternativas ao chuveiro elétrico.

6.1 - Identificação dos grupos envolvidos na análise financeira.

A substituição do chuveiro elétrico por outros equipamentos de aquecimento de água, no setor residencial, apresenta possibilidade técnica de alterar a curva de carga das concessionárias. Essa alteração pode trazer economia de energia elétrica ou de demanda de potência, seja na ponta ou fora da ponta do sistema elétrico. As alterações na curva de carga produzida pelas alternativas ao chuveiro elétrico, precisam ser traduzidas em custos e benefícios, para que sejam comparadas com outras alternativas, inclusive possíveis alternativas pelo lado da oferta.

Na implantação de um programa de conservação e uso racional de energia, existe uma interação direta entre concessionária e consumidor, e uma relação indireta entre a concessionária e consumidores não-participantes e a sociedade. Essa interação direta e indireta entre os grupos envolvidos existe devido a relação custo-benefício de uma alternativa de gerenciamento pelo lado da demanda (GLD), distribui-se desigualmente entre os grupos envolvidos.

A escolha de uma alternativa, pode envolver custos para a concessionária superiores ao custo marginal de fornecimento de energia elétrica, não sendo atrativo para a sociedade, mas o sendo sob o ponto de vista dos consumidores que recebam incentivos.

Entretanto outras alternativas podem ser atrativas para a sociedade, mas não para os consumidores participantes. Esses consumidores podem possuir critérios de investimento mais rigorosos que os da sociedade, tal como tempo de retorno mais curto, que excluiriam investimento que não atendessem esses critérios.

6.1.1 - Atratividade econômica para os grupos envolvidos.

O uso de figuras de mérito para avaliar alternativas de GLD, deve limitar-se a quantificar a viabilidade econômica aos grupos envolvidos, permitindo a eles, conforme perspectivas e critérios de investimento individuais de cada grupo, decidir quanto a implantação.

6.1.2 - Perspectiva da Concessionária de energia elétrica.

Para uma concessionária de energia elétrica que além do gerenciamento pelo lado da demanda, possui a opção de expansão da oferta, a decisão de escolher uma alternativa de GLD, deve ser tomada comparando os custos marginais de fornecimento de energia e potência instalada, com os benefícios obtidos na redução das receitas para cobrir as despesas de fornecimento de eletricidade e de atendimento de potência de ponta evitada, obtidos com a implantação da alternativa de gerenciamento pelo lado da demanda.

6.1.3 - Perspectivas do Consumidor Participante.

O consumidor participará da implantação de uma alternativa de GLD, caso obtenha um benefício financeiro, maior ou igual ao custo inicial e operacional do equipamento, observando que o tempo de retorno desse investimento

depende do tempo de utilização do equipamento e também do seu consumo de energia elétrica, devido a metodologia de desconto aplicada no estrato tarifário do consumidor residencial.

6.1.4 - Perspectivas do consumidor não-participante.

O consumidor que não participa pode ter a sua relação custo-benefício avaliada de acordo com a política tarifária da concessionária. Caso a concessionária ao implantar uma alternativa repasse os custos para as tarifas elétricas, o consumidor não-participante estaria sendo prejudicado. Por outro lado, se a implantação da alternativa não repercutir um aumento tarifário ou ocasionar uma estabilização, adiando um possível aumento tarifário, o consumidor não-participante estaria sendo beneficiado.

6.1.5 - Perspectivas da Sociedade.

A avaliação do custo-benefício para a sociedade, deve ir mais além do que os interesses particulares que são considerados pela concessionária e consumidor participante. A sua avaliação deve levar em consideração a redução dos impactos ambientais, geração de empregos, redução ou estabilização da taxa de inflação; etc. Muitos desses interesses possuem caráter social que não permite quantificá-los, entretanto caso exista um balanço positivo entre todos os interesses possíveis de quantificar, a alternativa de gerenciamento pelo lado da demanda, deve ser implementada.

6.2 - Grupos Analisados.

Entre os grupos envolvidos, quanto a implementação de uma alternativa de gerenciamento pelo lado da demanda, deve-se analisar o custo-benefício de pelo menos dois, que são o consumidor participante e a concessionária de energia elétrica. O consumidor não-participante pode ser avaliado pelo desempenho da concessionária. A sociedade, devido ao seu aspecto amplo, deve ser analisada de um modo geral, através de um balanço entre todos os benefícios obtidos.

6.3 - Critérios Econômicos Aplicado aos Grupos Analisados.

Existem diferentes figuras de mérito que podem ser utilizadas na análise de viabilidade econômica do consumidor e concessionária, para orientá-los quanto a implementação das alternativas ao chuveiro elétrico. Os termos que compõem essas figuras de mérito, baseiam-se em informações referentes ao custo e consumo dos equipamentos envolvidos, do período de análise e a taxa de desconto.

O custo e consumo dos equipamentos são aplicados diretos nas figuras de mérito, ao contrário da taxa de desconto e o período de análise que são utilizados para calcular o FRC (Fator de Recuperação de Capital). O FRC é utilizado para anualizar o investimento em função do período de análise e taxa de desconto [14].

As figuras de mérito que auxiliam e orientam na análise financeira são: o Custo do ciclo de vida (Life Cycle Cost - LCC), Custo da Potência Evitada de Pico (CPEP) e Tempo de retorno [14].

A figura de mérito inicial o LCC, serve para trazer para valor presente, os gastos com operação e manutenção das alternativas propostas, que somado ao investimento inicial, permite avaliar em função da vida útil ou de um período de tempo menor, qual a melhor opção, entre as alternativas propostas. Com base nesse critério, a alternativa que possuir um LCC menor tem prioridade de implantação sobre as outras.

O CPEP, determina a atratividade do investimento para o setor elétrico, calcula-se o CPEP para cada alternativa e o compara com o custo marginal de expansão do sistema elétrico. As alternativas que estiverem com um valor abaixo do custo marginal de expansão do sistema elétrico, podem ser implantadas.

O SPBD, determina o tempo de retorno (TR) do investimento inicial para cada alternativa, considerando o valor temporal do dinheiro. No caso do consumidor ele é comparado com o tempo de retorno de outras opções de investimento disponíveis no mercado financeiro.

As fórmulas dessas figuras de mérito são:

$$LCC = (C_i + (C_o + C_m \times 1/FRC))$$

$$TR = ((C_e - C_c / ((E_c - E_e) \times p_e)) \times FRC \times p_a$$

$$CPEP = (C_e/pp.)$$

onde:

Ce : Custo do equipamento alternativo (R\$)

Cc : Custo do equipamento convencional (R\$)

Ee : Energia consumida pelo equipamento alternativo (kWh)

Ec : Energia consumida pelo equipamento convencional (kWh)

pe : Preço do energético (R\$/kWh) ou (R\$/kg ou R\$/m³)

pp. : Potência de pico evitada (KW)

pa : Período de análise

Ci : Custo inicial do equipamento (R\$)

Co : Custo de operação (R\$)

Cm : Custo de manutenção (R\$)

6.4- Análise dos resultados das figuras de mérito.

Nessa primeira análise será considerado que o grupo analisado estará fazendo todo o investimento inicial necessário para aquisição do equipamento alternativo ao chuveiro elétrico.

Na análise do consumidor será utilizado as figuras de mérito LCC e tempo de retorno. Os resultados do LCC do chuveiro e de suas alternativas serão calculados para cada região solarimétrica, utilizando as tarifas de eletricidade (Eletricidade I,II,III,IV) da concessionária que atenda a maior parte dos consumidores dessa região e a tarifa de gás natural distribuído pela Comgás.

Após a análise dos resultados do LCC do chuveiro e de suas alternativas, calcula-se o tempo de retorno das alternativas economicamente viáveis ao consumidor residencial.

Na análise da concessionária será calculado o CPEP para todas as alternativas ao chuveiro elétrico, o qual permitirá comparar com o custo marginal de expansão do sistema elétrico, permitindo que a concessionária oriente-se quanto a viabilidade de implantação de cada alternativa. As premissas utilizadas para essa primeira análise estão apresentadas por regiões na tabela 6.1

Tabela 6.1 - Premissas das figuras de mérito do consumidor e concessionária

		Acum. elétrico	Acum. Solar elétrico ⁹	Acum. Solar gás natural	Passag. gás	Acum gás
Região I	Custo inicial (R\$)	600,00	1215,00 1285,00 1355,00 1425,00	1575,00	260,00	700,00
	Consumo eletricidade (kWh/ano)	1962	811 700 621 556	-----	-----	-----
	Consumo gás natural (m ³ /ano)	-----	-----	75	204	210
Região II	Custo inicial (R\$)	600,00	1145,00	1365,00	260,00	700,00
	Consumo total (kWh/ano)	1962	541	-----	-----	-----
	Consumo gás (m ³ /ano)	-----	-----	58	204	210
Região III	Custo inicial (R\$)	600,00	1075,00	1295,00	260,00	700,00
	Consumo elétrico (kWh/ano)	1962	525	-----	-----	-----
	Consumo gás (m ³ /ano)	-----	-----	56	204	210
Região IV	Custo inicial (R\$)	600,00	1075,00	1295,00	260,00	700,00
	Consumo total (kWh/ano)	1962	525	-----	-----	-----
	Consumo gás (m ³ /ano)	-----	-----	56	204	210

6.4.1 - Análise dos resultados para o consumidor

Com base nessas premissas calcula-se o LCC para o chuveiro elétrico e suas alternativas, para as quatro regiões solarimétricas do estado de São Paulo.

⁹ O preço, o consumo e o custo operacional dos sistemas de aquecimento a energia solar com complementação elétrica, variam de acordo com as tarifas de eletricidade I, II, III, IV, e a área instalada.

Pode-se observar que os resultados do LCC apresentados nas tabelas 6.2, a 6.5, variam em função do consumo de energia elétrica, representado pela tarifas Eletricidade I, II, III, IV. Nota-se também, que para as alternativas que não utilizam energia solar, os valores do LCC não se alteram, e no caso dos sistemas de aquecimento solar os resultados variam conforme a região.

Os resultados do LCC para o chuveiro elétrico não serão comentados, pois nessa análise procura-se avaliar os resultados das suas alternativas, entretanto serão apresentados para que seja possível uma futura comparação.

Tabela 6.2 - LCC (R\$) do chuveiro e suas alternativas para o consumidor

Região I	Chuveiro Elétrico	Acumulador Elétrico	Acumulador Solar Elétrico	Acumulador Solar GN	Passagem GN	Acumulador GN
GN				2340	2342	2843
Eletricidade I	547	1828	1722			
Eletricidade II	622	2015	1790			
Eletricidade III	777	2402	1925			
Eletricidade IV	1033	3043	2117			

Observa-se na tabela 6.2, que independente do consumo de energia elétrica a melhor opção é um sistema de aquecimento solar com complementação elétrica. seguido pelo sistema de aquecimento solar com complementação gás. A figura 6.1, ilustra os resultados das alternativas ao chuveiro, onde é possível observar a variação por tipo de energético e consumo de energia elétrica.

Figura 6.1- LCC do chuveiro e suas alternativas para o consumidor da região I

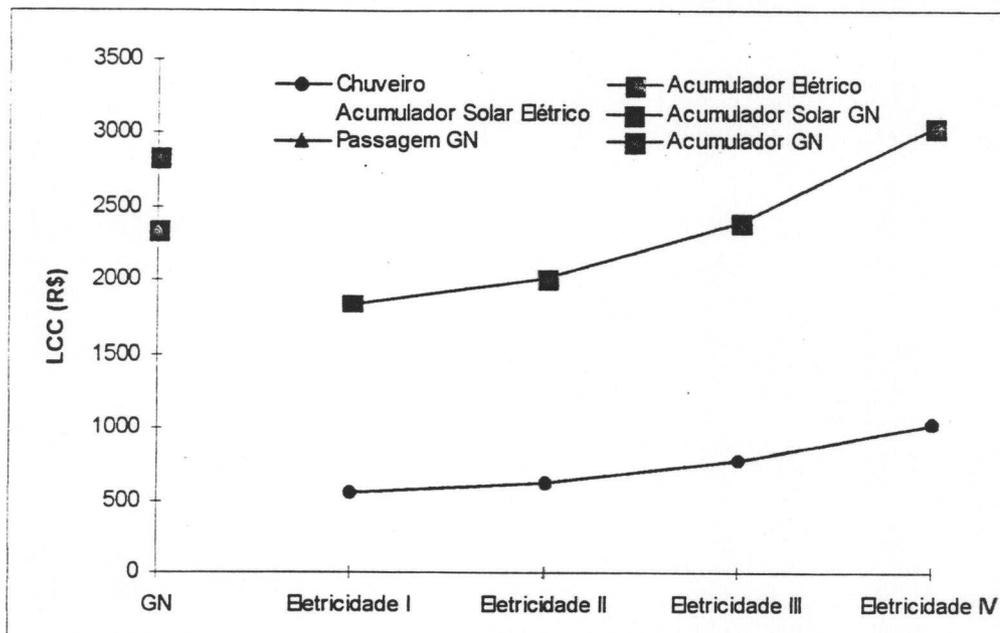


Tabela 6.3- LCC (R\$) do chuveiro e suas alternativas para o consumidor -

Região II	Chuveiro	Acumulador	Acumulador	Acumulador	Passagem	Acumulador
	Elétrico	Elétrico	Solar Elétrico	Solar GN	GN	GN
GN				1952	2342	2843
Eletricidade I	526	1775	1469			
Eletricidade II	600	1962	1520			
Eletricidade III	750	2335	1623			
Eletricidade IV	996	2949	1739			

Para a região solarimétrica II, atendida pela ELPO, observou-se que o sistema de aquecimento solar com complementação elétrica apresentou os melhores resultados, independente da tarifa de Eletricidade. No caso do sistema de aquecimento solar com complementação a gás, o mesmo apresenta-se menos viável que o aquecedor de acumulação elétrica, para os consumidores que pagam a tarifa de eletricidade I. Essa situação é explicada devido ao custo operacional da tarifa de eletricidade I na região da ELPO.

A figura 6.2, ilustra os resultados das alternativas ao chuveiro, onde observa-se a viabilidade em função do tipo de energético e consumo de eletricidade.

Figura 6.2- LCC do chuveiro e suas alternativas para o consumidor da região II

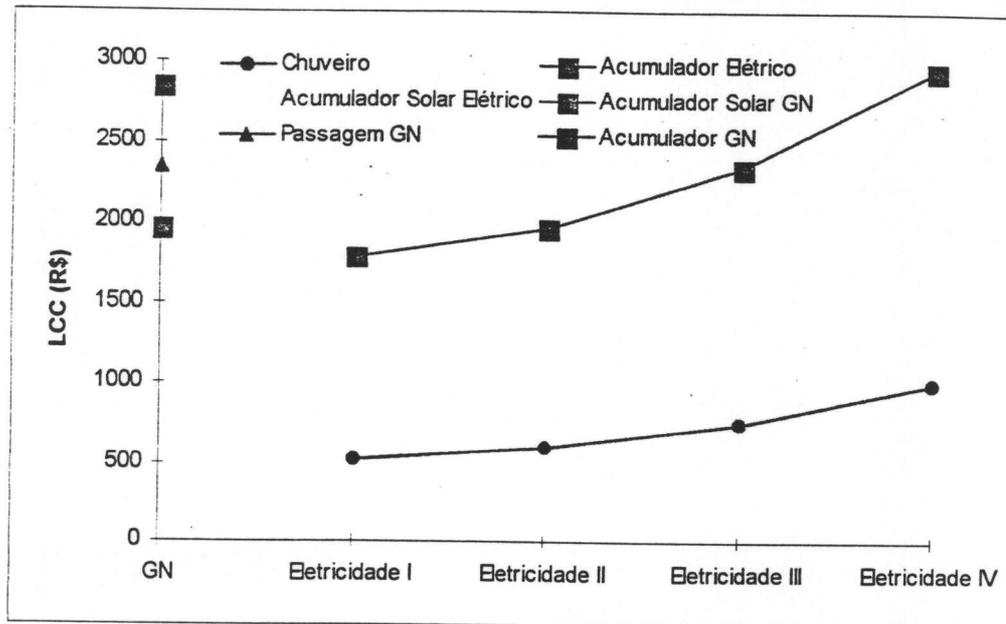


Tabela 6.4 - LCC (R\$) do chuveiro e suas alternativas para consumidor -

Região III	Chuveiro	Acumulador Elétrico	Acumulador Solar Elétrico	Acumulador Solar GN	Passagem GN	Acumulador GN
GN				1866	2342	2843
Eletricidade I	547	1828	1403			
Eletricidade II	622	2015	1453			
Eletricidade III	777	2402	1557			
Eletricidade IV	1033	3043	1728			

Na região solarimétrica III, os sistemas de aquecimento solar com complementação elétrica ou a gás, apresentam-se novamente como a melhor opção entre as alternativas ao chuveiro elétrico.

É interessante observar que a região III apresentou os melhores resultados quando comparado as outras regiões, devido a maior incidência do nível de radiação solar e conseqüentemente necessitando de uma área de coleta menor. A figura 6.3, demonstra a sensibilidade entre os resultados do chuveiro e suas alternativas.

Figura 6.3- LCC do chuveiro e das alternativas para o consumidor da região III

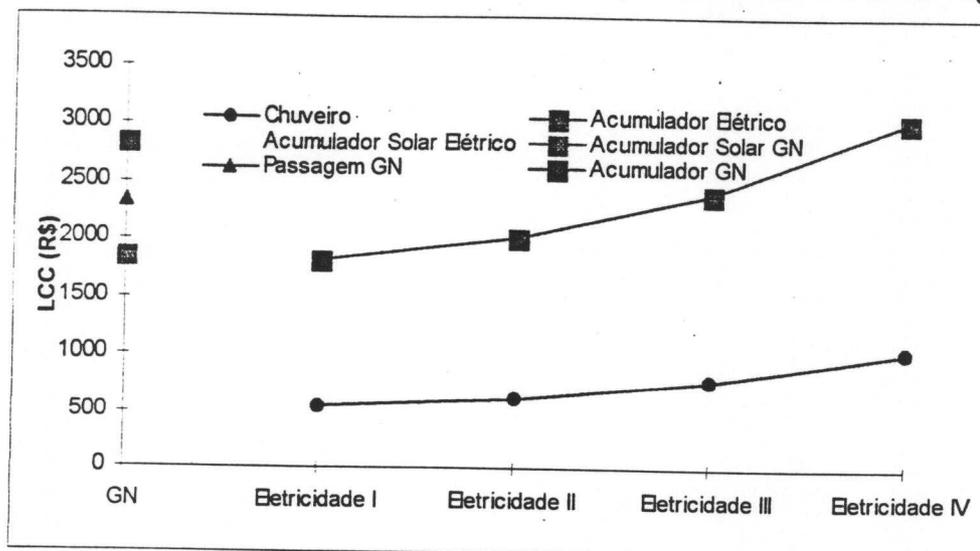
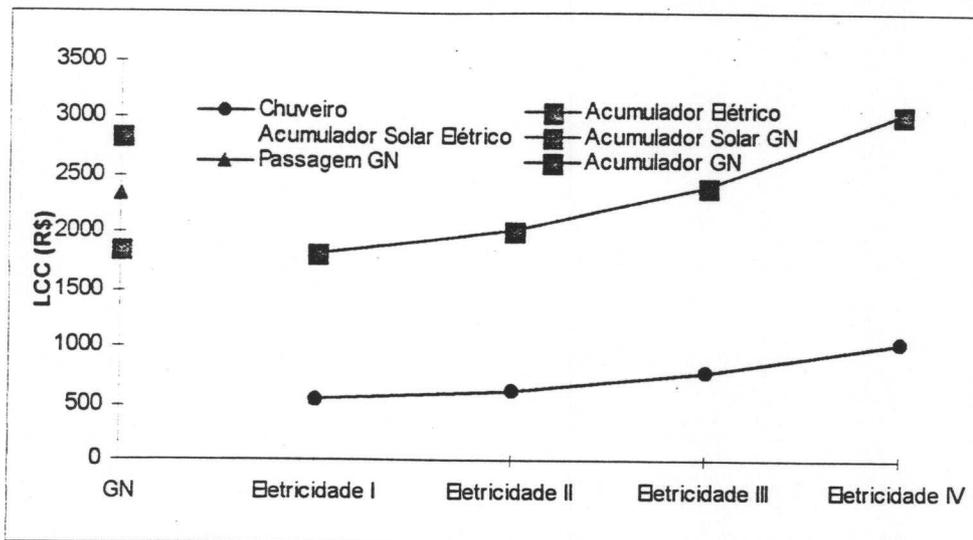


Tabela 6.5 - LCC (R\$) do chuveiro e suas alternativas para consumidor -

Região IV	Chuveiro	Acumulador	Acumulador	Acumulador	Passagem	Acumulador
	Elétrico	Elétrico	Solar Elétrico	Solar GN	GN	GN
GN				1866	2342	2843
Eletricidade I	558	1855	1410			
Eletricidade II	638	2055	1464			
Eletricidade III	793	2442	1567			
Eletricidade IV	1055	3096	1742			

Na região solarimétrica IV, observa-se também que os sistemas de aquecimento solar, apresentam os menores valores de LCC. A figura 6.4, ilustra os resultados das alternativas ao chuveiro, onde é possível observar a variação por tipo de energético e consumo de energia elétrica.

Figura 6.4- LCC do chuveiro e suas alternativas para o consumidor - região IV



Para complementar a análise financeira do consumidor residencial, deve-se calcular o tempo de retorno para as alternativas ao chuveiro elétrico. Assim pode-se encontrar quantos anos são necessários para restituir ao consumidor o investimento inicial de aquisição da alternativa escolhida.

Esse investimento retorna ao consumidor, ao longo dos anos, através de economia de tarifas. Entretanto as únicas alternativas que propiciam uma economia de tarifas são os sistemas de aquecimento solar com complementação elétrica ou a gás natural. As demais alternativas, além do custo inicial ser maior do que o custo do chuveiro elétrico, representariam um aumento no custo operacional para o consumidor.

Portanto do ponto de vista do consumidor residencial, as únicas alternativas que apresentam possibilidade de oferecer retorno do investimento inicial são os sistemas de aquecimento solar com complementação elétrica ou a gás natural.

A tabela 6.6, apresenta o tempo de retorno para os sistemas de aquecimento solar com complementação elétrica ou a gás natural, distribuído por região solarimétrica e nível de consumo de energia elétrica da residência.

Tabela 6.6 - Tempo de retorno para o consumidor em função do consumo, Região, fonte de energia complementar e potência do chuveiro (anos)

		Potência do chuveiro					
		4,2 kW		6 kW		8 kW	
	Tarifas	Eletr.	G.N	Eletr.	G.N	Eletr.	G.N
Região I	Eletricid. I	-1131	-83	77	-329	30	107
	Eletricid. II	299	-115	53	462	24	58
	Eletricid. III	129	-525	37	77	19	30
	Eletricid. IV	72	107	26	32	14	17
Região II	Eletricid. I	111	-162	40	216	21	50
	Eletricid. II	96	-423	35	93	18	34
	Eletricid. III	75	190	27	43	14	21
	Eletricid. IV	56	56	20	23	10	13
Região III	Eletricid. I	94	-234	35	124	18	21
	Eletricid. II	81	-399	30	69	15	16
	Eletricid. III	64	124	24	36	12	11
	Eletricid. IV	47	46	17	19	9	7
Região IV	Eletricid. I	92	-270	34	111	17	37
	Eletricid. II	79	1633	29	63	15	26
	Eletricid. III	62	112	23	34	12	17
	Eletricid. IV	46	43	17	19	9	11

Com base nos resultados apresentados na tabela 6.6, observa-se que em determinadas situações não existe retorno para o consumidor residencial, pois além do sistema de aquecimento solar apresentar um investimento inicial superior ao do chuveiro elétrico, apresenta também um custo operacional maior. Por outro lado, pode-se observar que em determinadas regiões solarimétricas em função da potência dos chuveiros, o tempo de retorno apresentou-se inferior a vida útil dos sistemas de aquecimento solar.

6.4.2 - Análise dos resultados da concessionária de eletricidade.

Na análise dos resultados das concessionárias de energia elétrica, deve-se considerar que elas estarão fazendo todo o investimento inicial referente a aquisição das alternativas ao chuveiro elétrico.

As concessionárias se orientarão através dos resultados do custo da potência evitada de pico (CPEP). O objetivo desse cálculo é encontrar o custo de retirar um Watt do período de ponta.

Após esse cálculo compara-se o valor com o custo marginal de expansão do sistema elétrico, permitindo concluir a viabilidade de investir em conservação ou na expansão do sistema.

Devido a diferença de preços que os sistemas de aquecimento solar apresentam em função da área de coletores instalada, os resultados do CPEP, serão apresentados por região solarimétrica.

Para que se possa analisar os resultados da tabela 6.7, deve-se considerar que o custo marginal de expansão do sistema elétrico é de 2150 R\$/kW, para todas as regiões apresentadas.

Tabela 6.7 - CPEP das alternativas ao chuveiro elétrico (R\$/kW)

Chuveiro de 4,2 kW				
	Região I	Região II	Região III	Região IV
Acumulação Elétrico	2198	2198	2198	2198
Acumulador Solar Elétrico				
elctr I	4451	4194	3938	3938
elctr II	4707	4194	3938	3938
elctr III	4963	4194	3938	3938
elctr IV	5220	4194	3938	3938
Acumulador Solar GN	5769	5000	4744	4744
Acumulador GN	2564	2564	2564	2564
Passagem GN	952	952	952	952
Chuveiro de 6 kW				
	Região I	Região II	Região III	Região IV
Acumulação Elétrico	1539	1539	1539	1539
Acumulador Solar Elétrico				
elctr I	3115	2936	2756	2756
elctr II	3295	2936	2756	2756
elctr III	3474	2936	2756	2756
elctr IV	3654	2936	2756	2756
Acumulador Solar GN	4038	3500	3320	3320
Acumulador GN	1795	1795	1795	1795
Passagem GN	666	666	666	666
Chuveiro de 8 kW				
	Região I	Região II	Região III	Região IV
Acumulação Elétrico	1539	1539	1539	1539
Acumulador Solar Elétrico				
elctr I	2236	2201	2067	2067
elctr II	2471	2201	2067	2067
elctr III	2605	2201	2067	2067
elctr IV	2740	2201	2067	2067
Acumulador Solar GN	3029	2625	2490	2490
Acumulador GN	1346	1346	1346	1346
Passagem GN	500	500	500	500

Comparando com o custo marginal de expansão da potência instalada, pode-se concluir que o aquecedor de passagem a gás natural é a melhor opção entre as outras alternativas. No caso dos aquecedores de acumulação elétrico e a gás natural, os mesmos apresentam viabilidade, somente quando forem substituir chuveiros com potência superior a 6 kW. Analisando ainda os resultados para a concessionária de energia elétrica, conclui-se que os sistemas de aquecimento solar, demonstraram os piores valores.

6.5 - A escolha da alternativa beneficiando o consumidor e a concessionária de energia elétrica.

A escolha de uma alternativa como opção ao chuveiro elétrico, deve beneficiar ambas as partes envolvidas, bem como avaliar os possíveis impactos na sociedade.

Os resultados mostraram que o aquecedor de passagem a gás, apresenta-se como a melhor opção ao chuveiro elétrico, pois permitiria que a concessionária de eletricidade diminua seu consumo de energia e demanda de potência, com efeito direto em sua curva de carga.

Porém para o consumidor, mesmo que a concessionária instale gratuitamente o equipamento, o custo operacional com o gás combustível será superior ao custo da tarifa de energia elétrica consumida pelo chuveiro elétrico.

Uma outra consequência seria a transferência do problema do aquecimento de água residencial, para a Comgás e para as distribuidoras privadas de GLP, que poderia modificar a atual tarifa subsidiada, que hoje é praticada no GLP.

O aquecedor de acumulação elétrico apresenta viabilidade para a concessionária, caso o problema de consumo da ponta, seja a sua prioridade principal. Entretanto para o consumidor haveria um aumento do custo operacional com tarifa de energia elétrica, além do gasto inicial para aquisição do equipamento.

O aquecedor de acumulação solar, poderia solucionar o problema tanto da ponta quanto da base, para a concessionária de energia elétrica, além de reduzir os custos operacionais para o consumidor, entretanto os resultados da análise financeira tanto para a concessionária quanto para o consumidor, apresentaram os piores resultados, comparados com as outras alternativas.

6.5.1 - Consumidor e Concessionária de energia elétrica dividindo o investimento inicial.

Diante da análise dos resultados das figuras de mérito, observa-se que nenhuma das alternativas apresenta viabilidade econômica que resulte ao mesmo tempo, benefícios para ambos participantes. Essa inviabilidade é originada pelo baixo valor da tarifa de energia elétrica e custo do chuveiro elétrico, contra o investimento inicial e custo operacional de suas alternativas.

Entretanto a possibilidade de negociação do investimento inicial, entre o consumidor e a concessionária de energia elétrica, pode melhorar o resultado para ambos participantes.

O consumidor optaria pela alternativa que ao longo de sua vida útil, possa através da redução dos custos operacionais, restituir-lhe o investimento inicial. Entre as alternativas analisadas, o sistema de aquecimento solar é o único que permite ao consumidor essa restituição, devido a redução do custo operacional com eletricidade pois a maior parte é fornecida pelo sol.

A concessionária por sua vez, encontraria interesse em negociar com o consumidor a instalação do sistema de aquecimento solar, pois o mesmo proporcionaria uma redução na curva de carga, inclusive no período de ponta do sistema elétrico.

Sabendo que o custo marginal de expansão da potência instalada é de 2150 R\$/kW e que a ligação na ponta de um chuveiro elétrico representa para a concessionária aproximadamente R\$ 588,00, assume-se que a concessionária decida investir na demanda em vez da oferta, repassando ao consumidor esse valor, possibilitando uma redução do investimento inicial, no momento da compra do sistema de aquecimento solar.

A partir dessa parceria entre consumidor e concessionária em relação ao investimento inicial, pode-se encontrar novos valores para o tempo de retorno do consumidor e o custo da potência de pico evitada para a concessionária.

6.5.1.1 - Novo Tempo de Retorno para o consumidor

Para o consumidor os principais fatores que influenciam no tempo de retorno além do investimento inicial e o custo operacional dos chuveiros de diferentes potências.

Portanto para permitir uma análise completa será apresentado os valores de tempo de retorno para cada região solarimétrica considerando que os sistemas de aquecimento solar possuem custos diferentes para cada região.

A tabela 6.8, apresenta os valores do novo tempo de retorno em função do consumo residencial e potência do chuveiro substituído.

Tabela 6.8 - Novo Tempo de retorno para o consumidor em função do consumo, Região, fonte de energia complementar e potência do chuveiro (anos)

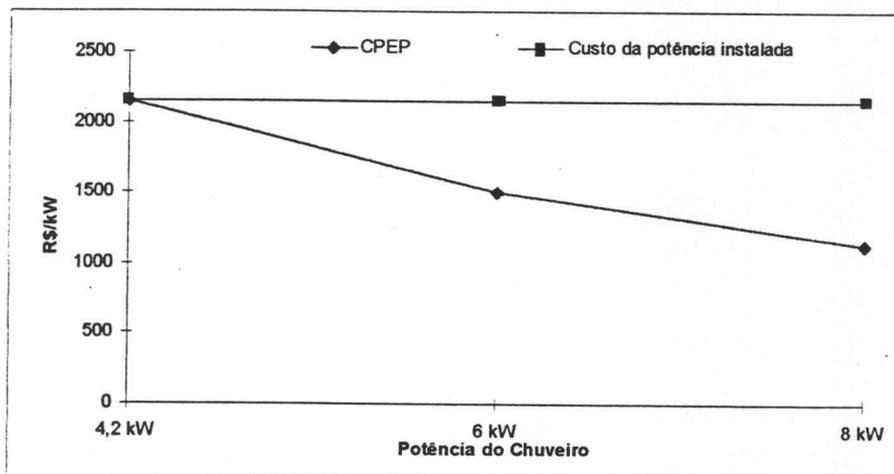
		Potência do chuveiro					
		4,2 kW		6 kW		8 kW	
Tarifas		Eletr.	G.N	Eletr.	G.N	Eletr.	G.N
Região I	Eletricid. I	-559	-51	32	188	10	56
	Eletricid. II	156	-70	24	264	9	30
	Eletricid. III	71	-322	18	44	8	16
	Eletricid. IV	41	66	13	19	6	9
Região II	Eletricid. I	51	-89	15	107	5	21
	Eletricid. II	44	-233	13	46	5	14
	Eletricid. III	35	105	10	21	4	9
	Eletricid. IV	26	31	8	11	3	5
Região III	Eletricid. I	40	-123	11	57	3	15
	Eletricid. II	34	-2102	10	32	3	10
	Eletricid. III	27	65	8	16	2	7
	Eletricid. IV	20	24	6	9	2	4
Região IV	Eletricid. I	39	-142	11	51	3	14
	Eletricid. II	34	860	10	29	3	10
	Eletricid. III	26	59	8	16	2	6
	Eletricid. IV	20	23	6	9	2	4

Pode-se observar que somente a redução no investimento inicial por parte do consumidor, não foi o suficiente para proporcionar uma melhora no tempo de retorno para todos os consumidores residências. Os melhores resultados continuaram a ser das regiões III e IV onde além do menor custo inicial possui o menor custo operacional.

6.5.1.2 - Análise do CPEP para a concessionária de eletricidade

Para a concessionária de energia elétrica, a análise é feita sobre o custo da potência evitada no pico. A figura 6.5, apresenta os valores do custo da potência de pico evitada para sistema de aquecimento solar com complementação elétrica, considerando os valores de potência dos chuveiros utilizados na análise do consumidor.

Figura 6.5 - Variação do CPEP em função da potência do chuveiro



Observa-se que a partir do chuveiro de 4,2 kW, já existe um custo de potência de pico evitada, inferior ao custo da potência instalada e ao aumentar a potência do chuveiro elétrico eleva-se a viabilidade em relação a substituição do chuveiro elétrico ao sistema de aquecimento solar.

Uma terceira análise que pode ser feita, são para os consumidores que já possuem aquecedores de acumulação. Esses consumidores podem adaptar os coletores solares ao seu acumulador, proporcionando uma redução no consumo de energia elétrica.

Essa redução no consumo de energia elétrica, proporciona ao consumidor economia nos custos operacionais com tarifa de eletricidade, possibilitando em algumas regiões, o retorno do investimento inicial dentro de um período de tempo, inferior a vida útil dos aquecedores de acumulação.

As figuras 6.6 e 6.7, apresentam o tempo de retorno para os consumidores residenciais que já possuem aquecedores de acumulação e instalariam somente os coletores solares, utilizando a energia elétrica ou o gás natural, respectivamente, como fonte complementar de energia.

Figura 6.6 - Tempo de retorno para consumidores que possuem acumulador com complementação elétrica

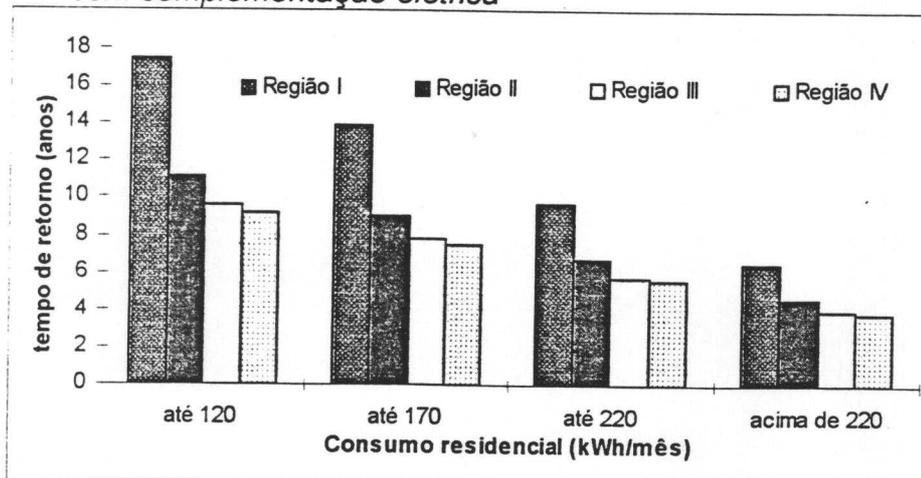
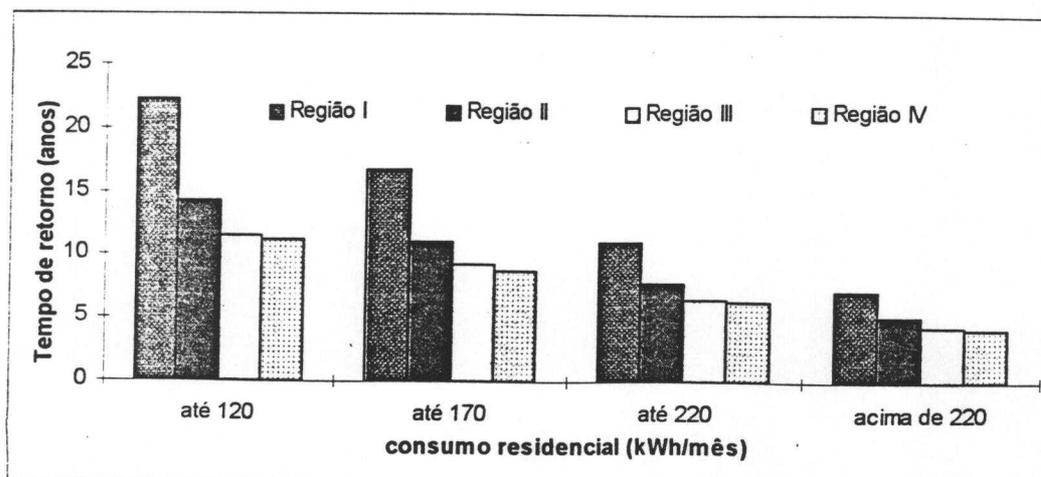


Figura 6.7 - Tempo de retorno para consumidores que possuem acumulador com complementação a GN



Pode-se observar em ambos os casos, que o tempo de retorno varia entre 6 e 18 anos, em função do consumo de energia elétrica residencial e da região solarimétrica

6.6 - Análise da substituição do chuveiro elétrico por sistema coletivo de aquecimento solar em edifícios.

Motivado pelos resultados apresentados na avaliação financeira referente a substituição do chuveiro elétrico pelo sistema de aquecimento solar em unidades residências, pretende-se estender essa avaliação para um sistema coletivo de aquecimento de água em apartamentos de edifícios.

Em recente um trabalho [42], cita-se diversas vantagens referentes a utilização de sistema coletivo de aquecimento solar para aquecimento de água em edifícios em relação a utilização do aquecimento individual.

A conservação de energia elétrica e a redução do valor em sua conta de eletricidade, aparece como sendo a primeira e principal vantagem. Pois além de diminuir o consumo de energia elétrica a valores próximos a 50% [42] em relação ao aquecimento de água convencional, esse custo pode ser rateado entre os condôminos.

Além das vantagens dos custos operacionais para os condôminos, existe também a redução da quantidade de materiais utilizados na instalação elétrica do sistema de aquecimento de água convencional. Por último pode-se considerar uma melhor qualidade e conforto do banho para os condôminos.

Existem outras vantagens que podem ser citadas, entretanto dependem em que fase da construção decidiu-se instalar o sistema de aquecimento solar.

Para essa análise de caso, será considerado um prédio hipotético localizado na região II¹⁰. Os projetistas elétricos estão avaliando as opções de aquecimento central utilizando um sistema de aquecimento solar para uso exclusivo no banho, ou então a opção de chuveiros elétricos individuais de diferentes potências.

Nesse prédio existem 25 apartamentos com 4 moradores por apartamento. O consumo de água, bem como as premissas técnicas, serão as mesmas utilizadas na análise das residências. Abaixo apresenta-se as principais premissas utilizadas.

.Temperatura da água do banho	38 °C
.Volume diário de água quente	2500 litros
.Volume total dos reservatórios	3200 litros
.Rendimento dos coletores	33%

Com base nessas premissas, a tabela 6.9, apresenta a energia mensal necessária, bem como as perdas de calor e inércia térmica para o edifício analisado. Os valores de energia necessária banho e as perdas de calor nos reservatórios, foram obtidas através da mesma metodologia de cálculo utilizada no capítulo 5.

¹⁰ A escolha de se utilizar a Região II é justificada pela presença de diversos prédios de apartamentos.

A tabela 6.9, apresenta a energia necessária para aquecer 2500 litros diários de água, considerando as perdas de calor e inércia térmica nas tubulações e nos 4 reservatórios de 800 litros.

Tabela 6.9 - Energia consumida no edifício (kcal/mês)

	Energia Banho	Parede do reservatório		Tubulação		Energia Necessária
		Perdas de calor	Inércia Térmica	Perdas de calor	Inércia Térmica	
janeiro	1012500	406080	4061	10125	101	1432867
fevereiro	1012500	406080	4061	10125	101	1432867
março	1087500	414720	4147	10875	109	1517351
abril	1162500	426240	4262	11625	116	1604744
maio	1350000	446400	4464	13500	135	1814499
junho	1462500	460800	4608	14625	146	1942679
julho	1500000	460800	4608	15000	150	1980558
agosto	1387500	452160	4522	13875	139	1858195
setembro	1312500	443520	4435	13125	131	1773711
outubro	1200000	429120	4291	12000	120	1645531
novembro	1087500	414720	4147	10875	109	1517351
dezembro	1050000	411840	4118	10500	105	1476563

Com base na energia necessária pode-se estimar através da utilização do LCC a melhor área para fornecer parte dessa energia, considerando que a outra parcela será fornecida pela fonte auxiliar.

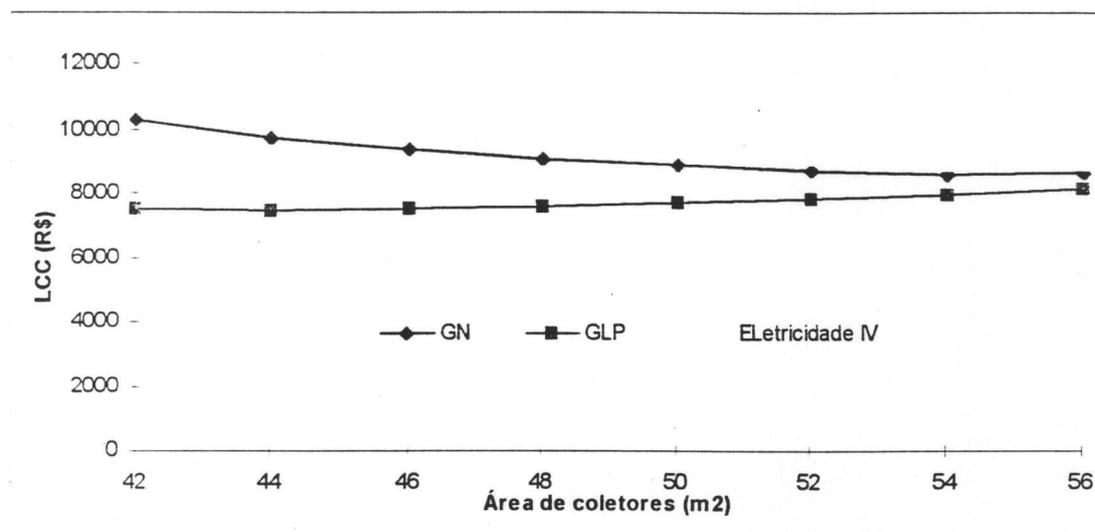
A tabela 6.10 apresenta as diferentes áreas e o seus respectivos LCC, em função do tipo de energético utilizado como fonte de energia auxiliar.

Tabela 6.10 - LCC para as principais opções de área de coletores

	Área dos coletores (m ²)							
	42	44	46	48	50	52	54	56
GN	15807	15258	14873	14583	14386	14212	14080	14147
GLP	9490	9468	9507	9579	9686	9801	9931	10133
Eletricidade IV	18416	17649	17090	16649	16327	16034	15793	15805

Pode-se observar que para o GLP a área de coletores é de 44 m² e para os outros tipos de energéticos a área indicada é a de 54 m². A figura 6.8, ilustra essa conclusão.

Figura 6.8 - LCC das opções de área de coletores para o edifício analisado



Partindo da área determinada em função do tipo de energético complementar e dos 4 reservatórios de 800 litros, a tabela 6.11, apresenta o custo do investimento inicial, considerando os gastos necessários com a instalação e a infra-estrutura desse sistema coletivo.

Tabela 6.11 - Formação do preço do sistema de aquecimento Solar

GLP	44 m ² de coletores	6.160,00
	4 reservatórios	6.000,00
	Instalação (10%)	1.216,00
	Infra-estrutura (10%)	1.216,00
	Total	14.592,00
Eletricidade IV e GN	54 m ² de coletores	7.560,00
	4 reservatórios	6.000,00
	Instalação (10%)	1.356,00
	Infra-estrutura (10%)	1.356,00
	Total	16.272,00

Dividindo o valor total do investimento inicial do sistema de aquecimento solar em 25 apartamentos, tem-se um custo por apartamento de R\$ 583,00 para sistemas com complementação à GLP e R\$ 650,00 para sistemas com complementação à eletricidade ou GN.

Utilizando esses valores como investimento inicial por apartamento, pode-se então comparar com a opção de aquecimento individual, através da utilização do chuveiro elétrico. O critério de comparação utilizado novamente será o LCC. A tabela 6.12, apresenta os resultados referentes a essa análise.

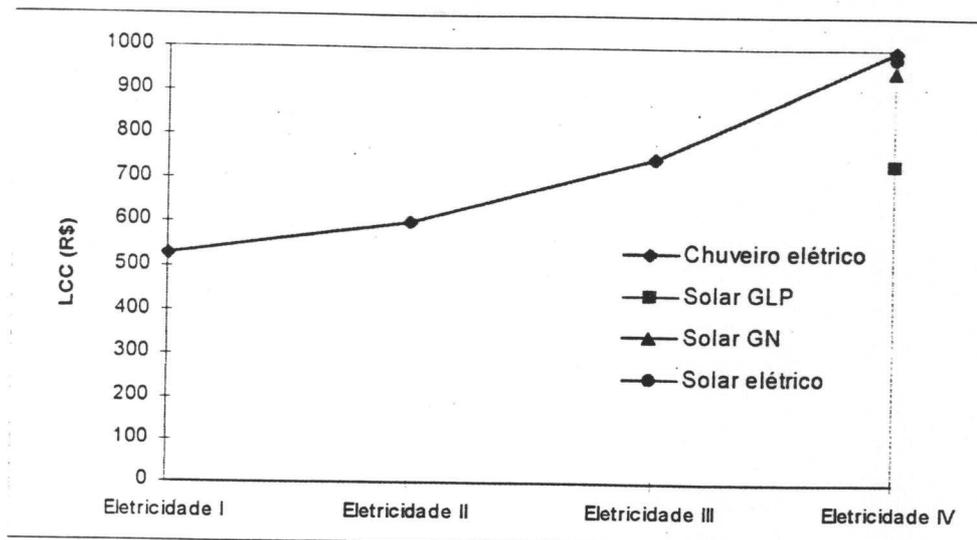
Tabela 6.12 - LCC do chuveiro (4,2 kW) e dos sistemas de aquecimento solar para os condôminos do edifício

	Chuveiro elétrico	Acumulador Solar Elétrico	Acumulador Solar GN	Acumulador Solar GLP
Eletricidade I	526	-----	-----	-----
Eletricidade II	600	-----	-----	-----
Eletricidade III	750	-----	-----	-----
Eletricidade IV	996	979	950	735

Analisando os resultados da tabela 6.12, pode-se observar que o sistema de aquecimento solar com complementação a GLP apresenta viabilidade para consumidores que pagam a partir da tarifa de eletricidade III.

Para consumidores que devido ao consumo de energia elétrica, pagam tarifa de eletricidade IV, qualquer uma das opções de energia solar, apresenta-se viável em relação ao chuveiro de 4,2 kW. A figura 6.9 ilustra esses resultados.

Figura 6.9 - LCC do chuveiro e dos aquecedores solar elétrico, GN e GLP



Para complementar a análise financeira para os condôminos do edifício, deve-se calcular o tempo de retorno para as alternativas ao chuveiro elétrico. Assim pode-se encontrar quantos anos serão necessários para se obter o retorno do investimento inicial.

A tabela 6.13, apresenta esses resultados, considerando a substituição de um chuveiro de diferentes potências.

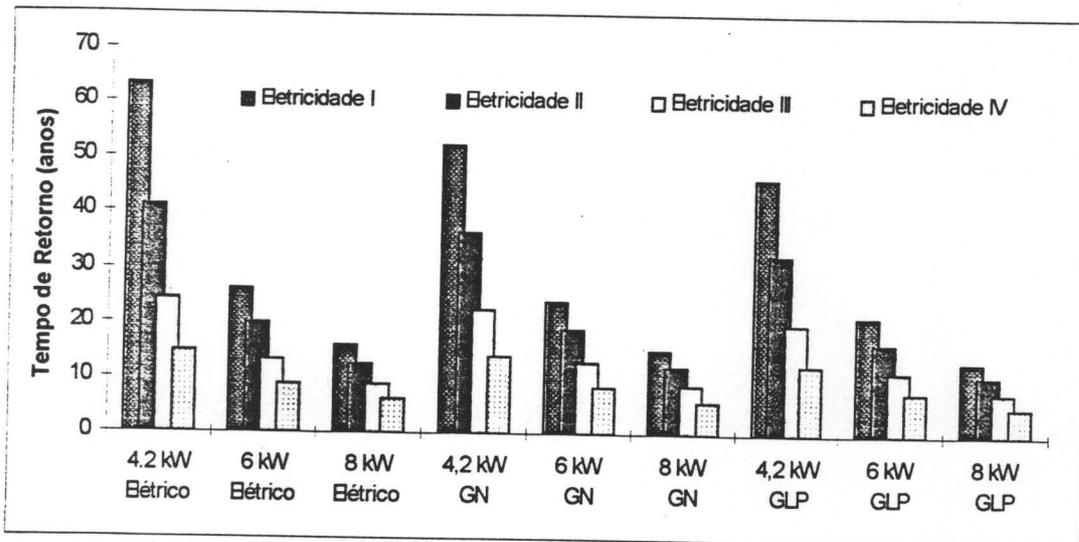
Tabela 6.13 - Tempo de retorno para os condôminos em função do consumo e energético auxiliar (anos)

	Solar elétrico			Solar GN			Solar GLP		
	4,2 kW	6 kW	8 kW	4,2 kW	6 kW	8 kW	4,2 kW	6 kW	8 kW
Eletricidade I	63	26	16	52	24	15	46	21	13
Eletricidade II	41	20	13	36	19	12	32	17	11
Eletricidade III	24	13	9	23	13	9	20	11	8
Eletricidade IV	15	9	6	14	9	6	12	8	5

Analisando os resultados para os condôminos apresentados na tabela 6.13, pode-se concluir que o tempo de retorno varia conforme a tarifa de eletricidade e a potência do chuveiro elétrico. A associação dessas variáveis faz surgir

resultados inferiores a própria vida útil dos equipamentos, entretanto apresentam também períodos superiores a vida útil do equipamento solar. A figura 6.10 ilustra essa variação.

Figura 6.10 - Tempo de retorno para os condôminos que utilizam chuveiros de diferentes potências



Capítulo 7 - Considerações Finais.

7.1 - Conclusões

O capítulo inicial desse estudo mostrou que nos últimos dez anos, diferentes trabalhos vem buscando alertar sobre a importância em se analisar a problemática existente no aquecimento de água para banho no setor residencial.

O interesse em buscar soluções que possam ser implantadas para auxiliar nessa questão, tem tido a participação de profissionais de diferentes regiões do país, demonstrando a necessidade em dar uma maior atenção a esse uso final.

A análise realizada pelo Procel em 1988 sobre esse uso final, demonstrou que o setor residencial da região Sudeste, apresenta-se como a região que possui o maior percentual de consumo de energia e demanda, devido ao aquecimento de água.

Esse percentual de energia elétrica e potência, utilizada no aquecimento de água é em sua maioria destinado para o banho, sendo o chuveiro elétrico o principal equipamento utilizado. Esse equipamento apresentou um grau de difusão nas residências paulistas de no mínimo 82%.

Esse alto grau de difusão é explicado pelo seu baixo custo de aquisição e operação, que associado a sua simultaneidade de uso no período de ponta, repercutem significativamente na curva de carga das concessionárias paulistas. A potência demandada no período de ponta atingiu valores de até 21% da potência elétrica instalada no estado de São Paulo.

Observou-se algumas ações por parte dos órgãos Estaduais, através de programas de conservação e uso racional de energia, tentando reduzir o consumo de energia elétrica e demanda de potência, provocado pelo aquecimento de água para o banho no setor residencial.

O programa PAQ, por exemplo, mesmo que seja aceito por todos os consumidores de gás natural, atendidos pela Comgás, não conseguirá atingir nem 1% dos atuais 5 milhões de consumidores que pertencem a área de concessão da ELPO.

A existência de financiamento para aquisição dos aquecedores a gás, parece ser a solução para incentivar os consumidores a adesão ao programa, porém o custo operacional com o novo energético tendem a inibir e restringir a possível adesão.

Se não bastasse as poucas e limitadas propostas de soluções através de medidas de conservação e uso racional de energia elétrica no aquecimento de água do

setor residencial, o próprio fornecimento de energia elétrica também não encontra-se em estabilidade. Ao contrário disso, o sistema elétrico Paulista apresenta déficit com um crescente consumo no últimos dez anos.

Independente das ações de âmbito Nacional, o estado de São Paulo por meios de suas concessionárias, deve buscar alternativas para garantir o fornecimento de energia elétrica para o Estado. O panorama atual do setor elétrico do Estado, encontra-se em processo de transformações que tendem a modificar a estrutura tradicional de Geração, Transmissão e Distribuição de energia elétrica. Fato esse que induz a pensar que o término dessas obras ou a própria construção de novas plantas tendem a ser adiadas.

Uma outra solução que poderia partir das próprias concessionárias seria a remotorização do atual parque gerador, entretanto além da necessidade de recursos financeiros exigiria um tempo de estudo de campo, necessário para identificar o potencial disponível e a viabilidade técnica-econômica de cada usina.

Frente a ausência de maiores soluções de expansão da oferta, associada ao déficit de eletricidade e carência de recursos financeiros por parte do Estado, a problemática no aquecimento de água do setor residencial devido ao chuveiro elétrico permanece ameaçando a disponibilidade de energia elétrica no Estado.

Dado esse panorama atual em relação a oferta de eletricidade, avaliou-se a possibilidade de atuar sobre a demanda ao invés da expansão da oferta, através de uma avaliação do custo-benefício das alternativas de substituição ao chuveiro elétrico. Inicialmente uma análise técnica descreveu o funcionamento dessas alternativas, demonstrando que é possível atuar sobre a curva de carga da concessionária de energia elétrica de diferentes maneiras.

A utilização de medidas de gerenciamento da demanda no aquecimento de água, pode produzir um *corte de ponta*, *deslocamento de carga* ou então *conservação estratégica* na curva de carga das concessionárias de eletricidade.

Caso a concessionária deseje optar pelo *deslocamento de carga*, deverá utilizar o aquecedor de acumulação elétrico, fazendo com que seu funcionamento seja controlado, de forma que a sua resistência elétrica seja acionada apenas fora do horário de ponta. Uma outra maneira de atuar no *deslocamento de carga*, seria aplicando valores diferenciados de tarifas de energia elétrica. A aplicação de valores superiores no período de ponta, poderia provocar uma redução por parte dos usuários do chuveiro elétrico durante esse horário.

A viabilidade técnica das alternativas ao chuveiro elétrico foi avaliada para os consumidores residências. A principal conclusão encontrada foi a melhora na qualidade de banho, considerando a vazão e temperatura da água do banho como critérios de avaliação.

Todas as alternativas ao chuveiro elétrico estudadas nesse trabalho, tem a capacidade de fornecer vazões superiores as exigidas pelas normas da ABNT, propiciando uma qualidade de banho superior ao dos chuveiros elétrico tradicionais de 4,2 kW.

Entretanto uma avaliação sobre as alternativas de substituição do chuveiro elétrico, deve ir além das vantagens técnicas que os equipamentos podem oferecer, pois a substituição do chuveiro elétrico envolve também aspectos financeiros.

Pensando assim realizou-se uma avaliação financeira das alternativas do chuveiro elétrico, analisando as vantagens individuais para a concessionária de energia elétrica e para o consumidor residencial participante.

Na primeira avaliação por parte do consumidor residencial, nenhuma das alternativas demonstrou um tempo de retorno aceitável, considerando como critério de avaliação a vida útil das alternativas propostas. Essa inviabilidade é explicada devido ao maior investimento inicial e custo operacional das alternativas ao chuveiro elétrico.

A única alternativa que propiciou ao consumidor residencial um retorno dentro do período em estudo, foi quando avaliou-se a substituição do chuveiro elétrico de

potência superior a 8 kW, por sistemas de aquecimento solar com complementação elétrica ou a gás. Nessa primeira análise o tempo de retorno variou entre 9 a 15 anos em função da região solarimétrica do Estado.

A avaliação dos resultados para a concessionária de energia elétrica, tomou como base o custo da potência de pico evitada CPEP, demonstrando que a utilização de aquecedor de passagem a gás, apareceu com a primeira opção, seguidos pelo aquecedor de acumulação elétrica e a gás.

Os resultados iniciais dessa primeira análise financeira, demonstraram que existe viabilidade econômica para ambos participantes. Entretanto essa viabilidade, não foi obtida através da mesma alternativa para ambos, não possibilitando assim uma conclusão final nessa primeira análise.

A redução no investimento inicial associado a um menor custo operacional seria uma maneira de beneficiar o consumidor, que teria o retorno do investimento inicial ao longo da vida útil do equipamento.

Entretanto somente a utilização de sistema de aquecimento solar poderia restituir o investimento inicial para o consumidor residencial. Porém o sistema de aquecimento solar apareceu como a pior alternativa na análise da concessionária, devido ao seu alto investimento inicial.

Portanto a única maneira do sistema de aquecimento solar apresentar resultados viáveis tanto para a concessionária de energia elétrica quanto para o consumidor residencial, seria a redução do investimento inicial dessa alternativa.

Pensando assim esse trabalho propôs que a concessionária investisse na compra do reservatório de aquecedor de acumulação, deixando para o consumidor residencial a compra dos coletores solares.

O interesse por parte dos consumidores em adquirir os coletores solares são justificados, pela alteração na melhora da qualidade de banho e a possibilidade de ter o retorno desse investimento dentro do período de vida útil do sistema de aquecimento solar, pois terão os seus custos operacionais reduzidos.

Para a concessionária a utilização de sistema de aquecimento por acumulação é vantajosa pois teria a possibilidade de aplicar medidas de gerenciamento de demanda no aquecimento de água, conforme os seus interesses.

Caso tenha interesse em aplicar a *conservação estratégica*, poderia sugerir a aquisição de sistemas de aquecedores solares com reservatórios que utilizem complementação a gás, evitando assim um possível consumo de energia elétrica nos períodos do ano menos favorecidos de radiação solar.

Por outro lado caso a concessionária de energia elétrica deseje aplicar como medida de gerenciamento o *deslocamento de carga*, deverá sugerir a utilização de sistemas de aquecedores solares com reservatórios que utilizem complementação elétrica, permitindo que o eventual consumo de energia elétrica aconteça fora do horário de ponta.

Os recursos por parte da concessionária de energia elétrica para financiar ao consumidor o reservatório do sistema de acumulação, foram alocados do custo social, representado por cada chuveiro elétrico de 4,2 kW em funcionamento no horário da ponta.

Com base nesse nova decisão em optar pela substituição dos chuveiros elétricos por aquecedores de acumulação complementados por energia solar, partiu-se para uma segunda análise financeira, considerando que o investimento inicial seria dividido por ambos, sendo que a redução no preço do sistema de aquecimento solar para o consumidor residencial foi de R\$ 588,00.

Por parte dos consumidores residenciais a avaliação novamente é feita utilizando o tempo de retorno como critério de viabilidade. A partir da redução no investimento inicial pode-se perceber uma melhora comparada com os resultados anteriores.

Os resultados para o consumidor distribuíram-se em função da região solarimétrica e consumo de energia elétrica, apresentada pelo consumidor residencial. No caso de consumidores residenciais que utilizam tarifas de eletricidade III e IV, pertencente as regiões solarimétricas III e IV, o tempo de retorno variou entre 2 a 14 anos.

A análise dos resultados para a concessionária de energia elétrica, considerada como critérios de aceitação foi novamente o CPEP. Os resultados da segunda análise demonstram viabilidade financeira em investir R\$ 588,00 por consumidor, pois esse valor é inferior ao investimento necessário em manter essa potência disponível.

Essa análise de substituição do chuveiro elétrico por sistemas de aquecimento solar no setor residencial, foi feita também para prédios de apartamentos. Determinou-se uma área de coletores em função da energia térmica necessária, permitindo estimar o investimento inicial.

Com base no investimento inicial total, dividiu-se entre os 25 apartamentos do edifício, permitindo estimar o investimento inicial de cada condômino. Nessa análise não foi considerada a participação da concessionária de energia elétrica no investimento inicial, por se tratar de uma avaliação por parte do projetista.

Os resultados dessa análise demonstraram que o tempo de retorno do investimento inicial, dependem do consumo de energia de cada condômino, sendo que para consumidores residências com consumo superior a tarifa de eletricidade III, o tempo de retorno varia entre 4 a 11 anos em função da potência do chuveiro elétrico que se pretende instalar.

Tentou-se ao longo dessa conclusão resgatar os principais tópicos discutidos nos capítulos anteriores, de forma a formar uma sucessão de idéias que permitisse auxiliar na reflexão da questão em torno do aquecimento de água no setor residencial.

Notou-se a existência de limites por parte do fornecimento de energia elétrica, tanto em níveis Estaduais quanto Nacionais que dependem de decisões políticas ameaçadas por mudanças de governo ou interesses de grupos particulares com influência política.

A existência de alternativas de gerenciamento na demanda demonstraram viabilidade frente a expansão do sistema gerador, entretanto os resultados dessas alternativas estão limitadas também por recursos financeiros, que também dependem da decisão de grupos políticos que visam interesses momentâneos.

Deseja-se que esse trabalho tenha alcançado as principais recomendações citadas em estudos anteriores e que possa servir também para entusiasmar futuros trabalhos relacionados com essa questão.

7.2 - Recomendações

Os estudos que podem ser recomendados para a dar continuidade a esse estudo poderiam abranger as áreas técnicas, econômicas sugeridos:

As questões de ordem técnica compreenderiam uma avaliação de estado da arte sobre os coletores solares, afim de se conhecer os padrões de qualidade em que o setor de energia solar se encontra .

Somado a essa avaliação no setor de energia solar, pode-se atualizar e ampliar a relação de cidades monitoradas em relação ao nível de radiação solar, permitindo assim uma análise mais detalhada nas regiões III e IV, lembrando que ambas apresentaram os melhores resultados nas análise econômica.

.Elaborar um estudo que avalie custos e benefícios da possível motorização das usinas hidrelétricas das concessionárias de energia elétrica do Estado, pois a curto prazo, pode ser uma opção mais viável ao invés do aumento da potência instalada.

As questões de ordem econômica seriam elaborar uma política de incentivo para os usuários de sistema que apresentem possibilidade em conservação de energia elétrica.

A realização de projetos pilotos que permitissem implementar a utilização de sistemas de aquecimento solar nas regiões III e IV, de forma a avaliar os resultados na prática.

A elaboração de uma política que atuasse junto a novas construções permitindo incluir no custo final do imóvel os investimentos com tecnologia alternativas ao chuveiro elétrico.

Bibliografia

- 1 - Associação Brasileira de Normas Técnicas – **Instalações Prediais de Água Quente**. NBR 7198.
- 2 - Associação Brasileira de Normas Técnicas – **Chuveiros Elétricos**. PB 1545.
- 3 - Associação Brasileira de Normas Técnicas - **Chuveiros Elétricos. Determinação do Consumo de Energia Elétrica**. NBR 3426.
- 4 - Associação Brasileira de Normas Técnicas - **Chuveiros Elétricos. Determinação da Potência Elétrica**. MB 3424.
- 5 - Astrosol coletores solares. Informação técnica. **Planilha de custos**. 1995.
- 6 - Aquecedores Cumulus S/A Indústria e Comércio. Informação Técnica. **Material de Divulgação**. Janeiro, 1996.
- 7 - BASTOS - **Fatores Determinantes do Consumo de GLP no Brasil**. Anais do V CBE vol.2 pag. 490 a 499, 1990. Rio de Janeiro.
- 8 - BATTAGLINI, F.J.; OLIVEIRA, R.P. - **Proposta de otimização do aquecimento de água para uso doméstico**. Anais do V CBE vol.2 pag.672 a 681, 1990. Rio de Janeiro.
- 9 - CASSELATO, D. – **Repotenciação de Usinas Hidrelétricas**. São Paulo, 1994 - Tese (mestrado). Escola Politécnica da universidade de São Paulo.
- 10 - Companhia Energética de São Paulo - **Potencial para utilização da energia solar no estado de São Paulo**. Fevereiro, 1985
- 11 - Companhia de gás do estado de São Paulo. **Relatório operacional**. 1995.
- 12 - Corona Chuveiros elétricos. Informação Técnica. **Material de Divulgação**. Janeiro, 1996
- 13 - DENARDIM, C.B. - **Formulação de Metodologia para Determinação do Custo da Energia Consumida no**

- Aquecimento de Água em Unidades Residenciais.** Rio Grande do Sul, 1992. Tese (mestrado). Universidade Federal de Santa Maria.
- 14 - Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica. **Manual de Pequenas Centrais Hidrelétricas.** Ministério das Minas e Energia. Brasília, 1964.
 - 15 - DUTT, G.S. - **Techniques for end-use electricity analysis and conservation program design and evaluation.** CEES. Princeton University. U.S.A. June, 1992.
 - 16 - FIGUEIREDO, J.C.A. - **Performance de Sistemas de Aquecimento Solar de Água em Condomínio.** Anais do V Congresso Brasileiro de Energia. Pag.129 a 138, 1990.
 - 17 - FURST, G.; et alli - **Eficiência dos Equipamentos Elétricos - Avaliação e Perspectivas de Conservação de Energia.** Anais do III Congresso Brasileiro de Energia. Pag.1025 - 1033, 1987.
 - 18 - GRAÇA, G.M.G. - **A conservação de energia e o terceiro mundo.** Revista Brasileira de Energia .V.I N2. pag. 54-76, 1990.
 - 19 - HEJAZI, P.E.S.A. - **Sizing a storage type water heating system.** ASHRAE JOURNAL. Pag. 35-39. February, 1989.
 - 20 - ILHA, M.S.O.; et alli - **Estudo Sobre a Implantação de Sistemas de Gás Combustível em Conjuntos Habitacionais de Baixa Renda.** Anais do VI Congresso Brasileiro de Energia. Pag. 415-420.
 - 21 - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Plano Nacional de Amostragem Domiciliar.** Região Sudeste. São Paulo, 1993 .
 - 22 - KAVASSAKI, Y.; et alli - **Sistemas de Água Quente em Edifícios e a Substituição de Energéticos.** Anais do III Congresso Brasileiro de Energia. Pag.1116-1128, 1987. Rio de Janeiro, 1993.
 - 23 - MACEDO, I.C.; et alli - **Radiação Solar no Estado de São Paulo.** UNICAMP, Campinas, 1981.
 - 24 - MATTOSO, K.Q.; SOUZA, R.M.A. - **Energia Solar: Uma Fonte de Energia Alternativa Viável.** Anais do VI Congresso Brasileiro de Energia. Pag. 850-853. Rio de Janeiro, 1993.

- 25 - MIGUEZ, J.D.G.; et alli - **Importação do Gás da Bolívia Fator de Integração Latino-Americana.** Anais do VI Congresso Brasileiro de Energia. Pag. 533-539, Rio de Janeiro.
- 26 - Ministério das Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional.** Brasília, 1994.
- 27 - Ministério das Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional.** Brasília, 1995.
- 28 - Ministério das Minas e Energia. **Plano Decenal de Expansão. 1995-2004.** Brasília, 1995.
- 29 - Ministério das Minas e Energia. **Plano 2015. Perspectivas do Mercado e Conservação de energia elétrica.** Projeto 3. pag. 5-30. Brasília, 1994.
- 30 - Ministério das Minas e Energia. Programa Nacional de conservação de energia elétrica. **Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo.** V I,II,III,IV. Brasília, 1989.
- 31 - MOREIRA, J.G. - **Energia Solar no Brasil.** Rio de Janeiro, 1988. Pag. 97-113. Tese (mestrado). COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- 32 - NOVGORODCEV, A.; et alli - **Programas de Etiquetagem e a Conservação de Energia Elétrica.** Anais do III Congresso Brasileiro de Energia . Pag.1062, 1987.
- 33 - OLÍVIA, G.A.; BORGES, T.P.F. - **Teste de Campo Piloto com Pré-Aquecedor de Água para Chuveiros de Potência Reduzida.** Anais do VII Congresso Brasileiro de Energia . Pag. 2087-2102, 1995.
- 34 - POOLE, A.D., et alli - **Produção Independente de Eletricidade e Eficiência Energética.** Revista Brasileira de Energia. Vol. 4, N.1, pag. 78-92, 1995.
- 35 - PRADO, R.T.A. - **Gerenciamento da Demanda e Consumo de Energia Elétrica para Aquecimento de Água em Habitações Residenciais.** São Paulo, 1991, 226p - Tese (mestrado). Escola Politécnica da universidade de São Paulo.

- 36 - RIBEIRO, L.C.Q.R.; et alli - **Dinâmica Metropolitana e os novos Padrões de Desigualdade Social.** pag. 25-31. Revista Seade V. IV. São Paulo, 1996.
- 37 - SCHWARZ - **Energia Solar.** Manual Técnico de Instalação. Julho de 1990.
- 38 - Secretaria de Energia do Estado de São Paulo, Instituto de Eletrotécnica e Energia - **Sistema infoener de informações.** São Paulo, 1995.
- 39 - Secretaria de Energia do Estado de São Paulo, Agência para Aplicação de Energia - **Auto Avaliação dos Pontos de Desperdícios de Energia Elétrica no Setor Público.** Pag. 15-24. São Paulo, 1989.
- 40 - Secretaria de Energia do Estado de São Paulo - **Balanço Energético do Estado de São Paulo.** São Paulo, 1995.
- 41 - Secretaria de Energia do Estado de São Paulo - **Programa de Racionalização e Economia de Energia no Estado de São Paulo.** Relatório do Primeiro Ano de Atividades. São Paulo, 1996.
- 42 - SOUZA, M.Q.K., et alli - **Acompanhamento da Implantação e do Funcionamento de um Sistema de Aquecimento Central de Água por Energia Solar.** Anais do VII Congresso Brasileiro de Energia. Pag. 2244-2254, 1996.
- 43 - TOMAZELLI, A.T., SERTORI, P.A. - **Modernização das Usinas da Eletropaulo: Planejamento Perspectiva e Primeiros Resultados do Projeto "Henry Borden".** Anais do XI Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Rio de Janeiro, Furnas. 1991.
- 44 - WILHEIM, J. Consultores Associados - **Consumos Residenciais de Energia. Análise das Utilidades Domésticas.** São Paulo. Setembro, 1984.