



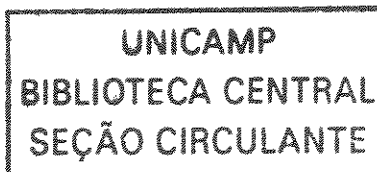
UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

**Estudo Comparativo Técnico-Econômico entre Gás Combustível e
Energia Elétrica para Aquecimento de Água Residencial.**

Marcone Susumu Gomazako

**Campinas
2.002**



20.002.002

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**Estudo Comparativo Técnico-Econômico entre Gás Combustível e
Energia Elétrica para Aquecimento de Água Residencial .**

Marcone Susumu Gomazako

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Mariotoni

Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na Área de Concentração em Edificações.

**Campinas
2.002**

Atesto que esta é a versão definitiva da dissertação.	
Prof. Dr. <u>CA Mariotoni</u>	14, 01, 2003
Matrícula: <u>03749-4</u>	

UNIDADE	u
Nº CHAMADA	1/UNICAMP
	G584e
V	EX
TOMBO BC/	52533
PROC.	16-124/03
C	☐
D	☒
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	13/03/02
Nº CPD	

CM00180710-0

B ID 283923

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

G584e Gomazako, Marcone Susumu
Estudo comparativo técnico-econômico entre gás combustível e energia elétrica para aquecimento de água residencial / Marcone Susumu Gomazako.--Campinas, SP: [s.n.], 2002.

Orientador: Carlos Alberto Mariotoni.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

1. Abastecimento de água quente. 2. Energia elétrica. 3. Gás como combustível. 4. Difusão cultural. I. Gomazako, Marcone Susumu. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

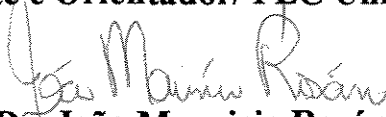
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**Estudo Comparativo Técnico-Econômico entre Gás Combustível e
Energia Elétrica para Aquecimento de Água Residencial.**

Marcone Susumu Gomazako

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:


Prof. Dr. Carlos Alberto Mariotoni
Presidente e Orientador/ FEC Unicamp


Prof.Dr. João Mauricio Rosário
FEM Unicamp


Prof. Dr. André Munhoz de Argolo Ferrão
FEC Unicamp

Campinas
2.002

DEDICATÓRIA

Aos meus Pais e Avós

Pelo sacrifício, luta e dedicação para realização de meus estudos, incentivando a enfrentar novos desafios.

A minha esposa e filho

Por todo amor, apoio e compreensão.

A Deus e Nossa Senhora

Pela proteção, saúde e tudo que tem feito por mim e minha família.

Agradecimentos

“Nunca poderemos ser suficientemente gratos a Deus, a nossos pais e a nossos mestres”
(Aristóteles)

Ao CEFET/SP (Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo) pelo afastamento das atividades pedagógicas e utilização de sua infraestrutura, do laboratório de sistemas prediais, para realização deste estudo;

À CAPES pela concessão de bolsa de estudo de capacitação;

Ao Dr. Calos Alberto Mariotoni, pela oportunidade e orientação, estímulo, compreensão, humildade e amizade conquistada;

À minha esposa, pelo amor, dedicação e compreensão durante toda nossa vida em família;

Ao meu Pai “in memorian”, pelo sacrifício, luta, dedicação, e orientação para que realizasse meus objetivos;

Aos amigos Dr. João Virgílio Merighi e Dra Rita de Moura Fortes, pela amizade, estímulo, compreensão e modelo de dedicação e perseverança;

A todos colaboradores que direta ou indiretamente contribuíram em todas as formas com meu aprendizado.

Sumário

Dedicatória.....	i
Agradecimentos.....	ii
Sumário.....	iii
Lista de Tabelas.....	vii
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Abreviaturas.....	xii
Resumo.....	xv
1- INTRODUÇÃO	1
2- OBJETIVOS	5
3- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
3.1- CENÁRIO ENERGÉTICO BRASILEIRO.....	16
3.2- APLICAÇÃO DE FONTES ALTERNATIVAS NO BRASIL.....	20
3.2.1 – ENERGIA SOLAR PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA.....	21
3.2.2 – ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	23
3.2.3 – ENERGIA EÓLICA	24
3.2.4 – ENERGIA DE ATERRO SANITÁRIO	27
3.2.5 – ENERGIA DE RESÍDUO DE PETRÓLEO	27

3.2.6 - ENERGIA DE BIOMASSA	27
3.3- APLICAÇÃO DA ELETRICIDADE NO SETOR RESIDENCIAL.....	29
3.4- O GÁS COMBUSTÍVEL COMO FONTE DE ENERGIA.....	37
3.4.1- O GÁS COMBUSTÍVEL NO BRASIL.....	38
3.4.2 – UTILIZAÇÃO RESIDENCIAL DE GÁS COMBUSTIVEL.....	45
3.4.3 – OUTRAS APLICAÇÕES DO GÁS NATURAL	52
3.5 – SISTEMA DE DIST. PREDIAL DE GÁS COMBUSTÍVEL.....	59
3.5.1 – INSTALAÇÕES PREDIAIS DE DIST. DE GLP.....	59
3.5.2 – INSTALAÇÕES PREDIAIS DE DIST. DE GN.....	62
3.5.3 – REQUISITOS GERAIS DO SIST. DE GÁS COMBUSTIVEL.....	64
3.6 – CONTAMINAÇÃO POR BACTÉRIAS.....	65
4 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	66
4.1 – SISTEMA DE COLETA DE DADOS	69
4.2 – DESCRIÇÃO DOS APARELHOS	74
4.2.1 – AQUECEDORES ELÉTRICOS	74
4.2.1.1 – CHUVEIRO ELÉTRICO	75
4.2.1.2 – AQUECEDOR CENTRAL DE PASSAGEM	76
4.2.1.3 – AQUECEDOR CENTRAL DE ACUMULAÇÃO	77
4.3 – SISTEMA DE AQUECIMENTO A GÁS COMBUSTÍVEL	80
4.3.1 – AQUECEDORES INSTANTÂNEOS DE PASSAGEM	80
4.3.2 – AQUECEDORES DE ACUMULAÇÃO.....	89
4.4 – SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR	92
4.5 –SISTEMA DE AQUECIMENTO COM BOMBA DE CALOR	94
5 – AVALIAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	97
5.1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	100
5.2 – CHUVEIRO ELÉTRICO “Modelo Popular”.....	101
2.2.1 – AVALIAÇÃO TEÓRICA	102

5.2.2 – AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL	103
5.3 – DUCHA ELETRÔNICA	105
5.3.1 – AVALIAÇÃO TEÓRICA	106
5.3.2 – AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL	106
5.4 – AQUECEDOR ELÉTRICO DE PASSAGEM “I”	109
5.4.1 – AVALIAÇÃO TEÓRICA	109
5.4.2 – AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL	111
5.5 – AQUECEDOR ELÉTRICO DE PASSAGEM “II”	114
5.5.1 – AVALIAÇÃO TEÓRICA	115
5.5.2 – AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL	116
5.6 – AQUECEDOR DE ACUMULAÇÃO ELÉTRICO 135 L.....	118
5.6.1 – AVALIAÇÃO TEÓRICA	120
5.6.2 – AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL	122
5.7 – AQUECEDOR DE ACUMULAÇÃO A GÁS GLP 85 L.....	125
5.7.1 – AVALIAÇÃO TEÓRICA.....	127
5.7.2 – AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL.....	129
5.8 – AQUECEDOR DE PASSAGEM A GÁS GLP 6 L	132
5.8.1 – AVALIAÇÃO TEÓRICA	137
5.8.2 – AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL	138
5.9 – AQUECEDOR DE PASSAGEM A GÁS GLP 30 L.....	141
5.9.1 – AVALIAÇÃO TEÓRICA	144
5.9.2 – AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL	144
6 – ANÁLISE DOS RESULTADOS	148
7 – CONCLUSÕES	150
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	153
ANEXOS	159
ANEXO 1 – FUNDAMENTOS TEÓRICOS	159

ANEXO 2 – MODELO DE QUESTIONÁRIO	171
Abstract	174

Lista de Tabelas

1 Tarifas Regionais Residenciais 1995-2001 (R\$/MWh) e Sal.Mínimo...	20
2 Perfil da Áreas de Concessão de Gás Canalizado no Estado de São Paulo.....	43
3 Distribuição Brasileira de Gás Natural	54
4 Distribuição setorial da COMGAS	55
5 Vasilhames transportáveis	60
6 Variação de Pressão no Interior do recipiente de GLP	60
7 Consumo Teórico do Chuveiro “Modelo Popular”.....	102
8 Consumo Experimental do Chuveiro “Modelo Popular”.....	103
9 Consumo Teórico de Energia da Ducha Eletrônica	106
10 Consumo Experimental da Ducha Eletrônica	107
11 Consumo Teórico do Aquecedor de Passagem “I”.....	111
12 Consumo Experimental do Aquecedor de Passagem “I”.....	112
13 Consumo Teórico do Aquecedor de Passagem “II”.....	115
14 Consumo Experimental do Aquecedor de Passagem “II”.....	116
15 Consumo Teórico do Aquecedor Elétrico de Acumulação 135 L.....	121
16 Consumo Experimental do Aquecedor Elétrico de Acumulação 135 L.....	122
17 Consumo Teórico do Aquecedor a Gás GLP 85 L.....	129
18 Consumo Experimental do Aquecedor a Gás GLP 85 L.....	130
19 Consumo Teórico do Aquecedor de Passagem GLP 6 L.....	138

20 Consumo Experimental do Aquecedor de Passagem GLP 6 L.....	138
21 Consumo Teórico do Aquecedor de Passagem GLP 30 L.....	144
22 Consumo Experimental do Aquecedor de Passagem GLP 30 L.....	145
23 Resumo dos consumos energético dos aparelhos de aquecimento de água.....	148

Lista de Figuras

1. Consumo de Energia Elétrica percapta (kWh/ano – 1997).....	2
2. Matriz Energética Mundial e Matriz Energética Brasileira –1989	10
3. Evolução das Reservas doméstica de GN	11
4. Produção diária de GN no Brasil.....	11
5. Gasoduto Brasil-Bolívia.....	12
6. Participação do GN na Matriz Energética Mundial.....	13
7. Reservas de GN na América do Sul.....	14
8. Mapa da principais termelétricas em projeto no Brasil.....	15
9. Matriz Energética Brasileira – 2000	16
10.Redução nos investimentos de 1980 – 2000	19
11.Relação de consumo X capacidade de geração	20
12.Elevação dos preços em Reais (R\$) de 1995 a 2001 por regiões	21
13.Configuração da placa coletora de energia solar.....	22
14.Sistema básico de aquecimento solar	23
15.Sistema de iluminação, bombeamento, refrigeração de vacinas	24
16.Painéis fotovoltaicos alimentando torre de telecomunicações	25
17.Relação de vento x vazão do Rio São Francisco	26
18.Central de energia eólica – Fernando de Noronha	28
19.Consumo de energia elétrica residencial – PROCEL	31
20.Desagregação da curva de demanda apresentada pela CPFL – 1997	31
21.Registro típico da curva de trabalho do chuveiro num apartamento	32

22.Previsão da contribuição do chuveiro na curva de carga no Brasil	34
23.Evolução dos preços de energia elétrica do setor residencial	35
24.Interligação de Gasodutos da América do Sul	40
25.Regões de concessão de gás natural no Brasil	41
26.Regões Responsáveis pelas Emissões de CO	43
27.Evolução do consumo de gás natural por segmento	45
28.Instalação de central de botijões externos	46
29.Aquecimento Central (geradora de água quente).....	49
30.Sistema de aquecimento central conjugado coletivo a gás.....	50
31.Aplicação de sistema de cogeração com motores a gás	51
32.Microturbina à gás combustível	56
33.Célula a combustível	57
34.Sistema predial de gás combustível GLP com medição individualizada	60
35.Sistema de gás combustível GN com medição individualizada no térreo.....	61
36.Prumada de distribuição com medidores no térreo	62
37.Tipos de Aparelhos de Aquecimento de Água – CEFET/SP	64
38.Aparelhos de Medição	68
39.Termômetro digital com haste bimetálica	68
40.Medidor de gás tipo diafragma	69
41.Misturador e ducha	69
42.Ponto de ducha	70
43.Medidor de energia elétrica trifásica	70
44.Alicate amperímetro digital	71
45.Sistema individual de aquecimento- aquecedor elétrico	73
46.Sistema de instalação de aquecedor de passagem elétrico	75
47.Aquecedor central de acumulação central – boiler elétrico	76
48.Aquecedor instantâneo de passagem à gás	78

49.Sistema de segurança – sensores de apagamento de chama	80
50. Gráfico do Efeito de CO x Tempo de exposição	84
51.Sistema de instalação de aquecedor de passagem a gás	85
52.Ventilação necessária do ambiente do aquecedor	86
53.Aquecedor de passagem de fluxo balanceado	87
54.Detalhe do sistema de exaustão – fluxo balanceado	87
55.Dutos de exaustão de edifício de apartamentos	88
56.Detalhe do queimador de aquecedor de acumulação a gás	90
57. Aquecedor de acumulação a gás – vista interna	91
58.Sistema de aquecimento de água solar	93
59.Sistema básico de aquecimento através de bomba de calor	94
60.Sistema híbrido com apoio através de bomba de calor	96
61.Aferição do hidrômetro DAEE/USP	98
62.Aferição do termômetro	98
63.Aferição de manômetros	99
64.Chuveiro elétrico “Modelo Popular”	102
65.Desempenho do chuveiro “Modelo Popular”	104
66.Ducha Eletrônica	105
67.Desempenho da Ducha Eletrônica.....	107
68.Aquecedor Elétrico de Passagem “I”	110
69.Resistência Blindada do Aquecedor “I”	110
70.Desempenho do Aquecedor Elétrico de Passagem “I”	112
71.Aquecedor Elétrico de Passagem “II”	114
72.Painel de Comando “II”	115
73.Desempenho do Aquecedor Elétrico de Passagem “II”	117
74.Aquecedor de Acumulação Elétrico 135 L.....	119
75.Desempenho Teórico do Aquecedor Acumulação Elétrico 135 L.....	121

76.Desempenho Experimental do Aquecedor Acumulação Elétrico 135 L.....	123
77.Aquecedor de Acumulação à Gás GLP 85 L.....	126
78.Queimador e Mecanismo de Segurança	126
79.Desempenho Teórico do Aquecedor de Acumulação GLP 85 L.....	128
80.Desempenho Experimental do Aquecedor de Acumulação GLP 85 L.....	129
81.Aquecedor de Passagem GLP 6 L.....	133
82.Sistema Interno do Aquecedor GLP 6 L.....	134
83.Detalhe Interno do Sistema de Fluxo Balanceado	135
84.Detalhe Externo do Duto de Entrada/Saída de Ar	135
85.Detalhe de Pressurizador na Entrada de AF.....	136
86.Comportamento Experimental do Aquecedor GLP 6 L.....	139
87.Aquecedor de Passagem GLP 30 L.....	142
88.Vista Interna do Aquecedor GLP30 L.....	143
89.Desempenho Experimental do Aquecedor GLP 30 L.....	145
90.Comportamento do consumo do Aquecedor GLP 30 L.....	146

Lista de Abreviaturas

ϕ	Ângulo formado entre a potência ativa e a potência reativa (graus)
ΔT	Variação de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
C	Carbono
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
d	Densidade (kg/l, kg/Nm ³)
DR	Disjuntor diferencial residual
GLP	Gás liquefeito de petróleo
GN	Gás Natural
H	Hidrogênio
H ₂ O	Água
Hf	Perda de carga (m.c.a)
I	Corrente elétrica (Àmpère)
ICMS	Imposto de Circulação de Mercadorias
N	Nitrogênio
O ₂	Oxigênio
P	Potência dos equipamentos (Watt ou kiloWatt)
PCI	Poder calorífico inferior (kcal/kg, kcal/Nm ³ , kcal/kW)
PCS	Poder calorífico superior (kcal/kg, kcal/Nm ³ , kcal/kW)
Q	Vazão (l/min)

Q_{AQ}	Vazão de água quente (°C)
Q_{mist}	Vazão da mistura (l/min)
S	Enxofre
SO_2	Dióxido de Enxofre
T_{AF}	Temperatura de água fria (°C)
T_{AQ}	Temperatura de água quente(°C)
T_f	Temperatura final (°C)
T_i	Temperatura inicial (°C)
T_{mist}	Temperatura da mistura (°C)
T_{mist}	Temperatura da mistura (°C)
U	Tensão da rede elétrica (volt)
V_{AF}	Volume de água fria (litros)
V_{AQ}	Volume de água quente (litros)
V_{mist}	Volume da mistura (litros)
W	Número de Woobe

Resumo

Uma parcela significativa da energia elétrica consumida no país é atribuída ao setor residencial correspondendo a 24% da demanda nacional e, os sistemas de aquecimento de água de passagem e ou de acumulação, predominantemente elétricos, são responsáveis por cerca de 6% do consumo nacional, que têm provocado sérios problemas de abastecimento nos setores industriais, comerciais e de serviços essenciais, principalmente devido à concentração no horário de ponta. O presente estudo tem como objetivo apresentar uma análise comparativa técnico-econômica de aparelhos de aquecimento de água residencial que utilizam energia elétrica e gás combustível. Dessa forma busca-se analisar o uso do gás (GN ou GLP) como possível alternativa energética em equipamentos residenciais, comparando-os com equipamentos elétricos tradicionalmente usados. Com o agravamento do setor elétrico brasileiro nos últimos anos e com o aumento da oferta de gás combustível através de diversas fontes, viu-se a necessidade de disseminação cultural do aproveitamento do energético em sistemas de aquecimento de água no segmento residencial, evitando com que parte dessa energia depois de processada seja desperdiçada, reinjetada ou até queimadas.

Palavras chaves: aquecimento de água, energia elétrica, gás combustível, disseminação cultural.

1-Introdução.

Devido a crescente demanda de energia elétrica na atividade do homem contemporâneo, bem como o aumento demográfico e a incorporação de novas tendências tecnológicas, tanto nas atividades por ele desenvolvidas ou na autoprodução de seus insumos, torna-se necessário a utilização dessa energia de uma maneira mais racional, buscando outras fontes mais eficientes para determinados sistemas energéticos.

Surgida a pouco mais de um século, a energia elétrica tem grande influência na atividade do homem contemporâneo em diversos setores, que em determinados casos é a única forma de energia capaz de ativar equipamentos essenciais à atividade humana, como sistemas de iluminação, sistemas de monitoramento, sistemas de entretenimento, centros cirúrgicos, etc., e essa energia deve ser consumida de forma equilibrada, sem que haja desperdícios e prejudique outros setores da economia.

Atualmente o consumo de energia elétrica média *per capita* do brasileiro está na ordem de 1.572 kWh/ano, levando-se em conta que 20 milhões da população ainda não têm acesso a esse benefício e sua localização geográfica privilegiada (país tropical), contribui para o baixo consumo com relação aos países desenvolvidos.

O consumo do norte americano 11.636 kWh/ano, do canadense 16.137 kWh/ano e muito menor que o norueguês que é de 24.586 kWh/ano, conforme a Figura 1, CREDER,H. (2000), apud *CIA Word Fact Book*,1997, demonstrando-se com isso que o consumo de energia elétrica está relacionado ao grau de desenvolvimento do país e da necessidade de calefação, onde nota-se um aumento considerável no consumo nos países nórdicos, devido ao frio.

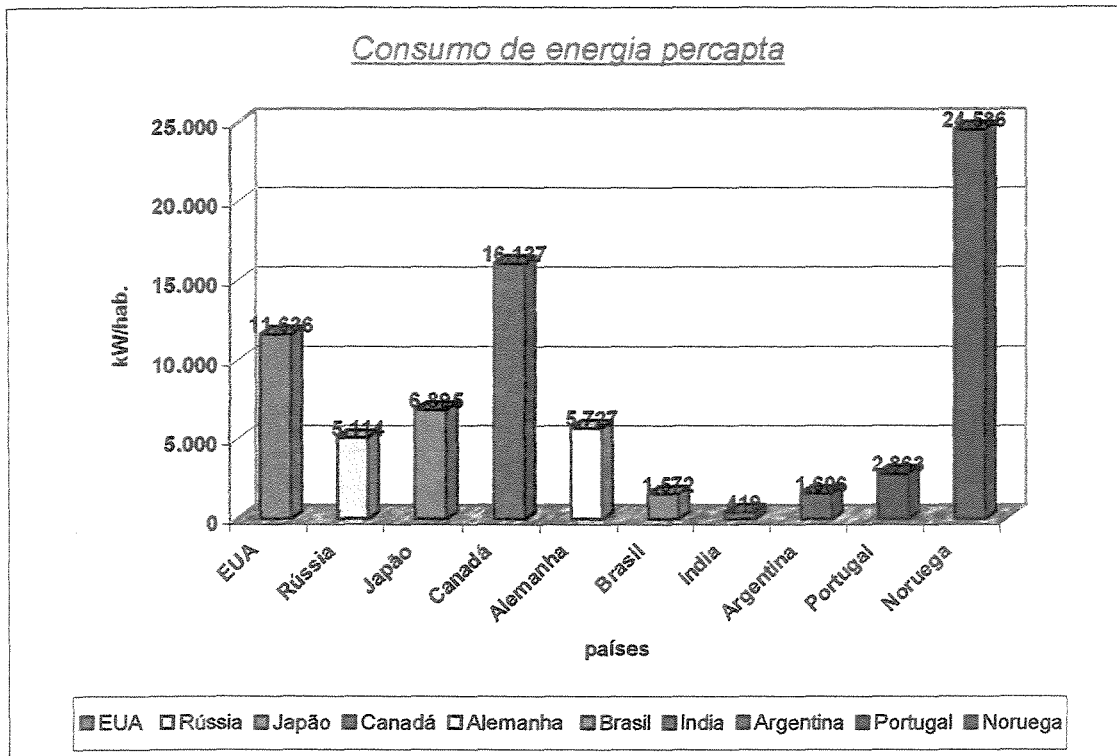


Figura 1 – Consumo de energia elétrica *percapita* (kWh/ano) - 1997

Fonte: Creder, H. , Instalações Elétricas (2000)

Apesar de consumir relativamente pouca energia elétrica se comparada aos povos de países industrializados e que cerca 50 milhões estão abaixo da linha de pobreza, a forma da utilização dessa energia é que tem causado sérios problemas de abastecimento em nosso país, principalmente no setor de geração, devido à concentração da demanda no horário de ponta, das 17:00 as 21:00. No Brasil se utiliza intensivamente do chuveiro elétrico como fonte de aquecimento de água para o banho, principalmente em centros urbanos, e esta é uma variável importante.

A população brasileira é predominantemente urbana (cerca de 81,4% dos 169 milhões de brasileiros), conforme dados do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000). E em apenas 30 anos (1970 a 2000) 44% dos 92 milhões dessa população moravam nas cidades, demonstrando um crescimento de 85% da população urbana, contribuindo para o agravamento da crise do sistema elétrico, principalmente no horário de pico.

Diante do aumento populacional nos centros urbanos nas últimas décadas, do alto índice de êxodo rural, da rápida assimilação da cultura urbana por essa população migrante, participando significativamente no consumo de energia elétrica do setor residencial dos últimos anos, além da perspectiva de uma maior participação de uma “nova” energia (gás natural - GN) na matriz energética brasileira, em determinadas regiões até então desabastecidas por esse tipo de energia, constatou-se a possibilidade de migração de parte desses consumidores para essa fonte alternativa de energia no aquecimento de água residencial, visto que a maioria da população tem pouco ou quase nenhum conhecimento sobre essa forma de utilização.

Com a privatização do setor energético, introduzida no país nos últimos anos, e o agravamento da recente crise de energia elétrica brasileira na última década nos setores de geração, transmissão e distribuição de energia, verificou-se a necessidade de encontrar outra forma de energia que substituísse, pelo menos parte dessa energia elétrica utilizada no aquecimento de água residencial, e o gás combustível torna-se uma alternativa bastante interessante e eficiente na produção de calor e água quente, através da introdução de novos distribuidores, concessionários de gás combustível e equipamentos de aquecimentos diferenciados em nosso mercado procurando atender a diversos sistemas.

Essa introdução será facilitada com a incorporação do gasoduto Brasil-Bolívia - Gasbol, nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, atravessando as regiões de maior concentração urbana e industrial do país possibilitando a incorporação do gás natural na matriz energética local, principalmente no seu entorno; nos setores industriais, comerciais, serviços e residenciais, que em determinados sistemas substitui com vantagem a energia elétrica principalmente quando utilizada na transformação em energia térmica.

Nas indústrias, o gás natural pode ser utilizado sem necessidade de transformação, em sua forma original, diretamente em sistemas de aquecimento de fornos, caldeiras, estufas, e nos processos de produção, devido a sua característica de fornecimento de uma chama limpa e uniforme, qualidades importantes nas indústrias de vidros e cerâmicas, com baixos índices de emissões de poluentes na atmosfera (sem enxofre na sua composição), substituindo com vantagens o óleo combustível.

Pode também ser utilizado na autoprodução através de sistemas de cogeração, que através do processo de combustão interna nos motores e turbinas produz energia mecânica gerando simultaneamente eletricidade e calor.

A energia térmica proveniente do sistema de refrigeração desses motores, mais eficientes que as turbinas, para esse caso, pode ser reaproveitada em sistemas de geração de vapor, água quente, ar refrigerado, água fria e, os gases de exaustão que normalmente são liberados na atmosfera podem ser reaproveitados na produção de CO₂ e NO_x, como matérias-primas importantes em indústrias e tratamento de efluentes, obtendo com isso um rendimento bastante considerável em torno de 90% em relação aos sistemas convencionais de cogeração, cujo rendimento gira em torno de 55%. Esses sistemas estão sendo aplicados em algumas indústrias de refrigerantes e cervejarias na região do gasoduto Brasil – Bolívia, Gasbol, MARIOTONI & GOMAZAKO (2002).

Nos setores de comércio e serviços, o gás combustível pode ser utilizada em sistemas de aquecimento, água quente, água gelada, através de *chillers* de absorção, geração de energia elétrica, de refrigeração, cocção e cogeração.

No setor residencial a participação do gás natural (GN) é ainda bastante modesta, sendo o gás combustível bastante disseminado pela população na cocção de alimentos, o gás liquefeito de petróleo (GLP), mais conhecido como “gás de cozinha”, em sua grande maioria com botijão de 13 kg, que é distribuído em cerca de 90% do território nacional, e ainda encontram certos paradigmas a respeito de outras aplicações residenciais, dificultando uma melhor aceitação em sistemas de aquecimento de água e outros sistemas domésticos, como secadoras de roupa, refrigeradores, aquecimento de piscinas, saunas, calefação, etc., onde o usuário tem poucas opções de produtos e fabricantes.

Com relação às tarifas, o gás combustível apresenta uma certa vantagem sobre a energia elétrica, onde a tarifa do gás liquefeito de petróleo GLP é fixa, variando de acordo com o volume consumido, assim como no gás natural que apresentam uma tarifa decrescente

diminuindo conforme a faixa de consumo do usuário, privilegiando os grandes consumidores como as indústrias e grandes centros comerciais, tornando-se mais evidente a vantagem econômica com relação à energia elétrica na transformação em energia térmica. Cabe ressaltar que essa vantagem está vinculada às variações dos preços do petróleo no mercado internacional, da variação cambial, da política energética governamental, como também das concessionárias e distribuidores.

Mesmo com menor rendimento com relação a energia elétrica, em torno de 80%, a maior vantagem proporcionada pelo gás combustível é mais evidente na geração de energia térmica pelo seu alto poder calorífico, que no gás natural GN é em torno de 9200 kcal/Nm³ e no gás liquefeito de petróleo GLP em torno de 24.000 kcal/Nm³ ou 11.000 kcal/kg, representando uma maior produção de calor com menor consumo energético.

Esses valores estão relacionados com a composição química do gás combustível, que varia conforme sua origem, por exemplo, o gás natural da Bacia de Campos tem uma composição diferente da Bacia de Santos, que também difere do gás natural da Bolívia, assim por diante, e companhias como a COMGÁS cobram pelo valor da energia entregue, ou seja, pelo poder calorífico.

Enquanto que na energia elétrica, com rendimento bastante elevado, em torno de 90%, possui baixo poder calorífico, aproximadamente 860 kcal/kWh, isto é, a sua capacidade na produção de calor (energia térmica) é bem menor em relação ao gás combustível e, além disso, tem uma tarifação escalonada crescente, variando conforme a faixa de consumo do usuário, onde apenas o sistema de aquecimento de água tem uma participação em média de 26% da energia consumida numa residência, chegando em determinados casos a 60%, conforme a tipologia do sistema instalado.

2-Objetivos

Pretende-se neste trabalho apresentar um estudo comparativo técnico-econômico de alguns aparelhos de aquecimento de água residencial encontrado no mercado, elétrico e a gás combustível, visto que o brasileiro se utiliza quase que exclusivamente da energia elétrica para aquecimento de água para o banho, e demonstrar a viabilidade da utilização de outra fonte energética, no caso o gás combustível, cuja oferta atualmente são consideráveis, e a baixa demanda faz com que parte dessa energia, depois de processada seja desperdiçada, reinjetada em poços ou queimada em “flares”, conforme BAJAY(2002), DNPE - Departamento Nacional de Planejamento Energético, onerando o custo Brasil, sendo que os custos do processo de produção são repassados aos derivados de petróleo, aumentando os produtos produzidos no país.

Procurar-se-á abordar aspectos importantes envoltos aos sistemas de gás combustível e energia elétrica, analisando as características e cuidados necessários na correta aplicação destes equipamentos, ainda na fase preliminar do projeto, cujos sistemas são omitidos ou negligenciados por alguns projetistas e construtores, fazendo com que o usuário leigo se manifeste apenas depois de instalados o equipamento, e esses aparelhos nem sempre atende as suas expectativas e reais necessidades, prejudicando a imagem do sistema.

Outro objetivo específico deste trabalho trata da possibilidade de migração de alguns sistemas residenciais de aquecimento de água que se utilizam da energia elétrica, geralmente encontrados na maioria das residências brasileiras, para sistemas a gás combustível, assim como o esclarecimento de certos paradigmas relacionados com equipamentos de aquecimento de água, visto que atualmente há uma certa rejeição com relação a esse tipo sistema.

Também se pretende demonstrar as vantagens e/ou desvantagens inerentes destes aparelhos no sistema de fornecimento de água quente, com relação ao conforto e economia proporcionada ao usuário, embora alguns desses equipamentos (elétricos ou a gás combustível) necessitem agregar outros sistemas, como pressurizadores ou até mesmo uma instalação elétrica mais adequada com fiações de bitolas maiores e circuitos únicos especiais para cada chuveiro, previsto em norma, para proporcionar maior segurança e obter um desempenho satisfatório,

aumentando o custo de implantação, manutenção e operação, evitando-se com isso futuros constrangimentos e decepções.

Este estudo não visa avaliar todos os tipos de aparelhos aplicados em sistemas de aquecimento de água domésticos existentes no país, embora exista um grande número de fabricantes chuveiros, aquecedores elétricos, a gás combustível e equipamentos solares. Produtos bastante diferenciados, em que cada produto agrega um determinado valor, mas o propósito deste estudo é analisar as aplicações de modelos similares em sistemas de aquecimento elétrico de água encontrados em residências brasileiras, comparando-os com sistemas à gás combustível.

3-Revisão Bibliográfica

Antes da crise do petróleo de 1973, pouca ou quase nenhuma preocupação se tinha com relação aos insumos energéticos, pois havia grande oferta, com preços relativamente baixos. A partir desse período, com o agravamento da crise energética mundial, muitos países procuraram desenvolver fontes alternativas próprias. E o Brasil, com grande dependência de petróleo e baixa capacidade de refino e produção, implantou na década de 1970 um programa denominado “**PROÁLCOOL**”, cujo objetivo principal foi incentivar a produção de álcool hidratado de cana-de-açúcar (energia da biomassa) como alternativa de combustível utilizados em veículos de transporte, em substituição à gasolina. Atualmente está havendo por parte do governo e dos produtores de álcool uma tentativa para reativar o programa.

Essa opção em substituição aos combustíveis fósseis importados, foi favorecida principalmente pelas condições territoriais e climáticas brasileiras, facilitando sua implantação, que já se possuía uma certa tecnologia de produção de álcool de cana-de-açúcar. Por ser um combustível renovável e com baixas emissões de poluentes na atmosfera, foi considerado modelo ideal para abastecimento da frota brasileira de veículos, principalmente os veículos de passeios em grandes centros urbanos, ficando os veículos de transporte e máquinas pesadas, alimentados com óleo diesel.

Foram aplicados significativos recursos públicos no desenvolvimento e produção de diversas variedades de cana-de-açúcar, cujo objetivo principal era encontrar uma variedade que melhor se adaptasse ao solo e clima de cada região, com a melhoria do rendimento na produção de álcool, que era em torno de 60 litros/tonelada de cana-de-açúcar, e atualmente chega a mais de 70 litros /tonelada, com objetivo de atender a demanda interna do produto.

Por outro lado, houve empenho das indústrias automobilísticas instaladas no país no desenvolvimento de motores e componentes, aumentando a confiabilidade, eficiência e durabilidade do sistema de combustão e das peças em contato com o álcool, minimizando o efeito corrosivo do combustível através de tratamento físico-químico. Criou-se então uma tecnologia pioneira para esse tipo de combustível, minimizando a dependência do petróleo no setor mais

carente e prejudicado, o de transporte. Essa tecnologia está sendo exportada para outros países desenvolvidos, que necessitam reduzir suas emissões de CO₂, que estão utilizando o metanol como combustível em seus veículos.

No auge da produção desse tipo de veículo movido a álcool (década de 1980), chegou-se a produzir mais de 90% dos veículos de passeio com esses motores destinados ao mercado interno. Superada essa fase foi praticamente abandonado o programa, ficando restrito ao abastecimento da frota existente sem renovação dos mesmos.

Atualmente a produção desses veículos se resume a praticamente 1% dos veículos novos, sendo produzidos apenas sob encomenda, diminuindo consideravelmente sua participação como combustível, com limite no aumento na adição em torno de 23% na gasolina para o escoamento da produção.

Isso tem contribuído no aumento do êxodo rural em muitas regiões do país (embora absorva a maior parte da mão de obra apenas no período de plantio e colheita) na qual se produziam grandes quantidades de cana-de-açúcar, e devido à diminuição de consumo fizeram com que muitas dessas usinas tivessem suas atividades paralisadas, havendo a necessidade de remanejamento da área de cultivo e mudança de cultura, ou abandono do campo. Mas felizmente nota-se que essa atividade está retomando um ritmo de recuperação, com maior grau de mecanização, menor dependência de insumos importados, melhorando a eficiência e as perspectivas do setor, principalmente o mercado externo.

Em 1989, o petróleo correspondia com cerca de 38% da matriz energética mundial, seguido pelo carvão mineral com aproximadamente 28% , o gás natural com 20%, a energia hidráulica 6%, a nuclear 2% e outros com 6%. No Brasil, o petróleo representava cerca de 32% sendo a fonte predominante no setor de transporte, atendendo a 90 % do consumo, a hidráulica 35%, álcool 10%, carvão 5,5%, gás natural 2,7% e outros 15 %.

O álcool, que aparece na matriz energética brasileira teve uma grande influência no final da década de 70 e durante a década de 80, cuja produção se destinava quase que

exclusivamente a veículos de passeios no país, que era movida com este tipo de combustível, sendo que na matriz energética mundial não teve representatividade, daí não constar no gráfico apresentado na Figura 2.

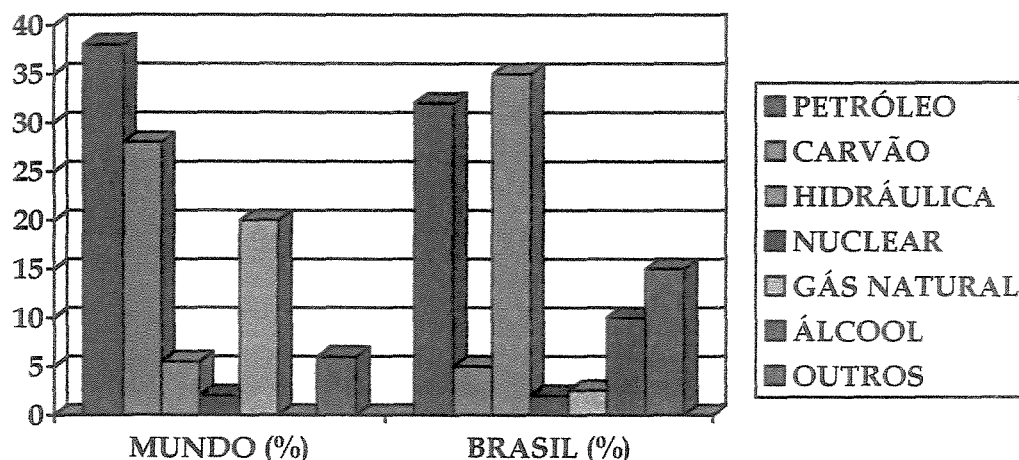


Figura 2 – Matriz energética mundial e matriz energética brasileira -1989

Fonte: Venâncio, J. “Energia – Princípios Básicos”. (2001)

Quanto à modesta participação do gás natural deve-se ao fato das grandes jazidas encontradas no país, se localizarem muito distantes dos grandes centros consumidores (regiões sudeste, sul, e centro-oeste), além de sua condição de subproduto da produção de petróleo (gás natural associado), dos baixos preços dos derivados líquidos concorrentes, da ausência de reservas expressivas no país e o direcionamento prioritário dos investimentos na infraestrutura total ou parcial na rede de distribuição nas cidades brasileiras e complexos industriais.

No cenário energético nacional, o gás natural começou a despontar somente em 1985 quando foram descobertas novas reservas de petróleo e gás natural no Brasil consideradas comercialmente viáveis em diversas regiões em terra e mar, como as da Bacia de Campos, no Estado do Rio de Janeiro, que é considerada a maior reserva marítima da atualidade e responsável por cerca de 50% da produção nacional, e posteriormente na selva amazônica em Urucu e Juruá, que representam as maiores reservas em terra. Com o incremento desses poços de petróleo além de outros, obteve-se avanços consideráveis nas reservas internas de produção de gás natural como

mostra o gráfico da Figura 3, propiciando efetivamente o aumento da produção interna, conforme a Figura 4 abaixo demonstra a produção atual, *onshore* e *offshore* (terra e mar), nos últimos meses no Brasil, até março de 2002.

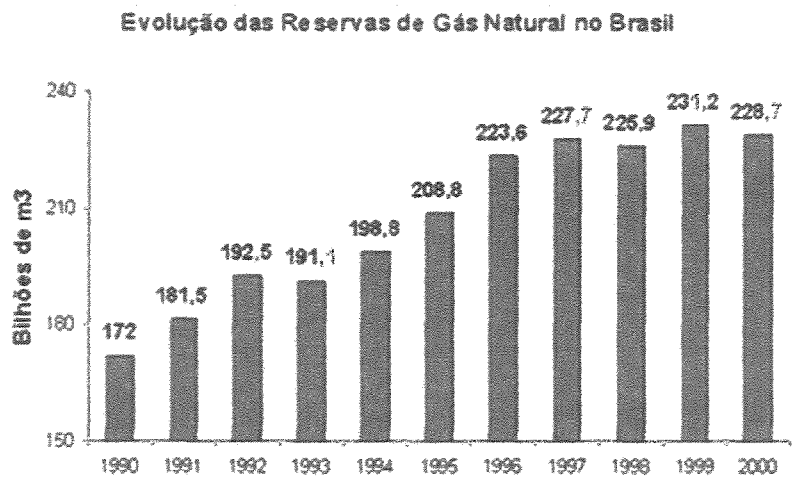


Figura 3 – Evolução das Reservas Domésticas de GN

Fonte : ANP (2001)

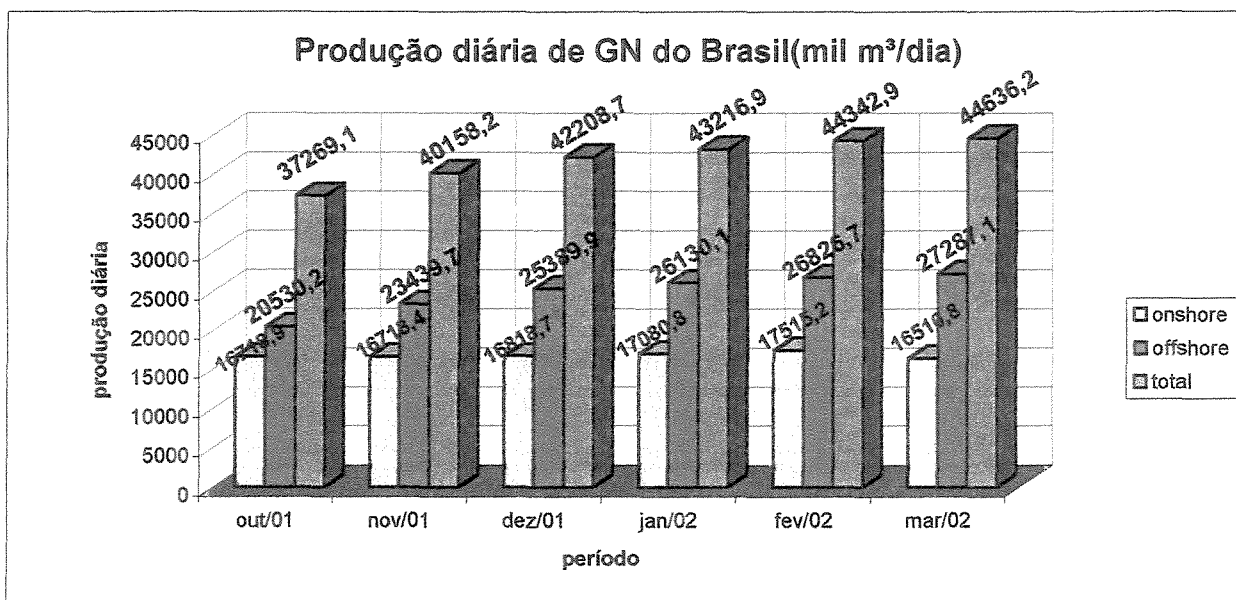


Figura 4- Produção diária de GN do Brasil

Fonte: Revista Brasil Energia, nº 259- 2002.

Com a efetivação da importação do gás natural da Bolívia, inicialmente prevista em 30 milhões de m³/dia através do gasoduto Brasil-Bolívia (Gasbol – 1999), Figura 5, houve maior impulso para sua disseminação nas regiões do seu entorno, onde em seu traçado previu-se o abastecimento de potenciais consumidores nos maiores centros industriais do país, carentes de outras opções de energia, suprimindo inicialmente o setor produtivo destas localidades. Muitas dessas indústrias estão trocando e se adaptando ao novo sistema energético, melhorando consideravelmente seu processo de produção e conseqüente seu produto, beneficiado principalmente pelo seu fornecimento constante e ininterrupto.



Figura 5 – Gasoduto Brasil – Bolívia

Fonte: COMGÁS (1999)

Diferentemente do que ocorreu em outros países, cuja participação do gás natural se apresenta de forma mais intensa, como mostra a Figura 6, devido principalmente a interesses políticos, na qual foram aplicados grandes investimentos no aumento da oferta do produto através da ampliação contínua das redes de gasoduto, durante várias décadas, facilitando sua maior penetração junto à população, e participação na produção de energia elétrica através de termelétricas, construindo-se usinas próximas aos centros consumidores sem grandes investimentos em linhas de transmissão, em determinados países até comunidades rurais.

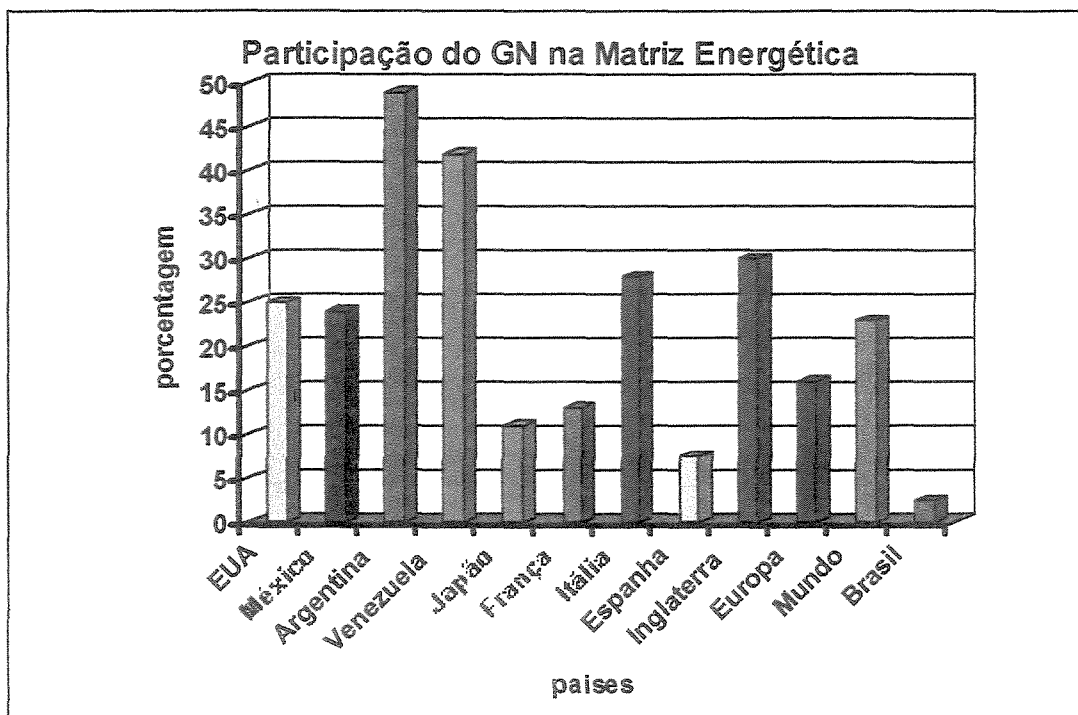


Figura 6 – Participação do Gás Natural na matriz energética mundial – 1989

Fonte : Venâncio, J. “Energia – Princípios Básicos” (2001)

A mudança deste cenário tende a ocorrer rapidamente, com a possibilidade de importação de maior volume de gás natural dos países vizinhos da América do Sul, cujas reservas de gás natural confirmadas se apresentam da seguinte forma: da Venezuela com 4,126 trilhões de m^3 , da Bolívia com 1,16 trilhões de m^3 , da Argentina com 931 milhões de m^3 , do Peru onde foi recentemente descoberta uma das maiores reservas de gás natural e petróleo do país, em Camiséa, garantindo o suprimento do produto durante longo período, além do crescimento da produção interna, com nas maiores reservas as Bacias de Campos “*offshore*”, e em Urucu no Amazonas “*onshore*” somando um total de 252 milhões de m^3 (www.gasbrasil.com.br/atualidades/boletins - acessado 11/11/2001), Figura 7, assim como a entrada de empresas estrangeiras na prospecção e exploração de outras bacias, que contribuirá ainda mais na produção interna do país.

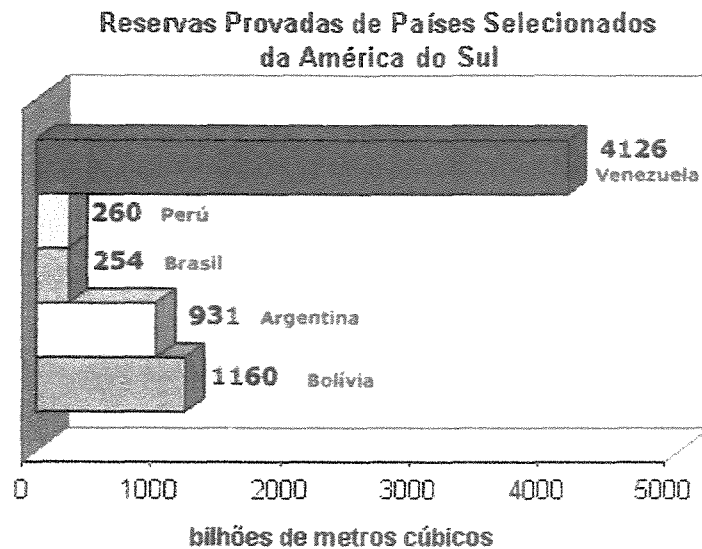


Figura 7- Reservas de Gás Natural da América do Sul

Fonte: DOE/IEA,Petrobrás – www.gásbrasil.com.br/atualidades- acessado 03/09/2001

Essa participação está atrelada à adoção de uma política clara de longo prazo, oferecendo às concessionárias condições de exploração dos serviços, de forma a garantir um retorno confiável e seguro e, ao usuário, uma tarifa mais reduzida que estimule um uso mais efetivo e confiável, junto com uma política de conscientização eliminando certos tabus e preconceitos a respeito deste energético principalmente no setor doméstico, e ao mesmo tempo exigindo o cumprimento de metas pré-estabelecidas, principalmente na expansão da malha de gasoduto visando todos os setores da economia que poderiam se beneficiar do combustível.

Isso se viabilizará em virtude de uma série de acontecimentos recentes, tais como: a abertura econômica, a entrada de capital estrangeiro, investindo maciçamente na produção e na ampliação da rede de distribuição, o aumento da produção interna de 30 milhões em 2001 para 65 milhões de m³ em 2005, conforme a ANP – Agência Nacional de Petróleo – 2002; a grave crise energética brasileira ocorrida em 2001; a perspectiva de importação dos atuais 30 milhões de m³/dia para 70 milhões de m³/dia de gás natural da Bolívia; a interligação do gasoduto Brasil-Bolívia-Mercosul; a provável incorporação de 49 termelétricas a gás natural prevista para os próximos anos junto aos potenciais consumidores, conforme a Figura 8; a descoberta de grandes jazidas de gás natural e petróleo na plataforma continental da Bacia de Campos e de Santos,

próximas aos potenciais consumidores e diminuindo os custos com transporte, além do esgotamento dos recursos hídricos nas regiões mais desenvolvidas e com alto índice Demográfico do país.

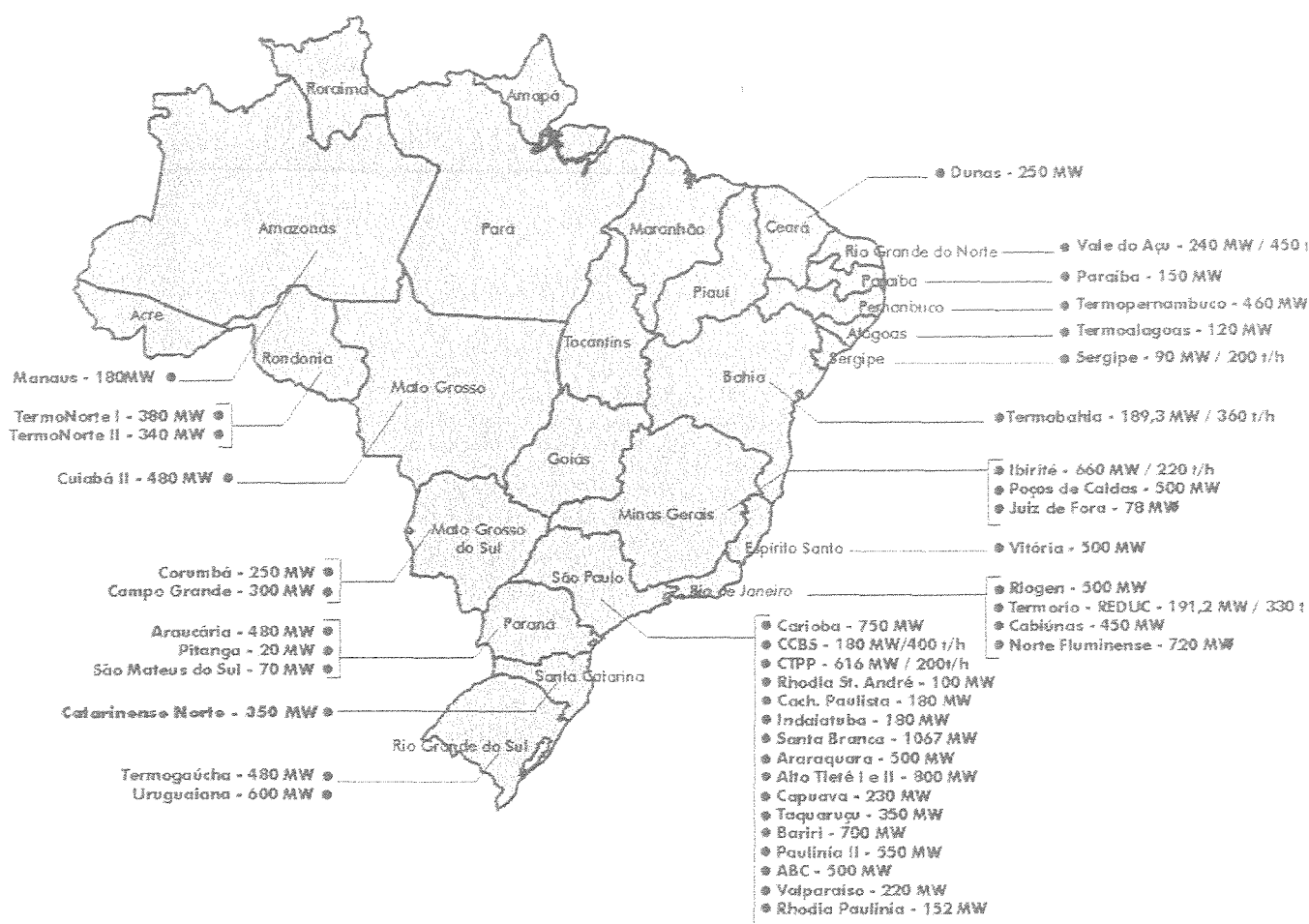


Figura 8 – Mapa das Principais termelétricas a gás natural em projeto

Fonte: www.gasnet.com.br/mapas - acessado 15/05/2001

A confirmação destas previsões contribuirá na transformação da matriz energética elaborada pelo Ministério da Minas e Energia, que prevê uma participação mais otimista para o gás natural, com um aumento substancial de cerca de 4,0 % atuais da matriz energética no ano de 2000, com o incremento de 11.600 MW de energia elétrica através de termelétricas até o final de 2003, para até 12% em 2010, como mostra a Figura 9 de acordo com a Petrobrás, que pode ser ainda considerada bastante modesta, se comparada com a Argentina onde o gás natural representa

cerca de 45% da matriz energética do país, a Venezuela de 40%, Inglaterra de 27%, Estados Unidos de 24%.

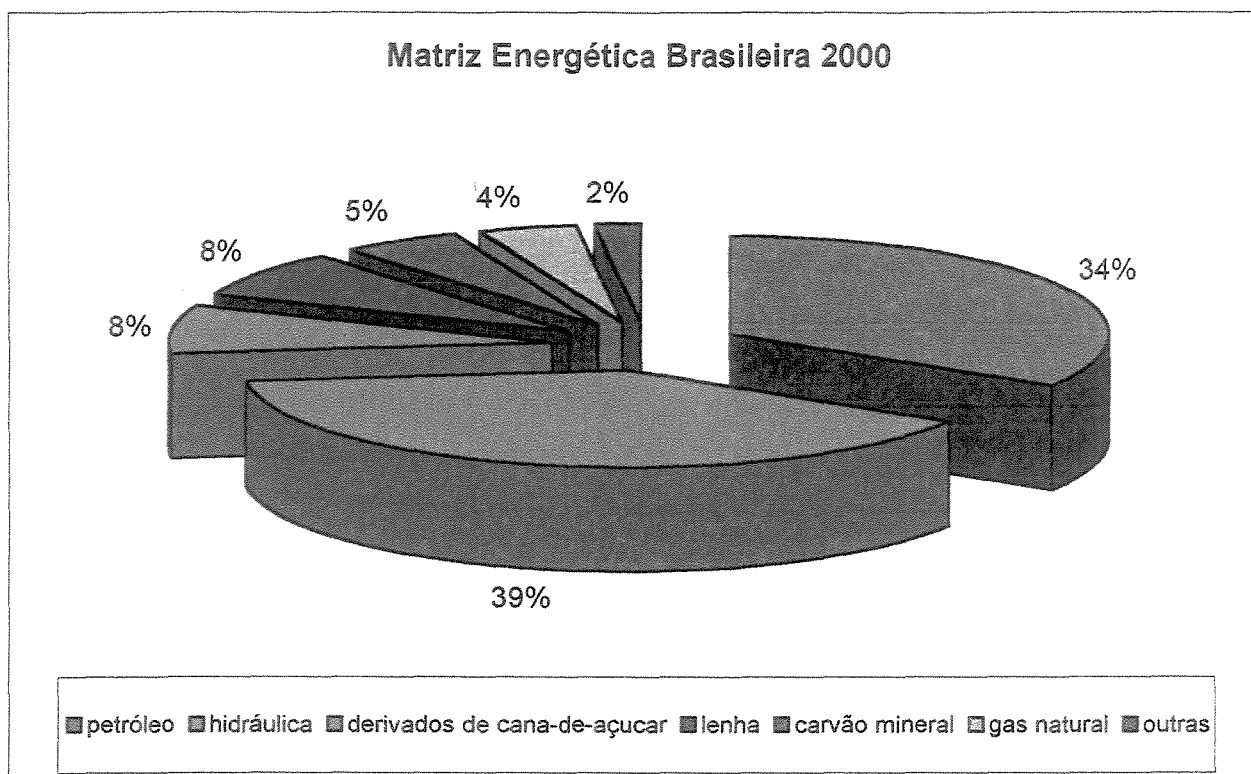


Figura 9 – Matriz Energética Brasileira 2.000

Fonte: Petrobrás (2002) – Catálogo Institucional

A matriz energética apresentada na Figura 8, reproduz claramente que a energia hidráulica é bastante representativa no Brasil, e nota-se que os derivados da cana de açúcar e lenha tem uma boa representação, na qual não aparecem em outros países.

3.1 – Cenário do Setor Elétrico Brasileiro

O parque gerador de energia elétrica do Brasil pode ser considerado único, sendo predominantemente hidrelétrico favorecido pelas condições territoriais e climáticas, sendo responsável pela geração de 68,968 GW (93,2%) de um total de 73,5 GW da capacidade instalada de produção de energia elétrica do país em outubro de 2001, onde o restante dos 4,532 GW está subdividido em geração térmica (óleo, carvão, gás e nuclear), eólica e solar, conforme ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (2002), tornando-se praticamente monoenergético, ficando totalmente vulnerável às condições climáticas na recuperação dos níveis dos reservatórios para produção de energia e conseqüentemente, todo o sistema elétrico nacional.

Os sistemas de geração térmica, em que se empregam óleo e carvão mineral, se mostram bastante deficientes, devido às altas taxas de emissão de poluentes e algumas delas se tornaram inviáveis e se encontravam paralisadas, como a Usina Termelétrica de Piratininga, na cidade de São Paulo. Com a crise de energia elétrica que abalou o país nos últimos anos, somado a possibilidade de funcionamento à gás natural, voltou a operar o sistema de geração térmica após sua conversão, gerando cerca de 600 MW, e essa forma de geração de energia elétrica no país representa aproximadamente 4,0 % da matriz energética em 2001.

Outro sistema de geração de energia, cuja representatividade é bastante modesta, e que não provoca a emissão de poluentes na atmosfera, em operação no Brasil, é o sistema nuclear, cuja geração se faz pelo processo de fissão nuclear dos átomos de urânio e, durante seu processamento, libera grande quantidade de calor, gerando energia térmica e posteriormente energia elétrica num circuito fechado, não emitindo poluentes na atmosfera. No Brasil se encontram em operação as Usinas Nucleares de Angra I e Angra II e, em processo de estudos, a Usina de Angra III cuja, participação na matriz energética é em torno de 1,5%.

Apesar do país possuir uma condição privilegiada, com um dos maiores potenciais hidrelétricos do mundo, na ordem de 260 MW, são explorados apenas 25% dessa capacidade, um modelo baseado em geração de energia limpa, segura, renovável, praticamente inesgotável, garantindo condições de fornecimento durante longo período. A maioria destas grandes

hidrelétricas está concentrada em regiões próximas aos grandes centros consumidores e parque industrial do país, ou seja, na região Sudeste, onde os grandes recursos hídricos da região se encontram praticamente esgotados, possibilitando apenas a implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), sendo que o maior potencial de geração deste tipo de energia está na região Norte que concentra 44% dos recursos hídricos do país, necessitando-se de grandes investimentos em linhas de transmissão para sua melhor distribuição dessa energia.

A partir de junho de 2001, devido a uma estiagem prolongada em determinadas regiões do país, com o agravamento da crise no setor de geração de energia elétrica, em decorrência da diminuição dos reservatórios e dos investimentos no setor, além da omissão do governo em implantar um programa de racionalização desde 1995 ou 1996, o governo foi obrigado a aplicar um programa emergencial de racionamento de energia elétrica na ordem de 20% nas regiões Centro-Oeste, Nordeste, Norte e Sudeste, prejudicando a produção e os consumidores do país. Em decorrência disso exigiu uma mudança radical no comportamento da população e melhor monitoramento do consumo de energia elétrica, aumentando ainda mais a recessão no país. Mesmo prejudicada a população, prontamente atendeu a solicitação de redução de consumo de energia elétrica solicitada pelo governo.

Após a fase crítica do racionamento de energia elétrica, uma clara demonstração da vulnerabilidade do sistema de transmissão ocorreu em janeiro de 2002, quando o rompimento de um cabo de alta tensão 440 quilovolts (kV) ligando Ilha Solteira a Araraquara, deu origem a um grande blecaute no sistema de transmissão por mais de 5 horas, comprometendo cerca de 70 milhões de pessoas da região Sudeste, parte da região Sul, e Centro-Oeste causando sérios prejuízos na produção da região.

Apesar da maior usina hidrelétrica em operação do mundo estar instalada numa região que não sofreu com a estiagem, a usina Hidrelétrica de Itaipu, responsável por 24% da produção nacional em 2001 estar em pleno funcionamento, 13 das 18 turbinas tiveram que ser interrompidas neste dia, e o retorno do fornecimento total apenas se restabeleceu após quatro horas, demonstrando que embora o governo não admita que a causa da interrupção tenha sido o

acionamento, o sistema brasileiro está sobrecarregado e sujeito a novas interrupções devido à fragilidade do setor de distribuição e falta de interligação do sistema de transmissão.

Outros fatos semelhantes ocorridos com blecautes na última década (1990-2000), confirmam a deficiência no setor energético brasileiro, onde quaisquer danos causados numa determinada região afetam muitos outros, de acordo com CAVALCANTE (2002).

Uma explicação mais realista destes fatos foi elaborada pela Federação Nacional dos Engenheiros, que retratou... “Acontece que nossas usinas hidrelétricas foram projetadas pela engenharia nacional para conviver com períodos secos e úmidos, e devido a isto que a maioria delas conseguem reservar milhões de metros cúbicos de água. Há um ciclo anual, baseado em estatísticas de índices pluviométricos destinado a acumular essas águas nos períodos de chuva e compensar a redução de vazões nos rios em períodos secos. O que estamos enfrentando é apenas a consequência de termos produzido mais energia nos últimos anos do que a capacidade que nossos reservatórios foram projetados. O que ocorreu de fato foi a falta de investimento no setor, devido à omissão nos dois governos de Fernando Henrique Cardoso, que devido à imposição do FMI, deixou de investir na expansão do setor de oferta de energia de R\$ 16 bilhões em 1987 para menos de R\$ 3 bilhões em 2000”.(JORNAL DO ENGENHEIRO/ Abril de 2001).



Figura 10- Redução nos investimentos de 1980-2000

Fonte: Boletim Informativo da Federação Nacional dos Engenheiros-abril 2001

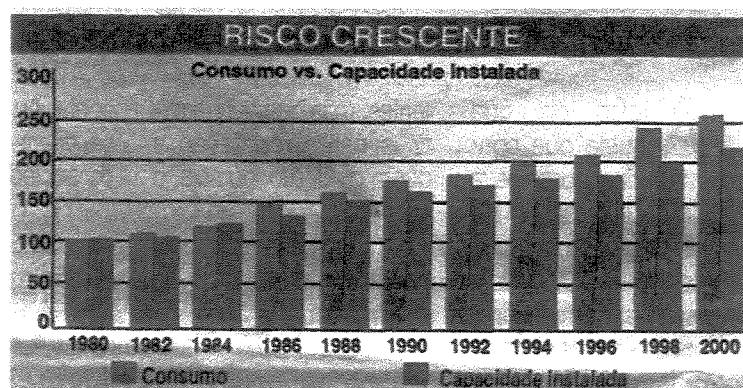


Figura 11 – Relação de consumo X capacidade de geração

Fonte:Boletim Informativo da Federação Nacional dos Engenheiros -abril 2001

Estes e outros fatos passaram despercebidos pela população até há pouco tempo, onde o governo era responsável pela geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, e subsidiava as tarifas de energia elétrica, contornando essa realidade.

Atualmente privatizadas, a maioria das concessionárias de distribuição de energia elétrica define suas tarifas conforme as planilhas de custos, com a supervisão da ANEEL (Agencia Nacional de Energia Elétrica). Constatou-se um aumento significativo de suas tarifas, com índices superiores ao da inflação oficial do governo, principalmente no setor residencial, que são aplicadas de forma diferenciada por região e o salário mínimo vigente, conforme apresentado na Tabela 1 e na Figura 12 no período de 1980 a 2000, que apresenta uma variação de preços dos setores residencial e industrial em dólares até 1998 e a partir de então em Reais, quando a partir de 1999 o país passou a adotar o câmbio flutuante.

Tabela 1 – Tarifas Residenciais de 1995-2001 (R\$/MWh) s/ ICMS e Sal.Mínimo (R\$)

Fonte: ANEEL

Regiões/Período	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Norte	80,23	115,07	127,23	133,72	141,44	155,67	162,47
Nordeste	67,67	101,3	116,23	124,52	133,53	148,04	166,47
Sudeste	78,18	108,06	119,16	125,22	139,47	162,86	182,71
Sul	75,55	104,16	122,36	129,42	143,12	156,95	180,42
Centro-Oeste	76,53	105,99	121,76	125,95	138,66	155,63	176,3
Brasil	76,26	106,63	119,8	126,19	139,19	158,87	178,46
Sal.Mínimo	100	112	120	130	136	151	180

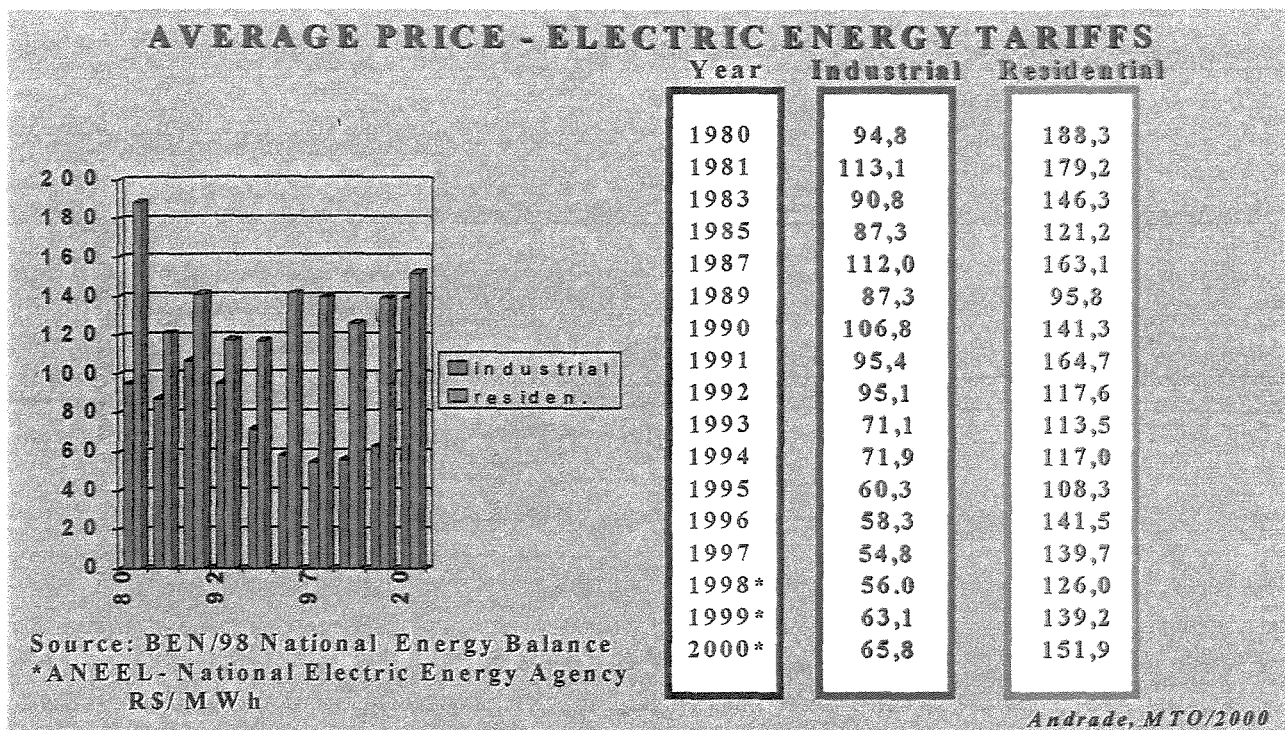


Figura 12 –Evolução de preços da energia elétrica: residencial e industrial – 1995 a 2001

Fonte: Andrade, M. T., CSPE – Apud ANEEL - 2000

Em decorrência destes fatos, e do aumento do número de usuários beneficiados com o sistema elétrico, torna-se imprescindível a necessidade de utilização de uma forma racional, assim como a utilização de outro insumo energético, para aquecimento de água substituindo a energia elétrica, para aliviar o sistema elétrico brasileiro.

Desta forma seriam evitados os riscos de desabastecimento principalmente no horário de pico, causadores de sérios problemas na rede de distribuição de energia, tendo em vista que o prazo para que novas usinas hidrelétricas e termelétricas entrem em operação ainda está indefinido.

3.2 – Aplicação de Fontes Alternativas no Brasil

Apesar do desconhecimento da maioria da população, o governo e universidades juntos com a iniciativa privada, buscam desenvolver outras fontes de energia alternativas mais econômicas e renováveis, assim como o melhoramento e aperfeiçoamento de sistemas já existentes.

3.2.1 – Energia Solar para Aquecimento de Água

A energia solar é uma energia abundante e possível de se aproveitar em sistemas bastante simples, principalmente em sistemas de aquecimento de água, onde é aplicada uma tecnologia baseada em princípios da física (termosifão), podendo ser construída de forma artesanal pelo próprio usuário, conforme esquema apresentado na Figura 14, cujas placas de captação de energia térmica solar, Figura 13, devem estar posicionadas a uma altura inferior ao reservatório de água quente com inclinação adequada, variando de acordo com a latitude do local, evidenciando a região Norte Geográfico, para que o processo de termosifão se realize, sem necessidade de outro tipo de energia para recirculação.

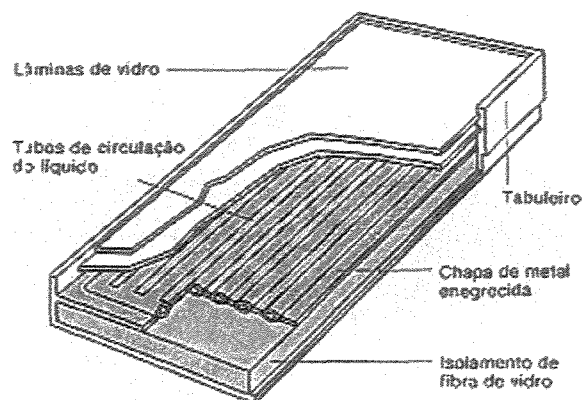


Figura 13 – Configuração da placa coletora de energia solar para AQ

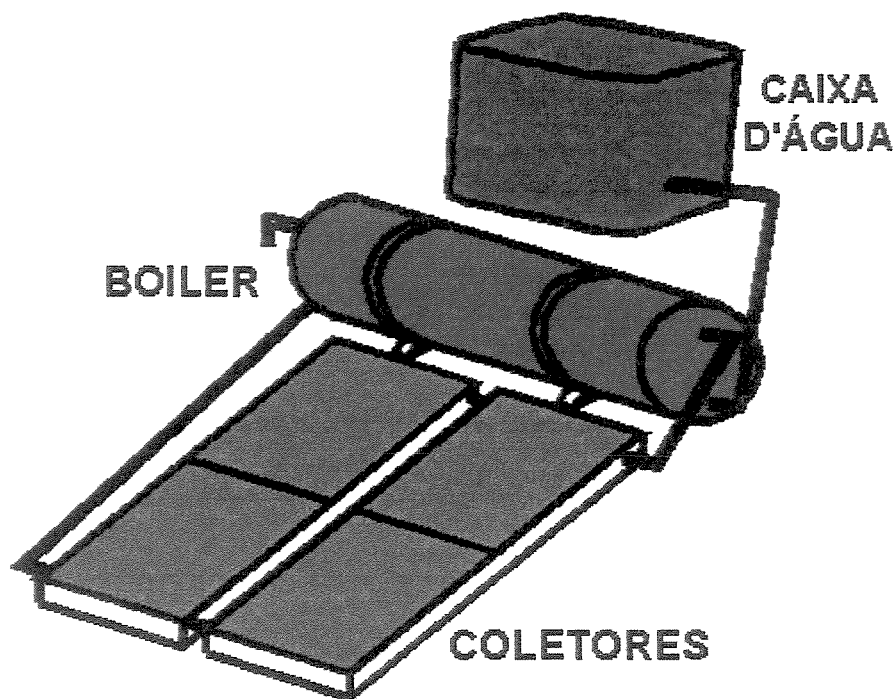


Figura 14 – Sistema básico de aquecimento solar

O processo denominado de termosifão, nada mais é do que um fenômeno físico que é aplicado na maioria dos sistemas de aquecimento solar existente no mercado, que consiste na instalação do sistema de abastecimento (caixa d'água ou alimentação direta de água fria) estar a um nível superior do reservatório térmico “*boiler*”, e este deverá estar num nível superior acima de 30cm da parte superior dos coletores, cuja inclinação deverá obedecer à latitude da local acrescida de 10°, se aproximando ao máximo do Norte Geográfico, pois nessa posição os coletores permanecerão em contato com a energia solar na maior parte do dia, conforme a Soletrol-2000.

A água fria acumulada dentro do boiler por ter maior densidade (mais pesada) e geralmente num nível superior as placas coletoras, normalmente dentro do forro, faz com que preencham de água os tubos dos coletores através do fenômeno dos vasos comunicantes. Os coletores instalados no lado externo, geralmente apoiado no telhado recebem a incidência direta da luz e calor do sol, com superfície enegrecida absorve esse calor faz a troca com a água, e esta aquecida e com densidade menor faz com que essa água seja conduzida até o *boiler*, e este ciclo

se repete até que se encontre uma temperatura de equilíbrio dentro do *boiler*, geralmente em torno de 60°C.

Existem muitos sistemas instalados no país que não seguem esses critérios, o que acaba prejudicando o sistema, pois os usuários optam pela sua instalação na fase final da construção, após executada a cobertura, na qual maioria não obedece a inclinação e direção dos coletores, recomendadas pelo fabricante, ou seja sem critério técnico.

Esse sistema é perfeitamente viável e mais econômico com relação ao custo energético, desde que atenda os critérios de instalação, e seja previsto desde a fase inicial do projeto da construção, com instalações individuais de água fria e água quente.

A capacidade de produção instalada no Brasil desse tipo de sistema de aquecimento de água, conforme a Figura 14, que atendeu a demanda no período da crise energética ocorrida em 2001, era cerca de 600.000 m² de coletores solares, com participação de 100 empresas, de acordo com os relatos de FRAIDENRAICH (2002), tornam esse equipamento cada vez mais acessível devido à grande oferta e concorrência entre fabricantes.

3.2.2 – Energia Solar Fotovoltaica

Outra participação nesse seguimento é a utilização de energia solar para produção de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos, que utilizam a energia luminosa emitida pelo sol, não necessitando de calor, que é prejudicial para tipo de equipamento. A produção dos painéis fotovoltaicos se limita a alguns fabricantes, na maioria estrangeira. Apenas um fabricante monta esse tipo de painel no país.

No Brasil essa tecnologia vem sendo aplicada principalmente em regiões bastante remotas, em comunidades isoladas, distantes da rede de energia elétrica no interior do país, introduzidas através de concessionárias de energia elétrica, no Estado de São Paulo pela Centrais Elétricas de São Paulo (CESP), no Vale do Ribeira, que cobra uma pequena tarifa pelo uso,

instalando equipamentos em pequenos centros comunitários, na iluminação de residências com lâmpadas fluorescentes compactas, em sistema de bombeamento de água e irrigação de pequenas propriedades, em torres de telecomunicações, na alimentação de telefones e radares em rodovias, etc, como mostra as Figura 15 e 16.

Essa tecnologia difere do sistema aplicado em aquecimento de água, onde são aplicadas placas de silício que transformam a energia luminosa em energia elétrica que é armazenada em baterias de 12V ou 24V e, através de conversores, transformam em tensões de 110 V ou 220V em corrente contínua, sendo os sistemas na sua maioria importados. Portanto trata-se de uma tecnologia bastante sofisticada e onerosa, que agrega diversos componentes eletrônicos, onde diversos dispositivos estão em processo de desenvolvimento e aperfeiçoamento, e os pesquisadores ainda não encontram uma bateria com uma vida útil prolongada, pois atualmente a vida média dessas baterias é em torno de dois anos.

Não existe nenhum sistema aplicado em usinas de grande porte na geração de energia solar no Brasil, como a existente na Califórnia (USA), Japão e em alguns países da Europa, devido ao alto custo de implantação e tecnologia importada.

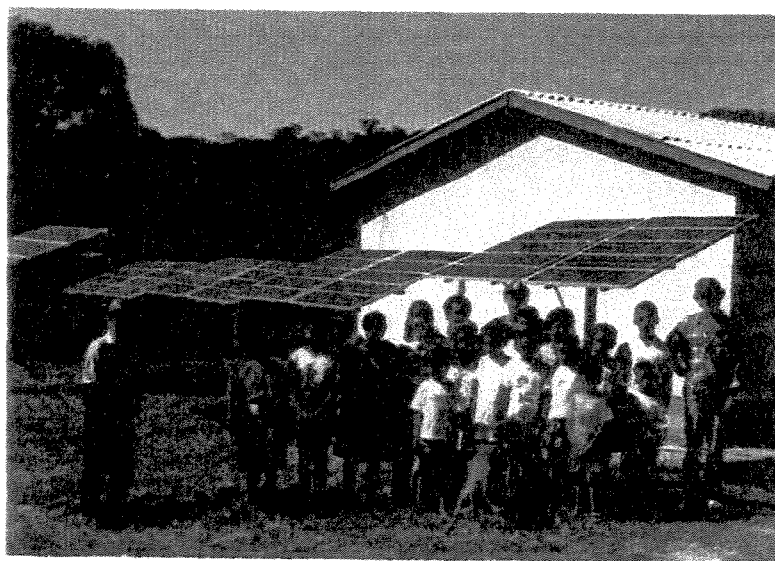


Figura 15 – Sistema de Iluminação, bombeamento e refrigeração de vacinas - MS

Fonte: Catálogos de Produtos para Energia Solar Siemens (1997)



Figura 16 - Painéis fotovoltaicos alimentando torre de telecomunicações

Fonte: www.green.pucminas.br/TermicaxPV- acessado 07/10/2001

3.2.3 – Energia Eólica

Outra tecnologia bastante interessante que vem sendo aplicada na geração de energia elétrica é o aproveitamento dos ventos através da energia eólica, instalada no Brasil em algumas centrais do nordeste e sul do país, como mostra a Figura 18.

O território brasileiro apresenta ótimas condições de vento em determinadas regiões, com constância de vento e regularidade de direção, que são as principais condições para um bom desempenho do sistema, existindo no país cerca de 20,3 MW de geração de energia eólica em operação, com projeções para entrada em operação 1050 MW, conforme FEITOSA (2002) já em 2003.

Esse sistema vem possibilitar a solução um dos maiores problemas do Rio São Francisco, quando num determinado período do ano a estiagem é mais prolongada e, o rio apresenta baixa vazão, portanto com baixa capacidade de produção de energia elétrica através das hidrelétricas, principalmente no período de inverno quando as condições de vento são mais intensas e constantes, como mostra a figura 17, favorecendo esse tipo de geração, possibilitando o equacionamento do fornecimento de energia elétrica durante todo ano, auxiliando o outro sistema quando da deficiência de um deles.

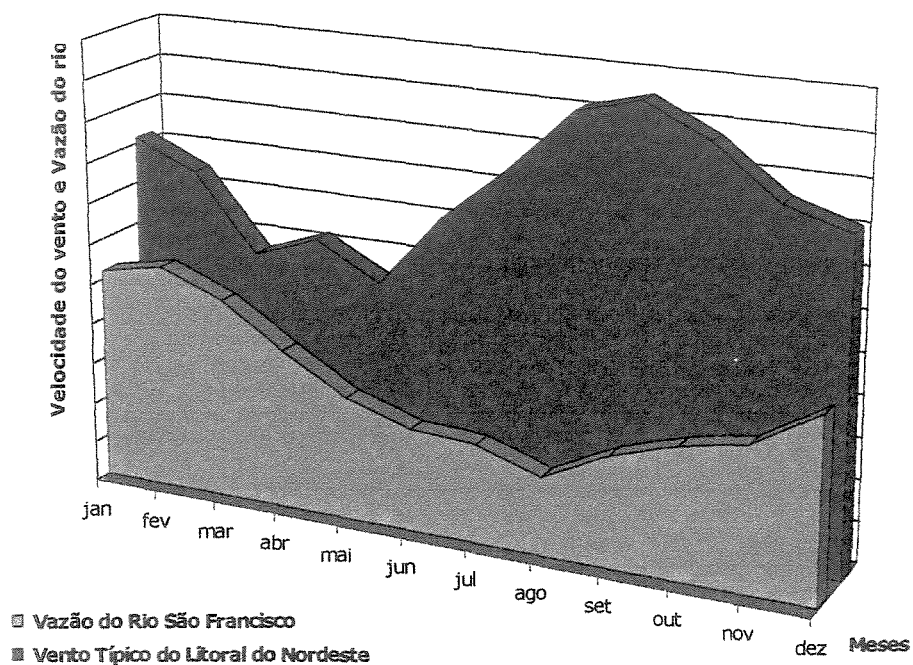


Figura 17 – Relação de vento x vazão do Rio São Francisco

Fonte: Feitosa, E. A. - Energia Eólica do Brasil – UFPe –2002



Figura 18 – Central de energia eólica – Fernando de Noronha

Fonte: Feitosa, E. A. - Energia Eólica do Brasil – UFPe –2002

A energia eólica não se aplica apenas a grandes turbinas, com grande capacidade, como mostra a Figura 18, que apresenta um sistema híbrido eólico/diesel na Ilha de Fernando de Noronha, que é um dos maiores instalados na América do Sul, mas sim a pequenas turbinas que podem ser aplicadas em pequenas comunidades ou unidades isoladas, como os painéis solares fotovoltaicos, principalmente em regiões afastadas com grande incidência de ventos. Essa tecnologia já foi bastante aplicada, em tempos remotos, nos grandes moinhos de vento na Europa e outros países, no bombeamento de água e processo fabril.

3.2.4 – Energia de aterro sanitário

Uma outra aplicação interessante, que está em fase de estudo bastante avançada no Brasil, é a implantação de uma usina termelétrica a partir do **Gás Metano**, retirado dos aterros sanitários da cidade de São Paulo: os aterros Bandeirantes e São João, com uma produção inicial prevista de 40 MW de potência, conforme a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL - 2002), dando um destino mais adequado e nobre aos gases que atualmente são queimados e lançados na atmosfera sem nenhum tratamento. Esse tipo de aplicação já vem sendo utilizado na China, Índia e outros países com sucesso.

O aproveitamento do gás metano deveria ser implantada em todos os aterros sanitários dos centros urbanos do país, cujos gases decomposição de materiais orgânicos, até o momento está sendo desperdiçado, poluindo a atmosfera e o lençol freático (chorume), podendo ser aproveitado não apenas na geração de energia elétrica, como também poderia ser distribuído na rede de gás encanado, para cocção de alimentos, em fornos, aquecedores, etc., principalmente no seu entorno, visto que o gás natural é constituído basicamente de metano, com cerca de 90% de sua composição.

3.2.5 – Energia de Resíduos de Petróleo

Na cidade de Curitiba está se viabilizando a construção de uma termelétrica com capacidade de geração de 700 MW, movida através de resíduos de petróleo (RAS), cujo processo de filtragem consegue-se extrair o nitrogênio (N) que é um dos componentes dos gases de exaustão para produção de matéria prima de fertilizantes agrícolas, basicamente compostos de NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio), de acordo com a ANEEL (2002), cujo produto é bastante nocivo à natureza quando lançada na atmosfera provocando a chamada chuva ácida.

3.2.6 – Energia de Biomassa

Outra aplicação importante é o sistema de cogeração de energia térmica e energia elétrica, através da biomassa, renovável, com a queima de bagaço de cana, que muitas vezes se tornava um problema para seu descarte, tornando as usinas de álcool e açúcar auto-produtoras de energia elétrica durante o período de safra dando um destino adequado de um dos rejeitos de sua produção e, em determinados casos, até exportadores de energia, colocando na rede o seu excedente.

Existem também outros processos semelhantes no aproveitamento da palha de arroz nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, e o aproveitamento da serragem de madeira no Mato Grosso e Mato Grosso do Sul que na maioria das serrarias são queimadas e sua fumaça lançada na atmosfera sem nenhum controle ambiental.

Portanto observa-se o grande potencial existente no Brasil para desenvolvimento de energia renovável, definindo quais as fontes mais adequadas ao uso final em cada região. E apesar das divergências ocorridas nos meios técnicos e acadêmicos, parece haver consenso quanto à geração de grandes blocos comerciais, que as fontes energéticas alternativas, a solar, eólica, geotermiais e marés, ainda não apresentam competitividade técnico-econômica.

3.3- Aplicação da eletricidade no setor residencial

No Brasil, a energia elétrica é utilizada de forma indiscriminada e até certo ponto criminosa, como fonte de aquecimento de água para higiene pessoal, principalmente com os chuveiros instalados na maioria das residências e apartamentos, pela população predominantemente urbana, devido à sua disponibilidade, diversidade de produtos e fabricantes, preços acessíveis, além da facilidade de instalação possibilitando sua aplicação diretamente no ponto de utilização.

Diante do crescimento demográfico, do elevado índice de êxodo rural, e a incorporação da cultura urbana assimilada rapidamente por essa população migratória, participando significativamente no consumo residencial dos últimos anos, acima do PIB (Produto Interno Bruto), na ordem de 4% a.a. no final da década de 1990 e início da década de 2000, solicitando ainda mais do setor de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, percebe-se a necessidade de migração de parte desses consumidores (novos ou não) para outro tipo de energético, principalmente onde for possível essa substituição.

Observando-se os dados do gráfico fornecido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), Figura 19, pode-se comprovar que apenas o aquecimento de água, em particular o chuveiro elétrico participando com mais de 20 milhões de unidades (1998) vendidas no país, com 20 milhões sem energia elétrica e 50 milhões de miseráveis.

Essa contribuição de 26% do consumo de energia elétrica de uma residência vem sendo apontada como o principal responsável pela deficiência do fornecimento de energia durante o horário das 17:00 às 21:00, horário de pico, conforme estudos levantados pela ELETROBRÁS, mostrados na Figura 20 apresentada pela CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz) na qual a energia consumida por esses aparelhos representa cerca de 20% do consumo nacional durante esse período, provocando uma desagregação da curva de demanda, sendo responsável por cerca de 7.000 MW consumida no país, de acordo com MELLONI (1997).

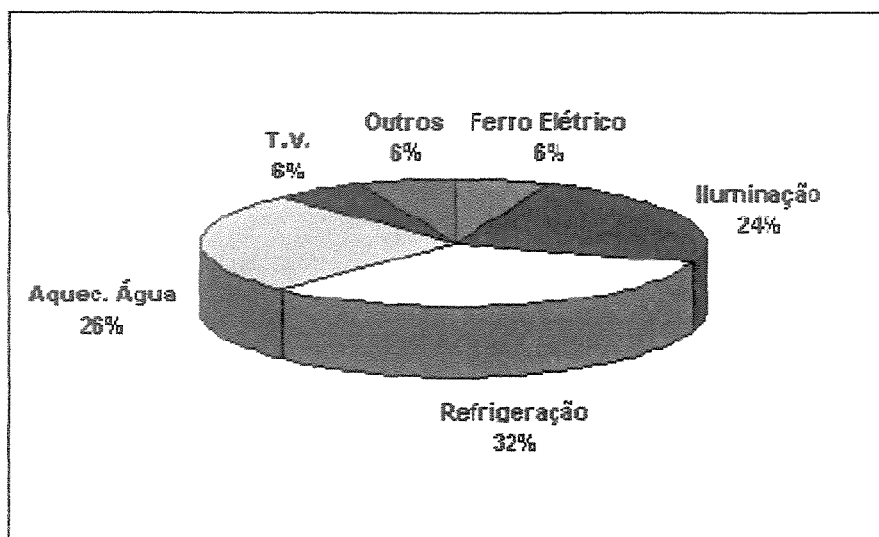


Figura 19- Consumo de energia elétrica residencial - PROCEL

Fonte: www.green.pucminas.br/CenarioEnergeticoPrincipal- acessado 07/10/2001

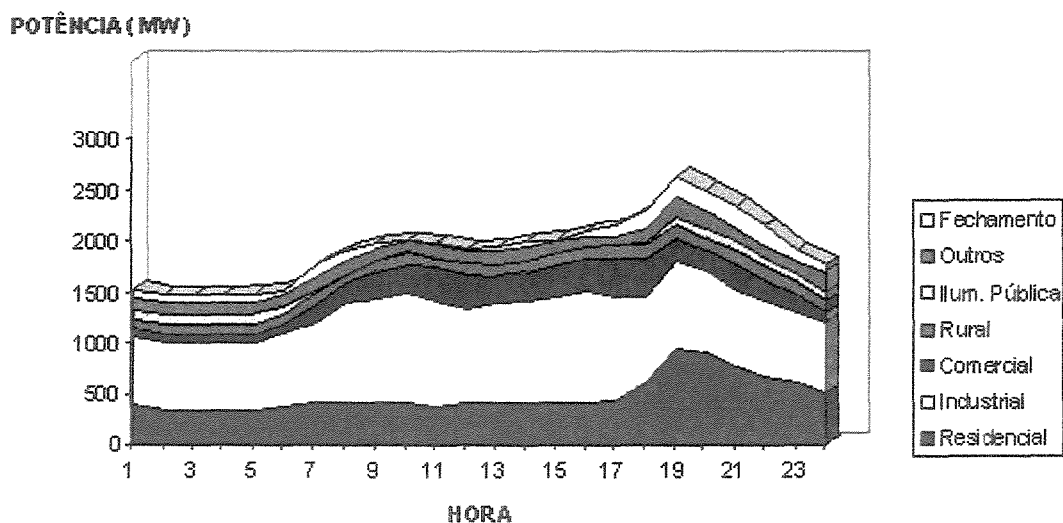


Figura 20 – Desagregação da curva de demanda apresentada pela CPFL -1997

Fonte: www.green.pucminas.br/CenarioEnergeticoPrincipal- acessado 07/10/2001

Estudos realizados por PRADO & GONÇALVES (1998), e PRADO (1988) em um conjunto residencial de prédios populares na cidade de São Paulo, confirmaram essa ocorrência. Foram analisados 246 apartamentos dos quais 100% desses apartamentos possuíam e se

utilizavam dos chuveiros elétricos para higiene pessoal, e durante o horário das 17:00 as 22:00 contribuíram num acréscimo de 25,8% a 46,7% no consumo de energia elétrica dos apartamentos, com maior contribuição das 18:00 as 19:00, como mostra a Figura 21.

Uma curiosidade encontrada através de questionamentos com pessoas de diversas classes econômicas, em São Paulo, oriundas de diversas regiões do Brasil, é que a maioria dessas pessoas não admite um banho com água à temperatura ambiente, mesmo de regiões consideradas quentes ou em dias de verão, como no nordeste brasileiro.

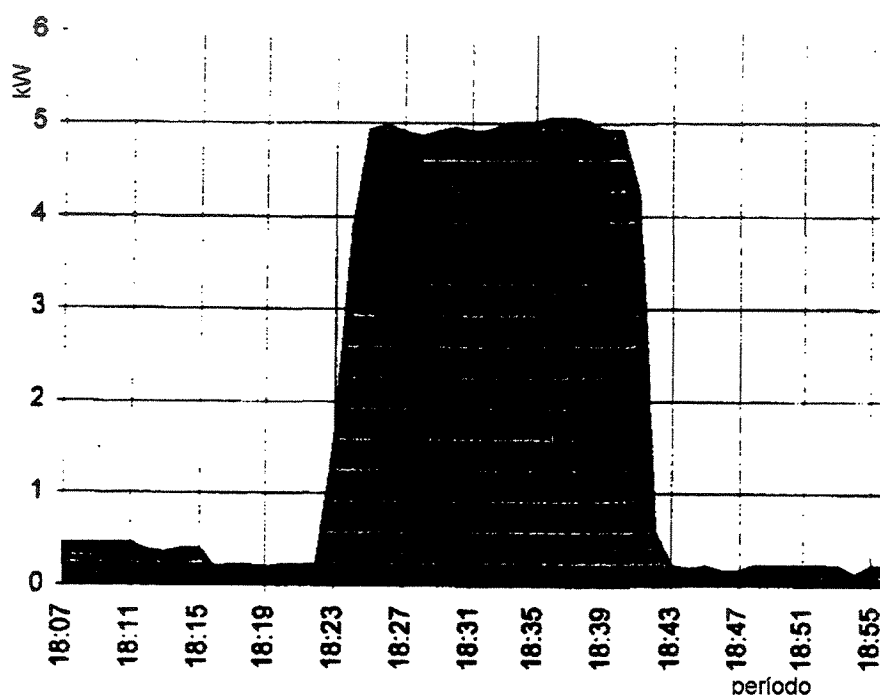


Figura 21- Registro de caso típico da curva de trabalho do chuveiro num apartamento

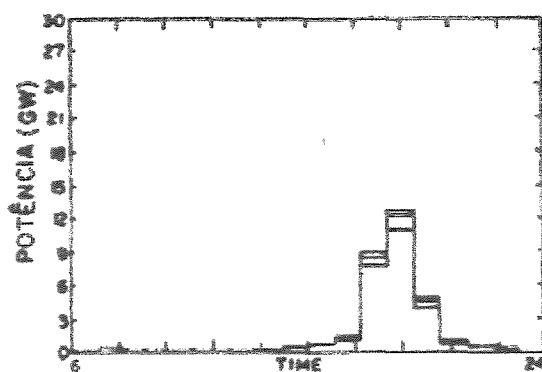
Fonte: Prado T.R., Gonçalves, M. O.(1998)

Isso poderia ser minimizado se os fabricantes produzissem e distribuísssem chuveiros com potências diferenciadas para cada região, visto que o Brasil com dimensões continentais, tem diferentes climas e temperaturas, principalmente no inverno, variando de 15°C no Sul a 25°C no Norte (temperatura média), conforme estudo realizado por BATTAGLINI & OLIVEIRA (1991),

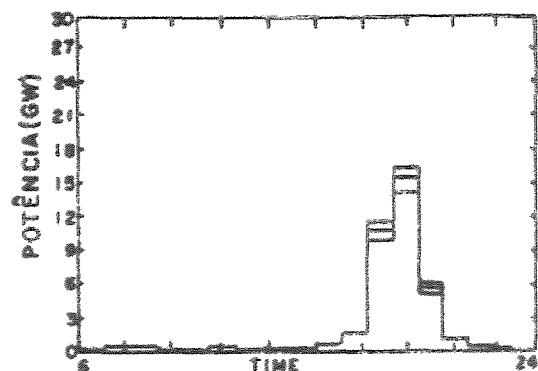
em que apresentam um panorama nada animador para os próximos anos, como mostra a Figura 22, com o aumento significativo da participação do chuveiro no consumo de energia elétrica no contexto nacional.

Entretanto alguns fabricantes de chuveiros elétricos, até o presente momento ignorando esse fato continuam produzindo aparelhos com potências ainda mais elevadas, outros já estão incorporando variadores de potência em seus produtos e até produzindo variadores como acessórios para outros chuveiros.

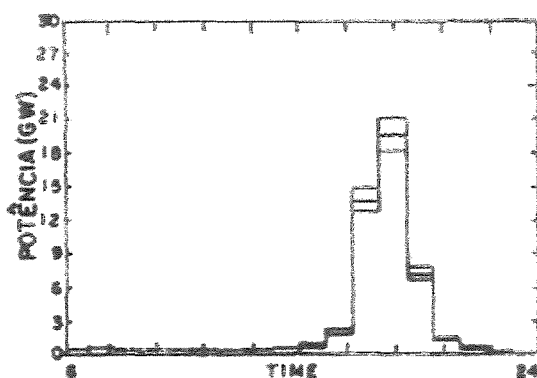
Outra preocupação existente no mercado, é que determinados fabricantes preocupados em suprir e atender as necessidades dos usuários, lançam aparelhos com elevadas potências e pressurizadores visando o conforto proporcionado por uma ducha, suprimindo supostamente sistemas com misturador e aquecimento central, prejudicando não apenas as tarifas cobradas pela energia elétrica, mas também as tarifas de água, pois estes aparelhos provocam um aumento de vazão de água com alto custo de energia, além de não conseguir atingir o conforto desejado.



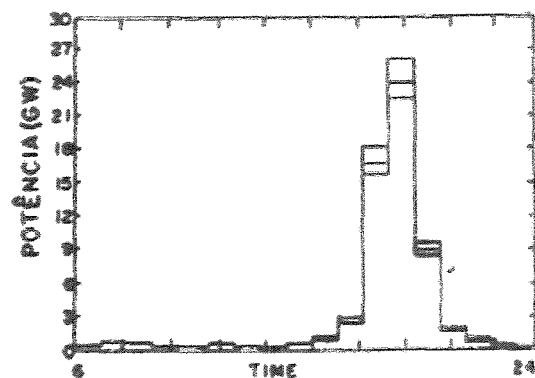
Curva de Carga do Uso Final
Chuveiro no Brasil. 1995



Curva de Carga do Uso Final
Chuveiro no Brasil. 2000



Curva de Carga do Uso Final
Chuveiro no Brasil. 2005.



Curva de Carga do Uso Final
Chuveiro no Brasil. 2010.

Figura 22 – Previsão da contribuição do chuveiro na curva de carga no Brasil

Fonte : Battaglini, F.J. , Oliveira, R.P. – CPFL (1991)

De acordo com GOLDEMBERG (2001), o Brasil é o único caso no mundo onde é permitida a fabricação de chuveiros elétricos com potência de 5.000 watts ou superiores, que quando ligados deixam 25 casas sem luz na periferia.

O Brasil também é o único país do mundo, onde se utiliza energia elétrica para transformar-se em energia térmica na ordem de 40% da energia gerada, enquanto que nos países desenvolvidos essa proporção não ultrapassa 15%, significando que grande parte da energia

elétrica poderia ser substituída por outro tipo de energia, principalmente quando se trata de calor, conforme SANTOS (2001), e somente com essa migração estaríamos acrescentando um ganho real de 25% na produção de energia elétrica, maior que o racionamento imposto pelo governo em 2001.

Ocorre que a grande maioria da população desconhece o real problema que o chuveiro elétrico acarreta, preocupada apenas com o custo final do aparelho, cujo valor agregado do chuveiro instalado é em torno de US\$ 900,00 entre geração, transmissão e distribuição, que é diluído nas tarifas e nos impostos pagos pelo próprio usuário.

Cabe ressaltar o aspecto econômico, percebido pelo usuário do sistema elétrico, cujas tarifas cobradas do setor residencial tiveram um aumento significativo durante os últimos anos, conforme apontam MOURA (2001) et al, demonstrada na Figura 23, que foi na ordem de 226% em seis anos (1995-2001) contra uma inflação estimada de 80%, e com tendências de aumento acima da inflação para os próximos anos, já em 2002 pelo menos de 33% , onde o consumidor mais penalizado será o da faixa acima de 350 kWh/mês que poderá ter um aumento real de até 100% das 18:00 as 20:00, conforme MOREIRA (2001).

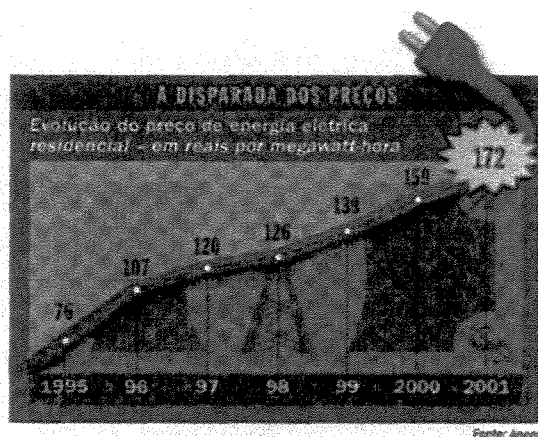


Figura 23- Evolução dos preços de energia elétrica do setor residencial

Fonte: ANEEL (2002)

3.4 - O gás combustível como fonte de energia

O gás, de acordo com a história, foi utilizado como fonte de energia pela primeira vez, no ano de 900 a.C na China, sendo transportado em tubulações de bambu com a finalidade de transportar gás oriundo do solo, utilizado na iluminação de templos religiosos. Em 1609, Van Helmont, químico holandês, descobriu que da queima de qualquer coisa (combustão), se desprendia um corpo invisível que ele denominou de “geist”, que em alemão significa alma, e do qual se originou a palavra gás, conforme VENÂNCIO (1995).

A humanidade tem se utilizado de diversas fontes de energia através dos tempos, porém, e a partir de combustões que resultam a maior parte de suas necessidades. Exemplos aplicados em nosso cotidiano de processo de combustão, inclui desde a chama de um palito de fósforo, a queima da lenha ou do gás de fogão, até a queima de combustíveis fósseis, derivados de petróleo em motores e turbinas.

Uma característica importante a ser considerada na escolha de uma fonte energética para produção de calor é sua eficiência, avaliada pela quantidade de calor que ela é capaz de produzir. A quantidade de calor liberada pela unidade de massa (ou volume) do material combustível, é denominada de poder calorífico, expresso em kJ/kg ou kcal/kg, e esse calor liberado pelo gás combustível, seja GLP ou GN, é maior que a energia elétrica devido ao alto poder calorífico do gás combustível, daí seu melhor desempenho no aquecimento de água, fornos, caldeiras e ambientes, podendo ser utilizado em sua forma original sem necessidade de transformação.

3.4.1 – O gás combustível no Brasil

No Brasil, a busca por combustíveis fósseis sobretudo o carvão e o petróleo visando combustível para iluminação, remonta do Segundo Império, quando diversas concessões foram dadas a empresas brasileiras e estrangeiras, entre 1858 a 1891, licenciando a execução da iluminação das ruas de algumas cidades através de lampiões à gás, que a partir de então passou ser utilizado em maior escala.

Consta que em 1892 na cidade de Bofete, próximo a Tatuí no Estado de São Paulo, foi encontrado o primeiro poço de petróleo e gás natural do Brasil, mas devido à pequena monta foi considerada subcomercial. Porém foi apenas em 1939, com a descoberta do campo de Lobato, na Bahia, que foi considerado o primeiro poço onde se obteve óleo com viabilidade econômica no país.

A história das descobertas do petróleo, mesmo em países com grande produção na atualidade, quase sempre denota que o trabalho persistente e insistente frente aos insucessos, é que permitiu encontrar grandes jazidas de petróleo, como ocorrido na Venezuela, em diversos países do Oriente Médio; e não seria diferente no Brasil.

Fato curioso ocorreu nas atividades exploratórias da Bacia Potiguar (RN), parte terrestre, onde só foram efetivamente implementadas quando um leigo descobriu óleo por acaso, enquanto perfurava um poço artesiano para abastecimento de uma piscina, em 1978, e hoje, ela é a maior produtora em terra do país, com volume recuperável de 171 milhões de barris (produzindo 100 mil barris por dia), conforme NOGUEIRA (2002).

A introdução do gás de rua em São Paulo ocorreu apenas em 1869, quando foi fundada a “The San Paulo Gás Company Ltd”, antecessora da COMGÁS em São Paulo, hoje pertencente a Brithgas, Shell e CPFL, que já havia sido fundada a Cia de Iluminação a gás do Rio de Janeiro, atualmente CEG.

Houve também grande expansão até a década de 1930, das redes de distribuição nas cidades de Belém, São Luiz, Fortaleza, Recife, Ouro Preto, Salvador, Niterói, Santos e Porto Alegre. A partir da década de 1940, as empresas de gás passaram a receber concessões para operar os serviços de eletricidade, o que acabou facilitando a substituição do gás, utilizado principalmente em iluminação (lâmpadas), pela eletricidade, resultando na desestruturação da maioria dos sistemas urbanos de distribuição de gás, resultando na desativação ou abandono dos mesmos.

Foi somente na década de 40, com a descoberta de gás na Bacia de Campos no Estado do Rio de Janeiro, que para evitar o desperdício com a queima, iniciou-se efetivamente o uso do gás natural no Brasil, com fornecimento deste combustível às indústrias do Recôncavo Baiano.

Tal fato pode ser justificado em parte, a modesta participação do gás na matriz energética do país, ao contrário do que ocorre na maioria dos países industrializados. Devido a estes fatores e outros podemos dizer que o setor de gás canalizado parou no tempo, pois há cem anos estávamos em um patamar de desenvolvimento mais adiantado que hoje, conforme VENANCIO (1995).

Com a maior participação da iniciativa privada, presente em diversas regiões através de concessões cedidas pelo governo, conforme a Figura 25, investindo maciçamente na distribuição, ampliação da oferta interna e rede de infraestrutura da rede do gás natural, estimulada pelo interesse na conquista de novos mercados, tem-se a possibilidade de atender a demanda de novos mercados e potenciais usuários.

Além da viabilização de novas interligações com países vizinhos e regiões produtoras do país com grandes reservas de gás natural garantindo uma maior e melhor distribuição e o fornecimento durante longo período, mostrada na Figura 24, a disseminação da cultura de utilização do gás como energético no Brasil será facilitada nos setores industriais, comerciais, serviços e residenciais multiplicando em várias vezes o número de clientes abastecidos pelo gás combustível (GN), oferecendo diversidade de produtos e serviços com qualidade e eficiência.



___ Gasoduto Existente

___ Gasoduto em Construção

___ Gasoduto em Estudos

1- Gasoduto Juruá-Urucú-Coari-Manaus

2- Gasoduto Urucú-Porto Velho

- 3- Gasoduto Rio Branco-Camiséa
- 4- Gasoduto Camiséa-Santa Cruz de La Sierra
- 5- Gasbol – gasoduto Brasil-Bolíviaa
- 6- Gasoduto Uruguaina-Porto Alegre
- 7- Gasoduto Cruz Del Sur : Punta Lara-Montividéu-Porto Alegre
- 8- Gaspol: gasoduto Volta Redonda-São Paulo
- 9- Gasoduto Rio Grande/Bol.-Cuiabá (MT)
- 10- Gasoduto Gasbol-Brasília
- 11- Gasoduto Reduc-BH
- 12- Gasoduto Cabiúnas-Vitória
- 13- Gasoduto Lagoa Parda-Vitória
- 14 e 15 – Gasoduto Pilar-Atalaia (Salvador-Maceió)
- 16 – Gasoduto Pilar-Cabo (Maceió-Suape)
- 17, 18 e 19 – Gasoduto Nordesteão (Guamaré-Cabo)
- 20 e 21 – Gasoduto Guamaré-Pecém

Figura 24- Interligação de Gasodutos da América do Sul

Fonte:www.gasnet.com.br/mapas-acessado 15/05/2001

Nos gasodutos apresentados na Figura 24, alguns desses gasodutos estão em operação, outros em processo de construção, ou em processo de estudos de implantação devido à necessidade de grandes investimentos e parcerias, dificultados pelas grandes extensões e a necessidade de grandes diâmetros.

Devido a grande extensão do território brasileiro as áreas de concessões e distribuição de gás natural no Brasil, foram realizadas através de licitação e concorrência pública, onde se encontram distribuídas em macro regiões, e em determinadas regiões foram subdivididas em sub-regiões devido a necessidade de agilizar o processo de ampliação de infraestrutura de distribuição, conforme representação da Figura 24.

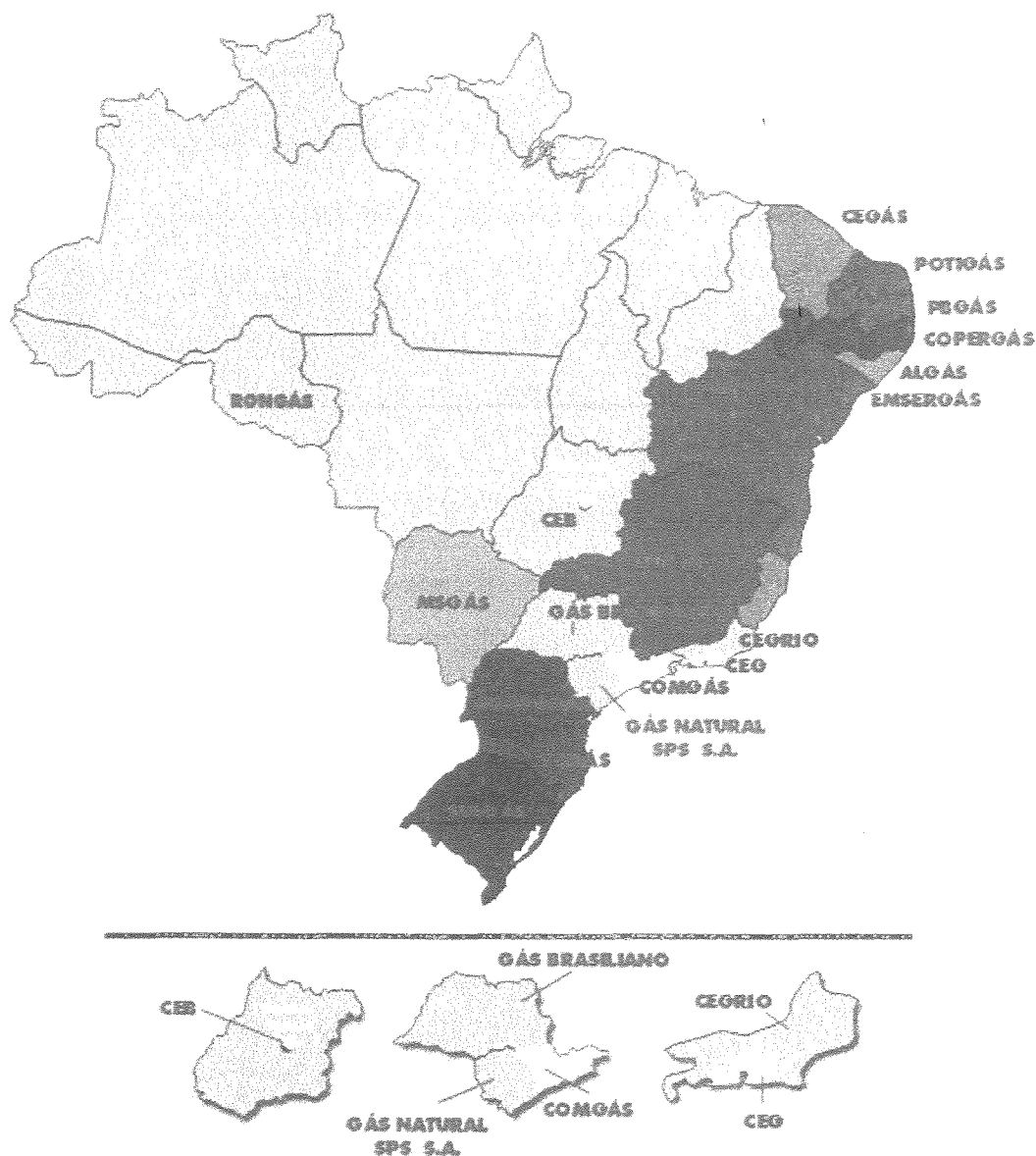


Figura 25– Regiões de concessão de gás natural no Brasil (2001)

Fonte: www.gasnet.com.br/mapas-acessado 15/05/2001

No caso particular do Estado de São Paulo, considerado o maior centro produtivo do país, na qual se concentra o maior número de habitantes, e potenciais consumidores de gás natural, devido ao seu vasto parque industrial, grandes concentrações urbanas, vasta malha rodoviária e a maior frota de veículos do país, viu-se a necessidade de distribuição em três grandes áreas de concessões, são apresentadas na Tabela 2.

Tabela. 2 – Perfil das Áreas de Concessão de Gás Canalizado no Estado de São Paulo -1999

Fonte: Secretaria de Energia (www.energia.sp.gov.br/Perfilga1.htm - acessado 4/7/2002)

ÁREA DE CONCESSÃO	População		Área		Densidade Demográfica (hab/km ²)	Município	
	(hab./mil)	(%)	(km ²)	(%)		nº.	(%)
Comgás	26.684,6	72,2	53.771	21,6	496,3	177	27,5
Gás Brasileiro	7.552,0	20,4	141.623	57,0	53,3	375	58,1
Gás Natural	2.732,9	7,4	53.206	21,4	51,4	93	14,4
Estado de São Paulo	36.969,5	100,0	248.600	100,0	148,7	645	100,0

De acordo com a Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado (Abegás), somente as áreas de concessão da COMGÁS (parte do estado de São Paulo) e da CEG, no Rio de Janeiro, poderiam substituir 10,8 mil MW de energia elétrica com a utilização do gás natural em 1,9 milhões de chuveiros e aquecedores, 24 mil fornos e fritadeiras, 600 equipamentos de climatização, 120 de cogeração e 300 grupos geradores, aliviando o sistema elétrico nacional.

O custo da instalação de 1 MW, nos aquecedores a gás, representa apenas 5% a 10% do custo de 1 MW nas térmicas a gás, excluídos os custos de transmissão, conforme o presidente da Abegás, (www.gasbrasil.com.br/atualidades/noticias - acessado 12/07/2001).

Outro fator de relevância observado é a questão ambiental, pois a poluição atmosférica do planeta encontra-se em níveis alarmantes principalmente em grandes centros urbanos onde a seca e a inversão térmica contribuem para o efeito estufa, causando danos à saúde da população e ao meio ambiente, provocando chuva ácida devido aos grandes volumes de emissão de poluentes através da queima de combustíveis fósseis, de plantações e florestas

Os níveis de emissões de CO, considerados altamente tóxico, através da combustão emitidos pelo gás natural (GN) são bem inferiores se comparados às emissões do óleo diesel, óleo pesado, carvão, gasolina, etc. e, em determinados casos menores que algumas hidrelétricas, cujas

emissões se fazem através das grandes áreas de alagamento provocado pela decomposição da vegetação submersa, de restos de animais e vegetais que depositam ao longo do tempo, segundo ambientalistas, conforme SYGMA (2002), onde a contribuição global nas emissões de CO₂ estão apresentadas na Figura 26, e está relacionada diretamente ao grau de desenvolvimento industrial dos países, sendo que apenas os E.U.A. contribui com cerca de 24% do total das emissões globais.

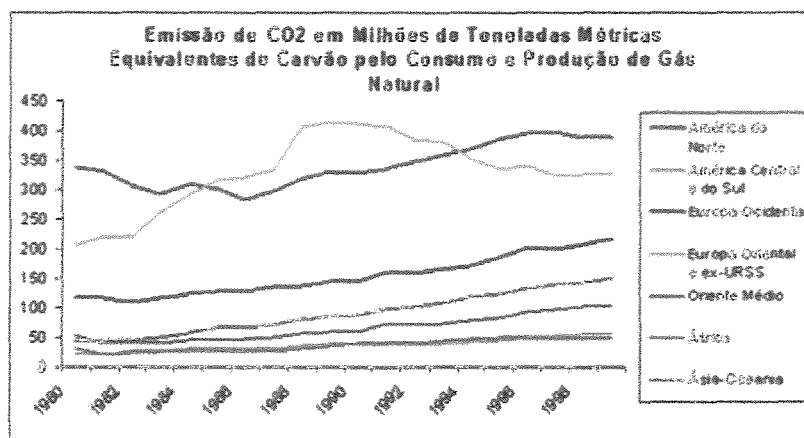


Figura 26 - Regiões Responsáveis pelas Emissões de CO

Fonte: www.gasnet.com.br/artigos - acessado 10/11/2001

O Protocolo de Kyoto (1997) – Convenção sobre Mudança Climática, evento realizado na cidade de Kyoto (Japão), que reuniu cerca de 10.000 delegados, observadores e jornalistas de todo mundo, cuja conferência culminou na decisão por consenso que visava a criação de um Protocolo segundo o qual os países industrializados reduziriam suas emissões combinadas de efeito estufa em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990 até o período de 2008 e 2012, pagando uma sobretaxa aos países não poluidores, beneficiando os países pobres na conservação de matas e florestas. Acontece que muitos desses países, liderados pelos Estados Unidos, até então não ratificaram esse protocolo, na qual a maioria dos beneficiados ratificou.

Ao contrário do que acontece nos países em desenvolvimento, a maior emissão de poluentes se dá através das indústrias e dos transportes, conforme MALCOOM & LOWE (2000), onde apontam que o setor residencial no Reino Unido (UK) tem maior participação na emissão de

poluentes como na maioria dos países frios, com inverno muito rigoroso, com 28% da emissão, as indústrias 27% e em seguida o transporte 25%, isto se justifica devido a necessidade de calefação e aquecimento de água nas residências.

3.4.2- Utilização residencial de gás combustível

Com relação à participação do gás natural como fonte de energia no uso residencial, verifica-se um aproveitamento inadequado do energético, principalmente nas regiões da Grande São Paulo, como mostra a Figura 27 da COMGÁS, se limitando apenas na cocção de alimentos, mesmo em regiões abastecidas por rede de distribuição de gás encanado (gás natural), negligenciando outras formas de utilização que poderiam ser aplicadas em outros tipos de aparelhos domésticos, como lareiras, geladeiras, saunas, sistemas de calefação, saunas, aquecimento de piscinas, etc.

Devido principalmente à falta de infraestrutura de gás encanado, o abastecimento de gás combustível no Brasil se faz quase que exclusivamente de gás liquefeito de petróleo (GLP), através de distribuidores que atendem a mais de 90% do território nacional, causando certo constrangimento ao pequeno e médio consumidor, pois a maioria desses equipamentos é instalada sem a verificação das condições mínimas de segurança e ventilação necessárias.

É justamente na reposição desses vasilhames, onde a troca na maioria das vezes é realizada pelo próprio usuário em ambientes confinados, geralmente dentro da cozinha, e em determinados casos dentro de armários onde se procura ocultar o vasilhame, deixando de verificar os cuidados necessários para se evitar algum tipo de vazamento, que é a principal causa dos riscos de acidentes com gás de cozinha.

Demonstra-se com isso que a causa dos preconceitos com o energético pelo usuário brasileiro está relacionada com incêndios ou explosões causadas muitas vezes por ele próprio devido a sua negligência. Inúmeras ocorrências de sinistro são relatadas pela mídia brasileira, que poderiam ser minimizadas através de melhoria no atendimento ao cliente, com um trabalho de

conscientização realizada pela distribuidora: auxiliando nas trocas de vasilhames e verificando as condições das instalações.

Já com os grandes consumidores: indústrias, comerciais, condomínios e serviços, possuidores de tanques estacionários de GLP o reabastecimento é feito através de caminhões tanques, onde a reposição do combustível fica a cargo da distribuidora que toma os devidos cuidados, diminuindo a ocorrência de acidentes.

Para o caso do gás encanado esse problema não ocorre, pois o usuário recebe o combustível no seu ponto de utilização, e em caso de qualquer anomalia, a concessionária se prontifica a detectar e corrigir o problema e conforme a autorização do cliente, oferecendo maior suporte e segurança ao usuário.

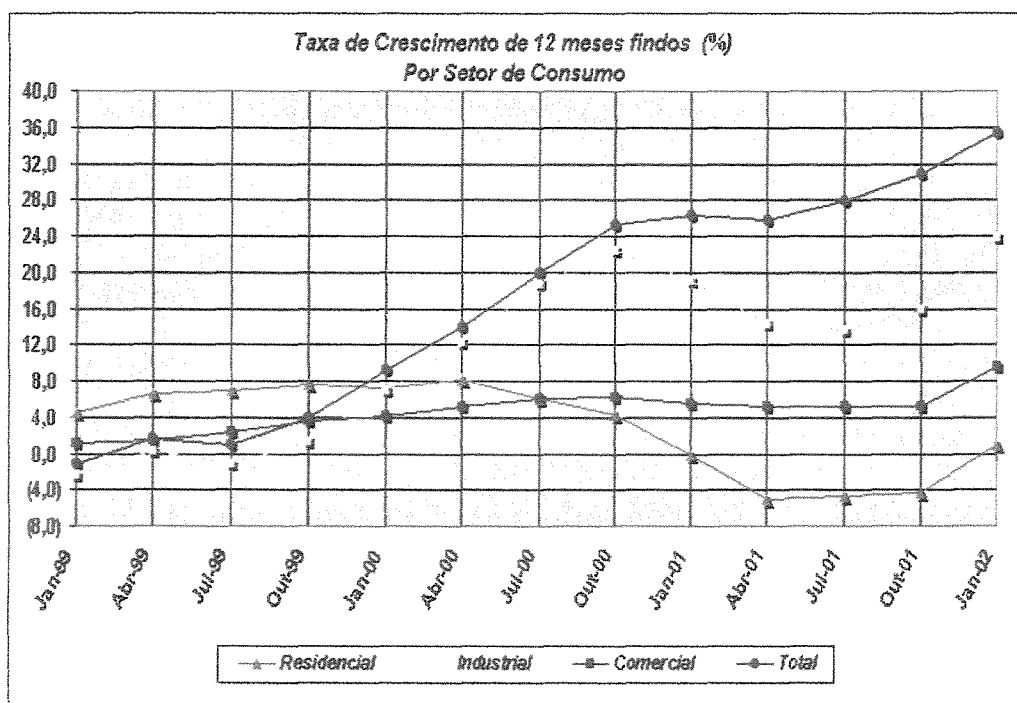


Figura 27 – Evolução do consumo de gás natural GN por segmento

Fonte : COMGÁS – www.energia.sp.gov.br/Merga.htm -acessado 28/01/2002

Após um levantamento realizado em São Paulo, segundo KISHINAMI & PERAZZA (1991), foi constatado que em cerca de 70% dos edifícios servidos pela rede pública, o gás natural ou de nafta era utilizado apenas para cocção, nos apartamentos. Com isso demonstra-se que existia um problema cultural na melhor utilização deste energético, em que os projetistas e construtores da época apenas se preocuparam em atender os pontos de cocção dos alimentos na maioria dos edifícios, deixando de atender o sistema de aquecimento de água para banho ou lavagem de louças.

Esse panorama não tem sido melhorado nos edifícios mais antigos até hoje, janeiro/2002, pois mesmo onde já se encontrava o sistema de gás encanado nem sempre se viabiliza a instalação de outros aparelhos, pois envolvem reformas indesejáveis e onerosas, causando transtornos ao usuário, dificultando a diversificação desse benefício, principalmente em apartamentos habitados e sem necessidade de reforma.

Nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, conforme legislação vigente, preocupada com a sobrecarga na rede elétrica e ampliação da rede de gás encanado, a aprovação dos projetos de construção ou reformas residenciais com mais de um banheiro com chuveiro elétrico, está atrelada à previsão de rede de gás canalizado GN ou GLP, com ponto(s) para aquecedores(s) ou outra forma de aquecimento, sendo proibida a instalação de botijões dentro das economias (moradias), atendendo aos critérios de segurança.

Estes exemplos deveriam ser seguidos por outras localidades, com uma legislação mais rigorosa na instalação residencial de energia elétrica, limitando a potência instalada em construções residenciais, obrigando o proprietário a buscar outra forma de aquecimento de água, visto que a maioria dos municípios sequer tem um plano diretor e uma fiscalização adequada para o cumprimento dessas diretrizes, assim como exigência da instalação dos botijões de gás em ambientes externos e arejados, com rede de alimentação até os pontos de consumo, como mostra a Figura 28, prevenindo-se riscos de acidentes.

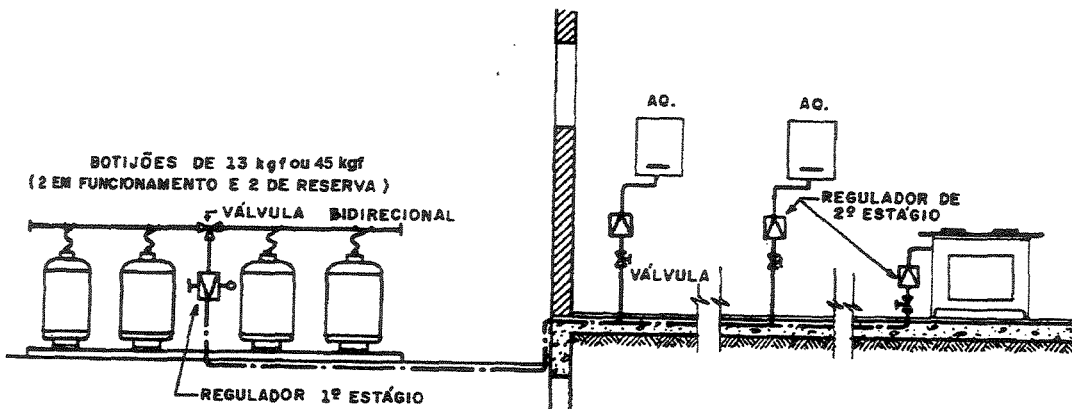


Figura 28 - Instalação de central de botijões externos

Fonte : Macintyre, A.J. Instalações Hidráulicas – Prediais e Industriais (1996)

Na cidade do Rio de Janeiro, onde a cultura do gás já se encontra bastante disseminada e incorporada à cultura carioca, segundo a concessionária CEG, possui cerca de 450.000 ligações, ainda existem cerca de 40% das instalações de gás natural domésticas que não possuem aquecimento a gás, mesmo tendo a permissão de instalação de chuveiro a gás no banheiro, através de um decreto do Governador do Estado do Rio de Janeiro, que vem sendo revogado desde 1972, onde lançou-se um programa de instalação de chuveiros a gás no valor de R\$ 150,00 para introdução desse benefício a classe menos favorecida.

Em São Paulo, com cerca de 350.000 ligações residenciais até maio de 2002, conforme a COMGÁS, a instalação do chuveiro a gás dentro do banheiro não é permitida, sendo aprovadas somente as instalações de aparelhos em locais que estejam em conformidade com a ABNT, a NBR 14570/00, NBR 13932/97 e NBR 13933/97 que tratam das instalações internas de uso alternativo de GLP, instalações internas de GLP e instalações internas de GN.

Cabe ressaltar que em estudos realizados em projetos de edifícios residenciais apresentados por KAWASSAKI, et al (1989), indicavam que a economia obtida no sistema predial de eletricidade com a eliminação dos pontos destinados ao aquecimento de água é suficiente para amortizar, parcial ou totalmente, os custos de instalação hidráulica de água quente com aquecedor a gás combustível, dependendo da tipologia, ainda maior que o subsídio oferecido

pelas concessionárias, antigas estatais de energia elétrica tendem a acabar, além de aumentar substancialmente suas tarifas repassando os custos.

Somente a partir da crise energética de 2001 conscientizando-se da real necessidade de mudança de hábito e de energético, procurou-se viabilizar outras formas de energia aumentando a oportunidade de introdução de outras fontes de energia, que têm contribuído com as concessionárias e fabricantes de equipamentos na ampliação de novos mercados de gás combustível nos setores residenciais, comerciais e industriais, facilitando sua maior penetração.

A partir deste fato a COMGÁS, concessionária e distribuidora de gás natural das regiões Metropolitana de São Paulo, Vale do Paraíba, Baixada Santista e Metropolitana de Campinas, em parceria com a Caixa Econômica Federal, criou uma linha de crédito especial com juros subsidiados para a aquisição e instalação de aquecedores a gás natural, inicialmente para moradores e proprietários de edifícios e residências abastecidas pela mesma, na Grande São Paulo.

Após a visita de um técnico credenciado aos interessados em viabilizar seu sistema de água quente, verificou-se que onde envolviam reformas e adequações, a implantação do sistema era inviável, devido ao alto custo da adequação, afastando o usuário deste benefício. Isso vem demonstrar que na época de sua construção muitos projetistas, construtores e proprietários ignoravam a utilização do gás combustível na higiene pessoal, deixando de executar a instalação de água quente e ponto de espera do aquecedor, por questões econômicas ou por não estarem devidamente familiarizados com o sistema de aquecimento de água a gás.

Fato semelhante ocorreu em período anterior quando a COMGÁS lançou o programa “ÁGUA QUENTE”, MELLONI (1996) quando a concessionária buscou a migração de potenciais consumidores na aquisição de aquecedores a gás natural, deparando-se com o mesmo problema, em que havia a instalação de gás natural no edifício residencial, nem sempre existiam condições de se instalar o equipamento, devido às interferências encontradas no apartamento, e nem todos os interessados se sujeitavam às reformas.

Contudo, para que haja uma maior utilização do gás combustível nos edifícios residenciais, aspectos importantes relacionados ao projeto e execução do sistema predial de gás combustível e outros insumos deverão ser objeto de estudos específicos, dentre os quais a estimativa de vazões de projeto, instalações de aquecimento, individual ou central única abastecendo todo o edifício.

Em estudos apresentados por PIEROBOM, et al (2001), sobre a instalação de sistemas de aquecimento de água em um prédio residencial de 84 apartamentos, no Município de São Paulo, com 3 banheiros e cozinha alimentados com água quente, constatou-se que o sistema de abastecimento de aquecimento de água, onde se empregou o aquecimento individual a gás combustível, houve uma economia de 23% em relação ao aquecimento elétrico de todos os pontos de água quente, com material e mão de obra, e quando aplicada ao abastecimento total através de uma central única do edifício com gás combustível, como na Figura 29 na qual se obteve uma economia de 70% na instalação e na mão de obra. Com relação ao custo de energia o gás combustível demonstrou ser mais econômico em 25%, contudo essa economia está vinculada à política de preços de energia elétrica e gás combustível, que está mais suscetível a variações internacionais e cambiais.

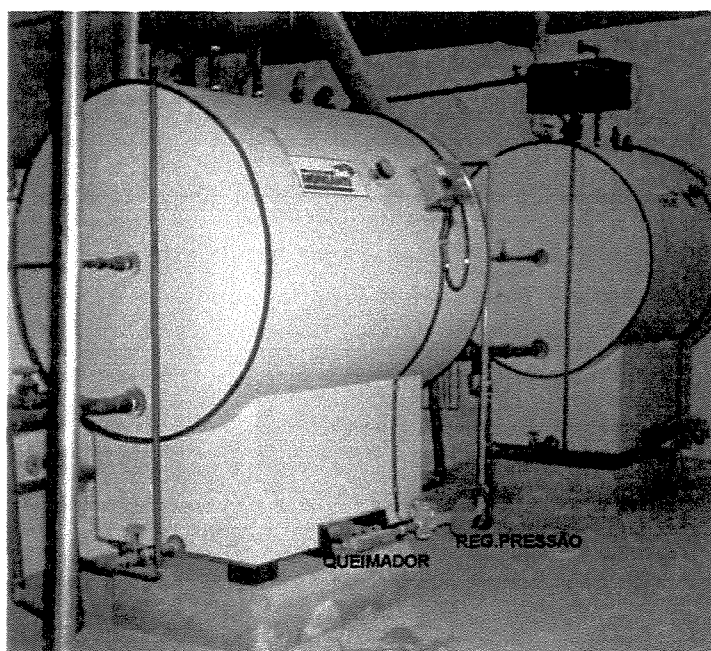


Figura 29 – Aquecimento Central (geradora de água quente), Hotel Ibiá –Indaiatuba-SP.

Outra opção interessante que vem sendo aplicada em alguns edifícios residenciais novos de alto padrão, em hotéis, *shopping centers*, é o sistema de rede única de água quente, abastecendo todo o edifício através de caldeira ou *boiler* central único conjugado com aquecedores de passagem instantâneos a gás e bomba de recirculação, permitindo o fornecimento total de água quente dentro do edifício, através de prumada própria juntamente com a prumada de água fria em que são instalados sistemas de medição remota para cada condômino, permitindo uma economia substancial na instalação, de material e de mão de obra, facilitando o monitoramento dos consumos, seja de água fria, água quente, gás combustível, etc., possibilitando um pagamento mais justo dos insumos onde cada usuário é responsável pelos seus consumos, onde até então esses valores eram rateados junto com as despesas de condomínio, como mostra a Figura 30.

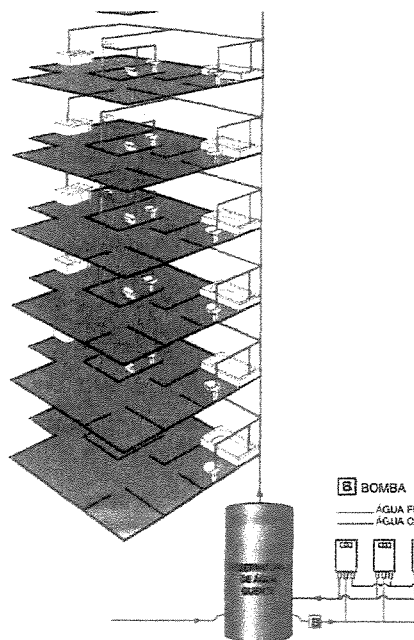


Figura 30 - Sistema de Aquecimento Central Conjugado Coletivo à Gás Combustível

Fonte: Catálogo: Aquecedores Rinnai (1997)

3.4.3 – Outras aplicações do gás natural

Cabe ressaltar que o gás natural além de ser aplicado em sistemas de geração de energia elétrica através de usinas termelétricas, possibilita a aplicação em sistemas isolados de cogeração, já bastante conhecidos e empregados pelos grandes complexos industriais, e através da rede de gás encanado vem facilitar sua introdução em indústrias de menor porte, e em diversos setores. Este sistema possibilita o aproveitamento em torno de 90% de energia consumida, como mostra a Figura 31, que nos sistemas convencionais o aproveitamento é na ordem de 30% a 40% na produção de energia elétrica.

Esse tipo de aplicação aproveita o rejeito do sistema de refrigeração e dos gases de exaustão para aquecimento de caldeiras e aquecedores de água quente, *chillers* de absorção para produção de água gelada e ar refrigerado, e possibilita a produção de certos insumos utilizados nas indústrias de bebidas e tecelagem aproveitada dos rejeitos dos gases de escape dos motores, e que muitas vezes pode gerar recursos extras com a venda de produção excedente quer seja da energia elétrica ou outros insumos.

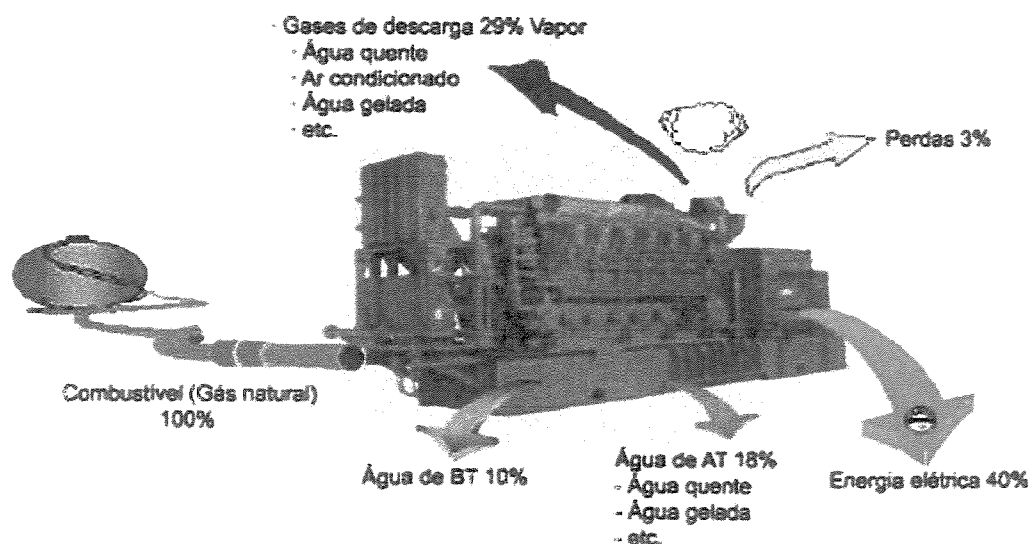


Figura 31 – Aplicação de sistema de cogeração com motores a gás combustível.

Fonte: Mariotoni, C.A, Gomazako, M.S (2002)

Essa forma de utilização já está sendo empregada em determinados setores da economia com grande eficiência como em alguns *shoppings centers*, hospitais, centros comerciais, indústrias de bebidas, hotéis, universidades, etc.

Na Tabela 3, pode-se ter uma noção da distribuição nacional de gás natural em diversos setores da economia brasileira, através das concessionárias de gás natural locais, onde podemos observar que apenas a COMGÁS, CEG, CEG Rio, distribuem gás natural para o setor residencial, e no setor comercial a Cegas, Potigás, Algas, CEG, CEG Rio, Comgás e a Compangás.

Um fato interessante observado na Tabela 3, com relação a MS Gás concessionária de distribuição de gás natural do Mato Grosso, mostra que a totalidade de sua distribuição, em fevereiro de 2002, está sendo aplicada na geração de energia elétrica, através de termelétrica recentemente inaugurada, que no segundo semestre de 2001 e início de 2002 sofreu sérios riscos de abastecimento devido à estiagem, aliviando seu sistema de energético.

Essa aplicação também está sendo realizada em outros estados, no qual se verifica uma preocupação dos órgãos governamentais e privados em diversificar as fontes de energia.

Outra preocupação observada pelas concessionárias é a distribuição de gás natural veicular em quase todos os estados que possuem gás natural, demonstrando grande confiança do setor para essa fatia de mercado.

Tabela 3 – Distribuição Brasileira de Gás Natural

Fonte: www.gasbrasil.com.br/mercado/gn - acessado 20/6/2002

Vendas de gás das distribuidoras por segmento em fevereiro/2002 (em mil m³/dia)							
UF	Empresas	Total	Industrial	Automotivo	Residencial	Comercial	Ger. de en. Elétrica e cogeração
CE	Cegás	323.3	158.9	96.4	0.0	6.9	64.1
RN	Potigás	185.8	99.6	84.1	0.0	0.1	2.0
PB	PBGás (1)	227.0	174.6	52.4	0.0	0.0	0.0
PE	Copergás (2)	739.3	556.5	170.0	0.0	0.0	12.8
AL	Algás	486.3	453.0	33.0	0.0	0.3	0.0
SE	Emsergás	170.9	140.9	30.0	0.0	0.0	0.0
BA	Bahiagás (3)	3.373.9	2.112.7	79.1	0.0	0.0	1.182.2
MG	Gasmig	1.135.7	677.0	180.9	0.0	0.0	277.8
MS	MS Gás	488.0	0.0	0.0	0.0	0.0	488.0
ES	Petrobras Dist.	1.037.4	978.4	58.9	0.0	0.0	0.0
RJ	CEG (4)	3.806.0	1.524.9	991.3	214.3	134.9	940.6
RJ	CEG Rio (5)	3.157.8	1.685.5	58.2	0.3	0.3	1.413.5
SP	Comgás (6)	7.717.9	5.582.1	417.9	207.1	185.7	1.325.0
PR	Compagás	378.6	353.9	23.7	0.0	0.2	0.8
SC	SCGás	735.1	729.1	6.0	0.0	0.0	0.0
RS	Sulgás	2.807.8	781.4	30.8	0.0	0.0	1.995.6
Total		26.773.8	16.008.5	2.132.7	421.8	328.4	7.702.5

Outro segmento do gás natural no Brasil, como em diversos países, é a aplicação como combustível automotivo no setor de transporte, em que já circulam em algumas cidades brasileiras uma frota estimada de 110.000 veículos movidos a gás natural, de transporte coletivo e de passageiros em diversos estados brasileiros como apresentado na Tabela 4, como no Rio de Janeiro, São Paulo, Belo Horizonte, Recife, Porto Alegre, Curitiba, Jundiaí, e em outras localidades, como já acontece em muitos países da Europa, EUA, Argentina, etc, que além de ecologicamente corretos, o nível de emissão de poluentes é bem menor se comparado a outros combustíveis fósseis, além de ser bem mais vantajoso ao usuário em relação ao preço da gasolina, permitindo uma economia considerável ao usuário de até 70%, substituindo a gasolina e o óleo diesel.

Neste seguimento o índice de aceitação é bastante elevado, mas a grande dificuldade encontrada pelos usuários se aplica a falta de opções na rede de abastecimento, limitada a um número restrito de postos. Para maior disseminação dessa cultura seria necessária a abertura de novos postos de abastecimento de gás natural, pois a conversão dos veículos é relativamente simples e segura, com a necessidade de instalação de um kit de conversão e tanque, tornando o veículo bicomcombustível. Este é o setor com maior índice de crescimento do Brasil devido a grande economia em relação ao preço da gasolina, como mostra a tabela da concessionária COMGÁS de São Paulo.

Tabela 4 – Distribuição Setorial da COMGÁS

Fonte : CSPE – www.energia.sp.gov.br/Merga.htm - acessado 15/02/2002

Participação dos Setores no Total (%)							
	Anos						
Discriminação	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Residencial	5,2	4,7	5,1	5,2	4,6	3,4	2,8
Industrial	89,5	90,7	89,3	86,8	87,1	74,6	72,5
Comercial	4,2	3,7	4,3	4,2	3,6	3,0	2,6
Automotivo	1,1	0,9	1,3	1,9	2,9	4,6	6,4
Cogeração	-	-	-	1,9	1,8	3,4	3,4
Termogeração	-	-	-	-	-	11,0	12,3
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Analisando-se a Tabela 4, nota-se uma aparente diminuição dos valores percentuais nos setores residenciais, industriais e comerciais, abastecidos pela COMGÁS, mas em termos reais, houve uma inserção de outros setores, na qual se verifica a participação dos seguimentos: automotivo, cogeração e termogeração, que até então não existiam nessa relação.

Acontece que durante o período de 2000 a 2001 houve um acréscimo de novos consumidores. No setor residencial de 15,2% no qual apenas no mês de janeiro de 2002 houve um acréscimo de 2.077 novos consumidores, com consumo médio mensal de 18,8 m³ de GN, o consumo industrial teve um aumento de 35,8% em relação ao mês anterior, o comercial com 20,5%, e um segmento que teve um aumento excepcional foi o automotivo, desde 1998, sendo que apenas no mês de janeiro de 2002, teve uma taxa de crescimento de 92,3%, participando com 6,4% do total, com consumo de 12.964 mil m³ de GN, havendo um incremento de 6.223 m³ em relação ao mês do ano anterior, conforme dados apresentados pela COMGÁS (2002).

Fatores como o aumento da demanda de energia são importantes ao desenvolvimento do país. A necessidade de uma grande eficiência energética de qualquer fonte considerada num cenário de alta competitividade global, além das pressões de ambientalistas, faz do gás natural uma fonte de desenvolvimento sustentável, durante os próximos 30 anos, na qual já deverão ter sido desenvolvidos outros sistemas energéticos comercialmente viáveis.

Importantes estudos estão sendo desenvolvidos pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Petrobrás na aplicação de gás natural com o objetivo de aumentar sua participação na matriz energética do país. Entre diversos equipamentos estão as microturbinas e as células combustível, que geram baixíssimos níveis de emissões de poluentes na atmosfera.

As microturbinas, apresentadas na Figura 32, começaram a ser desenvolvidas nos Estados Unidos em 1990, oferecendo duas grandes vantagens: a baixa emissão de poluentes e baixa manutenção se comparadas com motores a gás, além de serem compactas e de fácil operação. Elas são perfeitamente viáveis na aplicação de geração distribuída (GD), onde a energia é produzida em pequena escala próximo ao consumidor, eliminando a necessidade de linhas de transmissão e distribuição, além da possibilidade de produção de água quente ou água

gelada por meio de equipamento de absorção, com aproveitamento de até 90% da energia contida no gás natural.

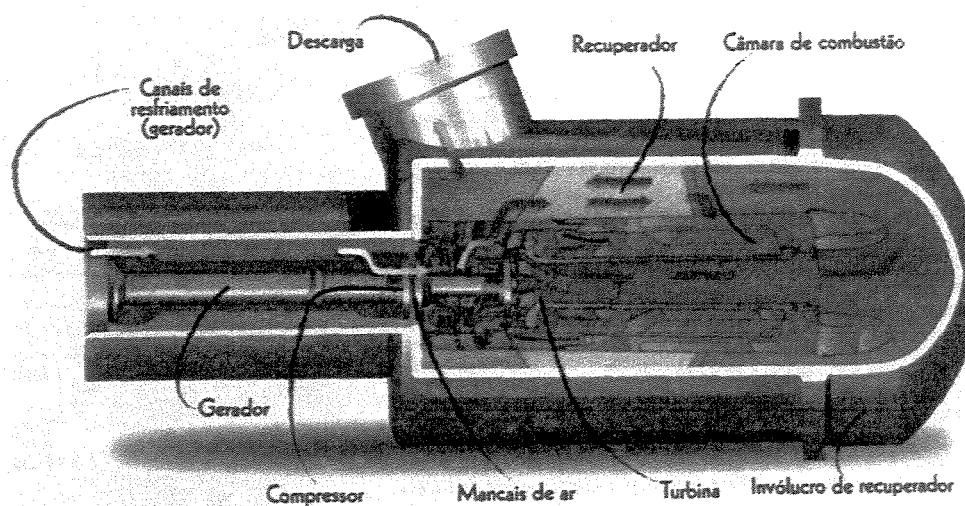


Figura 32 – Microturbina à gás combustível

Fonte: Revista Super Interessante n°178- julho/02

Apud: Petrobrás

A partir do protocolo de Kyoto (1977), no Japão, foram estabelecidas metas de redução de poluição ambiental aos níveis de 1990, o que fez com que se desenvolvessem novos equipamentos com emissões reduzidas e isso tem contribuído para o aperfeiçoamento da célula a combustível nos últimos anos.

As células a combustível, como mostra a Figura 33 que funcionam como baterias, convertendo a energia química das reações de oxidação de um combustível e de redução de um oxidante em energia elétrica (corrente contínua) e calor. O gás combustível reage com o oxigênio do ar para produzir água (que é descartada) e eletricidade.

As aplicações da célula a combustível são fonte de energia para motores elétricos em veículos e produção de energia elétrica em aplicações estacionárias, porém sua eficiência na produção de energia elétrica é da ordem de 40% a 55%, com melhores rendimentos em ciclos combinados podendo atingir 70%.

Contudo essas duas últimas tecnologias estão em processo de desenvolvimento e pesquisa, onde atualmente o custo do quilowatt é ainda muito elevado, cerca de 900 dólares para a microturbina tornando-se viável a partir de 400 dólares, e cerca de 3000 a 4000 dólares por quilowatt, e tornando viável a partir de 100 dólares. Portanto atualmente são inviáveis economicamente suas aplicações do ponto de vista comercial, onde a partir do aperfeiçoamento de novas tecnologias, materiais e componentes, associados a produção em larga escala, esse custo tende a diminuir rapidamente e se tornar viável em determinadas aplicações.

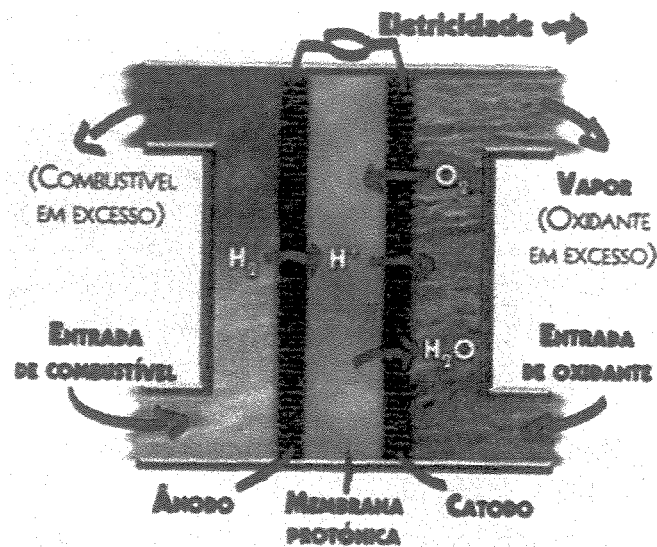


Figura 32 – Célula a combustível

Fonte: Revista Super Interessante nº 178 – julho/02

Apud: Petrobrás

3.5 – Sistema de Distribuição Predial de Gás Combustível

Os sistemas prediais de gás, independentes do tipo, objetivam levar o combustível do ponto de armazenamento ou da rede pública até o aparelho de utilização na pressão e vazão requeridas ao seu funcionamento. Coexistem hoje, em determinadas cidades brasileiras, três tipos de gases: gás natural GN, gás liquefeito de petróleo GLP e gás de nafta (atualmente extinto em São Paulo), e em determinadas situações o GLP com sistema de Ar Propanado (injeção de ar atmosférico no gás liquefeito de petróleo em quantidade pré-determinada dando as características do gás natural, aproximando-se o seu poder calorífico, em função do poder calorífico diferenciado do GN e do GLP, as vazões terão valores distintos).

3.5.1 – Instalações Prediais de Distribuição de GLP (NBR 13932/97)

O GLP – gás liquefeito de petróleo – é um derivado de petróleo obtido através de refino que pode ser separado das frações mais leves do petróleo ou das mais pesadas de gás natural. À pressão atmosférica e temperatura normalmente encontrados no ambiente, é um produto gasoso, inflamável, inodoro e asfixiante, quando aspirado em altas concentrações.

Para que os vazamentos de gás sejam detectados facilmente pelo ser humano, odorizantes especiais compostos de enxofre são adicionados ao combustível, causando um odor característico sem lhe atribuir características corrosivas.

O GLP consumido no país provém em sua maioria do refino do petróleo. O petróleo é basicamente uma mistura de hidrocarbonetos, compostos formados por átomos de carbono e hidrogênio. O processo de refinação do petróleo consiste em separar estas misturas em faixas delimitadas onde certas características podem ser associadas aos produtos obtidos.

À temperatura ambiente, submetido à pressão na faixa de 3 a 15 kgf/cm², o GLP se transforma na forma líquida, de onde deriva sua denominação, possibilitando o maior volume de gás dentro dos vasilhames, facilitando a estocagem e armazenamento, que é distribuído aos

consumidores e são entregues pressurizados com gás no estado líquido, sendo por esta razão denominados também de “gás liquefeito de petróleo” ou gás de botijão. Os recipientes ou vasilhames recebem denominações diferenciadas de acordo com a sua capacidade.

Tabela 5 – Vasilhames transportáveis

Denominação Comercial	Peso do gás no recipiente (kg)
Botijão	13
Cilindro	45
Carrapeta	90

Os recipientes são preenchidos até 80% do seu volume total para permitir a vaporização do gás e a sua saída do recipiente. A pressão interna média no interior do recipiente é de 446 kPa (65 psi), pode variar em função da temperatura do ar ambiente ULTRAGÁS (1975).

Tabela 6 -Variação de Pressão no Interior do recipiente de GLP

Temperatura °C	Pressão kPa (psi)
0	192 (28)
10	316 (28)
20	446 (65)
30	617 (90)

Para cada dez graus de variação na temperatura do ar ambiente, ocorre um variação de pressão no interior do cilindro da ordem de 30%. A redução de pressão é mais grave em regiões frias localizadas na região sul do país, principalmente no inverno.

Ao contrário do que ocorre com o gás natural, onde a pressão de fornecimento é praticamente constante e é fornecida na forma gasosa, a pressão de fornecimento de GLP é variável em função da temperatura ambiente e do próprio esvaziamento do cilindro, além da necessidade de passar de estado líquido a estado gasoso no momento de sua utilização.

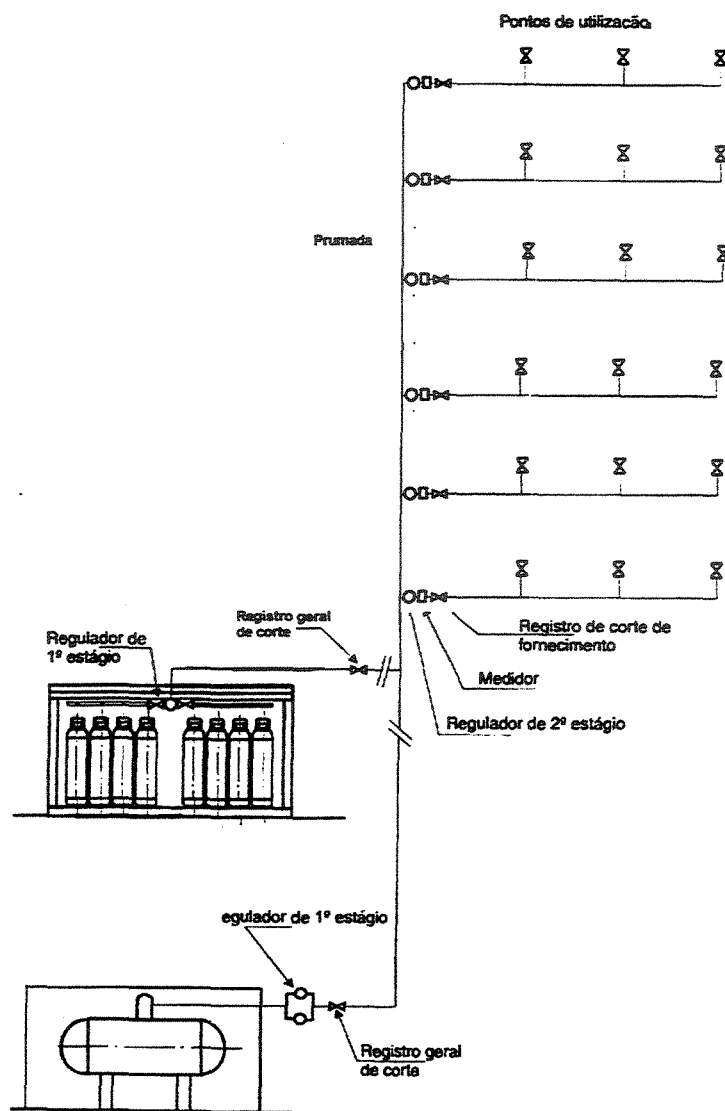


Figura 34 –Sistema predial de gás combustível (GLP) com medição individualizada.

Fonte: NBR 13933/1997

A reposição do GLP para consumo é realizada através da troca de um recipiente cheio por um vazio, em geral para pequenos e médios consumidores, ou através de reposição direta do gás em centrais estacionárias, para grandes consumidores, tais como indústrias, hospitais, condomínios de apartamentos e residências, além de outros. Estas centrais tem capacidade acima de 2000 l e são pressurizadas a 446 (65 psi).

3.5.2 – Instalações Prediais de Distribuição de Gás Natural (NBR 13933/97)

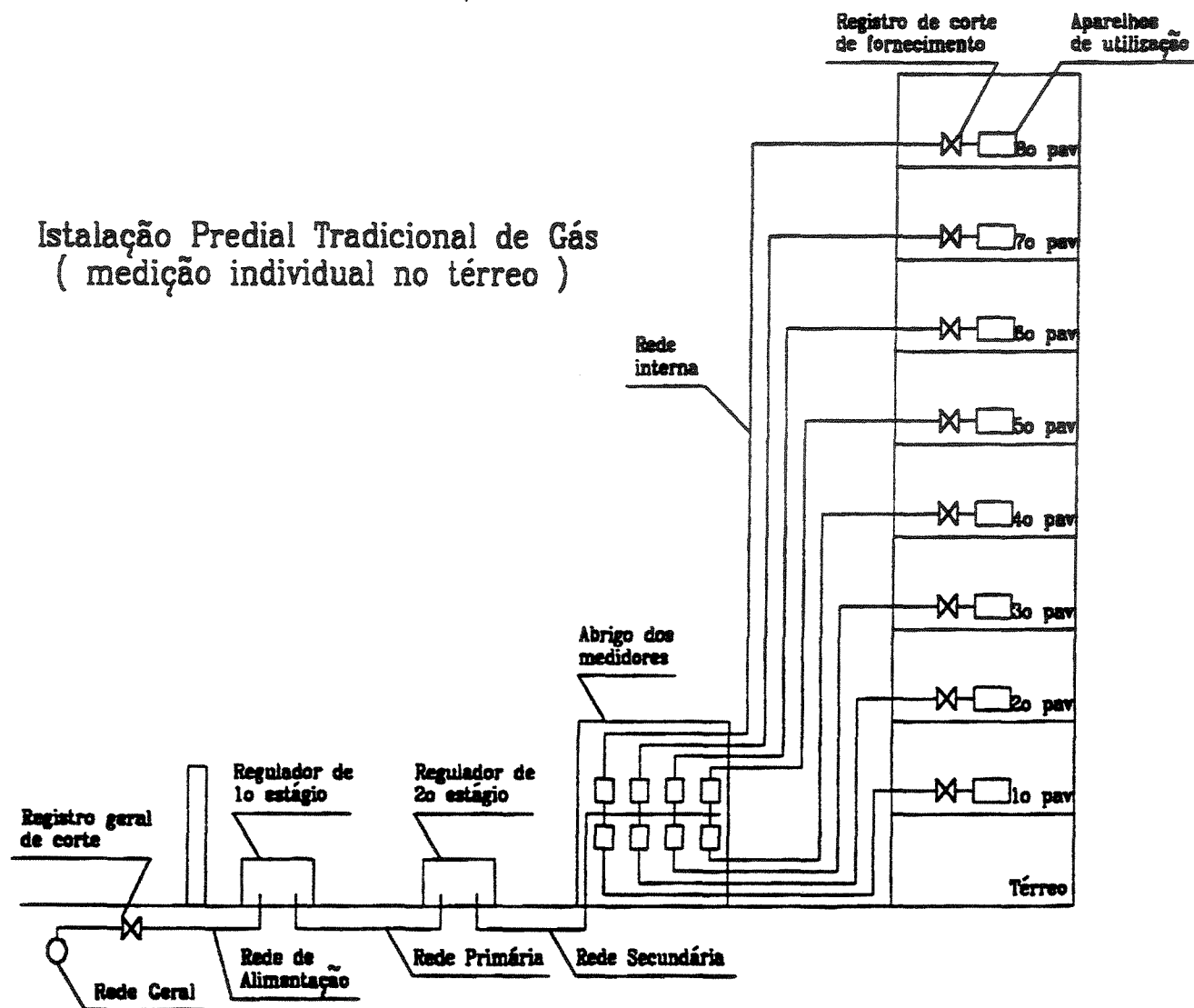


Figura 35 – Sistema de gás combustível (GN) com medição individualizada no térreo.

Fonte: Gonsalves, O. M et al – Texto Técnico – Escola Politécnica da USP

O abastecimento da edificação é realizado por derivação da rede geral da concessionária, como mostra a Figura 35. Na rede de alimentação junto ao alinhamento do imóvel é colocado o registro geral de corte, que é operado apenas por técnicos da concessionária em caso de corte, troca de equipamentos (reguladores, medidores, etc.) ou em caso de incêndios. Ainda junto com o alinhamento, no interior do terreno, é colocado o regulador de primeiro

estágio, que reduz a pressão antes da entrada do gás no ramal interno, para um valor de, no máximo, 392 kPa (4 kgf/cm²).

Os medidores de consumo de gás são geralmente instalados na parte térrea dos edifícios ou residências protegidos por abrigos com dimensões normalizadas pela Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP), ou nos andares dos edifícios junto dos apartamentos. O tipo e a capacidade do medidor a ser instalado, depende do número e consumo dos aparelhos de utilização ligada à rede interna.

A grande maioria dos edifícios residenciais tem sistema de medição individualizada, instalado no andar térreo, que representa cerca de 80% dos edifícios residenciais, conforme figura 35, e 20% é com medição coletiva instalada no térreo (apenas um medidor) e as medições individualizadas nos andares.

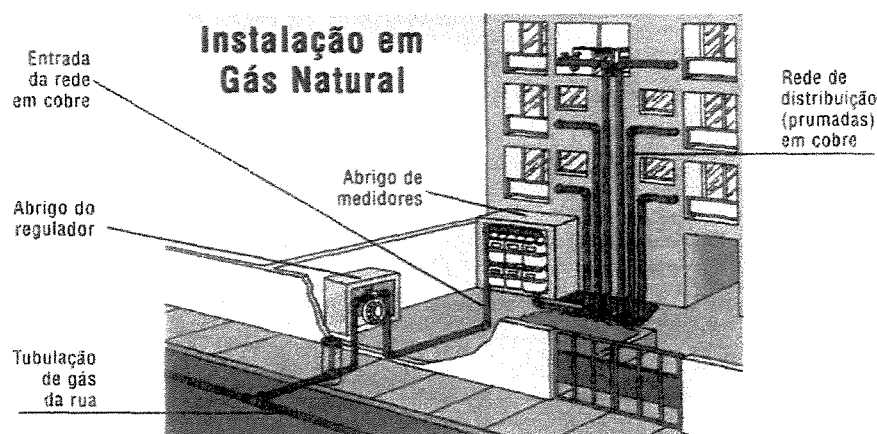


Figura 36 – Prumada de distribuição com medidores no térreo (Fonte: Procobre)

A medição individualizada no térreo implica na necessidade de um feixe de tubulações, cada um alimentando um consumidor, dentro de shafts e tubos-luva com ventilação permanente em edifícios. Em caso de reforma essa tubulação geralmente é instalada de forma aparente de maneira a facilitar a manutenção, geralmente numa face interna do prédio. A rede

interna geralmente é embutida até o ponto de utilização. Antes da entrada da tubulação no apartamento é colocado um registro de corte de gás.

No caso de uma instalação predial ser projetada para utilização de GLP, é provável que as tubulações sejam suficientes para conduzir o GN ao aparelho de utilização, havendo assim apenas a necessidade de troca de injetores e recalibração dos equipamentos para funcionamento normal, que devido a sua menor densidade favorece a condução a níveis mais elevados. Ao contrário do que acontece na situação inversa, a instalação projetada para usar GN não poderá ser utilizada pelo GLP, apenas com a troca dos injetores de gás nos aparelhos, mas atualmente os critérios a ser seguidos estão estabelecidos pela norma NBR 14570/00 - Instalação interna para o uso alternativo dos gases GN e GLP - Projeto e Execução.

3.5.3 – Requisitos Gerais do Sistema de Gás Combustível

Para que as instalações do sistema de gás combustíveis sejam confiáveis e seguras, deve-se procurar obedecer aos procedimentos prescritos nas Normas: **NBR 13933/97**- Instalações internas de gás natural (GN) – Projeto e Execução; **NBR 13932/97** - Instalações internas de gás liquefeito de petróleo (GLP) – Projeto e Execução e **NBR 14570/00** - Instalações internas para uso alternativo dos gases GN e GLP – Projeto e Execução, onde estão estabelecidos os critérios de projeto, dimensionamento e execução das instalações, assim como os cuidados e ensaios preliminares da rede de gás combustível, das quais destaca-se alguns itens importantes apresentadas nos anexos.

3.6-Contaminação por bactérias

Nos aparelhos de aquecimento de água de acumulação (*boiler*), sejam elétricos, solar ou a gás combustível, pode ocorrer o aparecimento de uma contaminação causada por uma bactéria denominada *Legionella pneumophilla*, que encontra na água com temperaturas variando de 25°C a 45°C um ambiente propício para sua proliferação, não ocorrem em temperaturas acima de 60°C, e nesse tipo de aquecedor a regulação permitida é em torno de 70°C.

Isto não elimina a chance de que outros tipos de aquecimento de água tenham esse tipo de bactéria, pois ela pode estar presente em águas com temperaturas em torno de 25°C, nos lagos, rios, estações de tratamento de água e redes de distribuição, caixas d'água e em países tropicais são facilmente encontrada águas nessa faixa de temperatura (www.iespana.es/veteri/saude.htm -acessado 16/10/2001), e nos aparelhos de aquecimento de passagem dificilmente ultrapassam temperaturas de 60°C, onde a temperatura média de banho é de 38 °C.

Essa bactéria foi encontrada pela primeira vez em 1976, na Filadélfia num grupo de legionários que estavam em tratamento médico, de acordo com o pneumologista Dr. CARDOSO, como também ocorreram casos dessa enfermidade no Canadá, França, Itália e Espanha e outros.

Os sintomas da doença causados pela *Legionella pneumophilla* são variados: complicações respiratórias, febre alta, dor em todo corpo, falta de ar, tosse excessiva, confusão mental, fortes dores de cabeça, e em casos mais graves a bactéria pode afetar os rins, onde o paciente pode urinar sangue e pode provocar até a morte.

Essa bactéria é transmitida pela inalação do ar contaminado, onde se encontram nos banhos o vapor e a umidade, suas condições ideais, como também já foram encontradas em dutos de ar condicionado, que foi a causa de contaminação e morte do então Ministro das Comunicações, Sérgio Motta, do primeiro governo de Fernando Henrique Cardoso, que foi encontrada essa bactéria em seu pulmão, vítima de contaminação hospitalar, conforme LINDNER (1998).

4- Materiais e Métodos

Considerando-se como retratação dos sistemas de aquecimento de água residencial da maioria da população brasileira, verificada numa amostragem de 165 questionários distribuídos entre alunos e servidores (docentes e administrativos) do CEFET - São Paulo, Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo, buscou-se analisar principalmente os tipos de aparelhos de aquecimento de água em suas residências, assim como seus hábitos na higienização corporal.

Constatou-se que a grande maioria dessa comunidade se utiliza do chuveiro elétrico (92%) como principal elemento de aquecimento de água para banho, conforme demonstra a Figura 37, sendo o restante subdivididos em: 1% de energia solar, 1% de aquecimento central a gás combustível, 4% aquecimento de passagem elétrico ou gás, e 2% aquecimento central elétrico, confirmando os dados apresentados anteriormente.

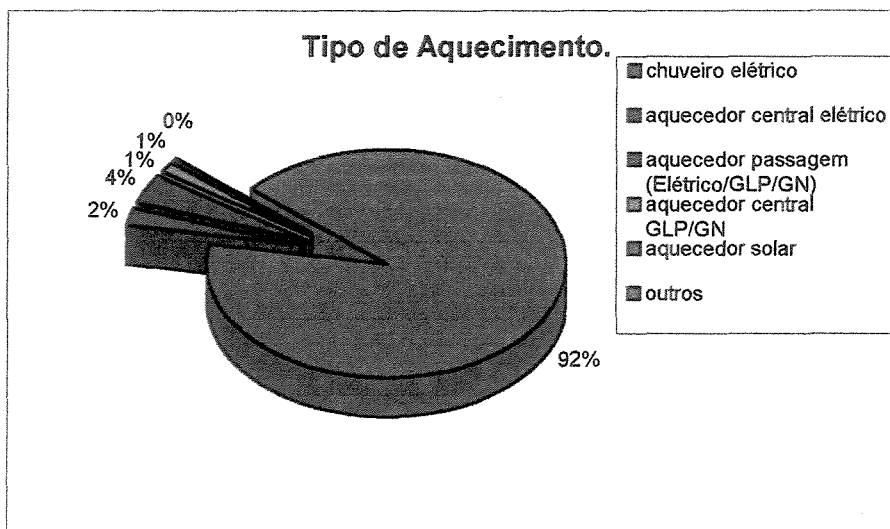


Figura 37 - Tipos de Aparelhos de Aquecimento de Água- CEFET/SP

Com o interesse de levantar as reais qualidades oferecidas por cada tipo de aparelho de aquecimento de água, partiu-se para a montagem e análise de alguns desses equipamentos de aquecimento de água residenciais, no laboratório do Centro de Educação Tecnológica de São Paulo – CEFET/SP, onde foram verificadas as vazões, os consumos de energia (elétrica e gás

combustível), as temperaturas, os custos dos equipamentos e operações do sistema, seguindo as recomendações dos fabricantes.

Os equipamentos a serem avaliados foram:

- Dois modelos de Chuveiros Elétricos;
- Dois modelos de Aquecedores de Passagem Centrais Elétricos;
- Dois modelos de Aquecedores de Passagem Centrais a Gás GLP;
- Dois modelos de Aquecedores de Acumulação, um Elétrico e outro a Gás.

Procurou-se direcionar as avaliações, em segmentos de destino dos aparelhos, pois cada um possui características distintas, cuja preocupação é o atendimento de determinada classe de usuários, onde o conhecimento e o poder aquisitivo são determinantes numa escolha bem sucedida.

Um exemplo disso é que o comprador de chuveiro elétrico “popular” está preocupado apenas com preço final do produto, enquanto que o comprador de chuveiro eletrônico está mais preocupado com o conforto procurando se aproximar de uma ducha, com isso procurou-se avaliar a vazão com relação à temperatura proporcionada, além do aspecto econômico.

Com relação aos aquecedores instantâneos de passagem, elétricos e gás combustível, a necessidade dos usuários é o abastecimento de mais de um ponto de água quente no(s) banheiro(s) e (ou) na cozinha utilizando-se de um ou mais aparelhos. Nesses modelos procurou-se avaliar além do aspecto econômico, os volumes de água com relação à temperatura proporcionada por cada aparelho.

Já os usuários de sistema de aquecimento central de acumulação, sejam elétricos, a gás combustível ou solar, estão preocupados em disponibilizar água quente em vários pontos do(s) banheiro(s) e cozinha com um único equipamento, através de rede de água quente, onde se procurou avaliar a quantidade de banhos quentes proporcionados com relação ao volume acumulado.

Outra preocupação do presente estudo, foi a avaliação dos sistemas individualizados, já que para o projetista, empreendedor ou construtor, cujo objetivo na entrega do apartamento ou residência, consiste em deixar os imóveis com determinadas características nas instalações elétricas e hidráulicas, sem influenciar diretamente na escolha do equipamento e acabamentos, estabelecendo determinados parâmetros, cabendo ao usuário a responsabilidade de sua opção, instalação e manutenção, sem prejuízo dos demais moradores.

4.1 – Sistema de coleta de dados

A partir da análise dos dados fornecidos por fabricantes dos equipamentos instalados, foram analisados os dados coletados no laboratório a partir da observação dos consumos de energia elétrica ou gás GLP, como também os rendimentos em relação ao volume, vazão e temperatura de água quente, com o auxílio de instrumentação de medição pertinente.

O sistema de coleta de dados consiste nos seguintes equipamentos (Figuras 38 a 44):

- Hidrômetros nas tubulações (cobre) de água fria e na água quente, para monitoramento de vazões;
- Termômetros analógicos bimetálicos instalados na entrada de água fria que abastece o laboratório, na saída dos aparelhos e também no ponto de utilização, ou seja, na ducha;
- Termômetro de bulbo e termômetro digital diretamente na água na saída do chuveiro;
- Manômetros de Bourbon para observação das perdas de carga em cada aparelho e no trecho considerado, do aparelho ao ponto de chuveiro;
- Medidor de gás combustível, do tipo diafragma;
- Alicates amperímetro;
- Medidor de energia elétrica.

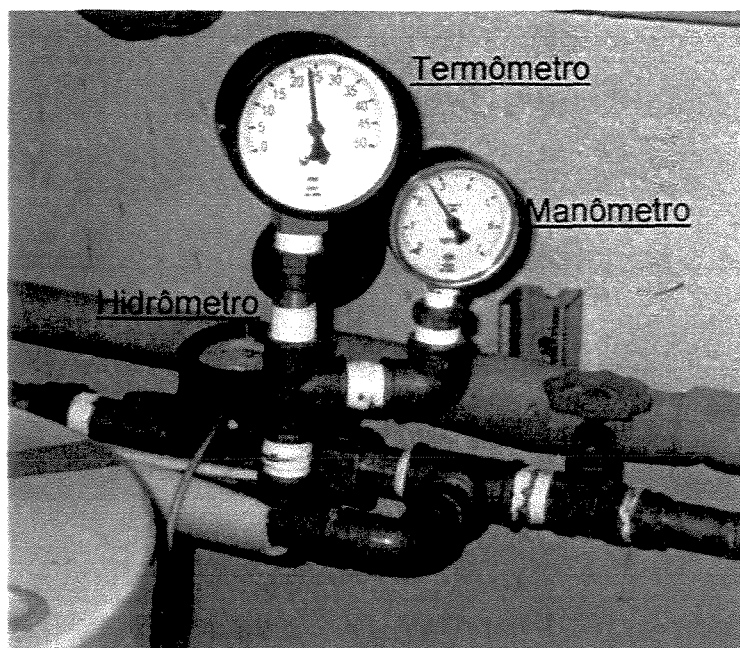


Figura 38. Aparelhos de medição

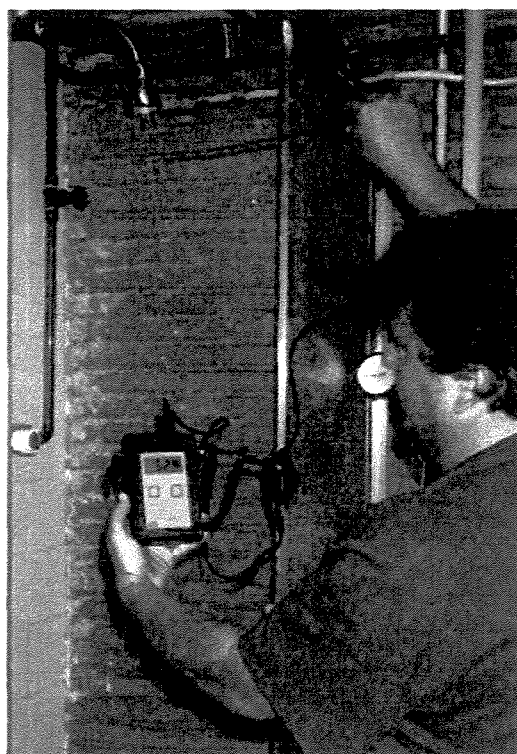


Figura 39 – Termômetro digital com haste bimetálica

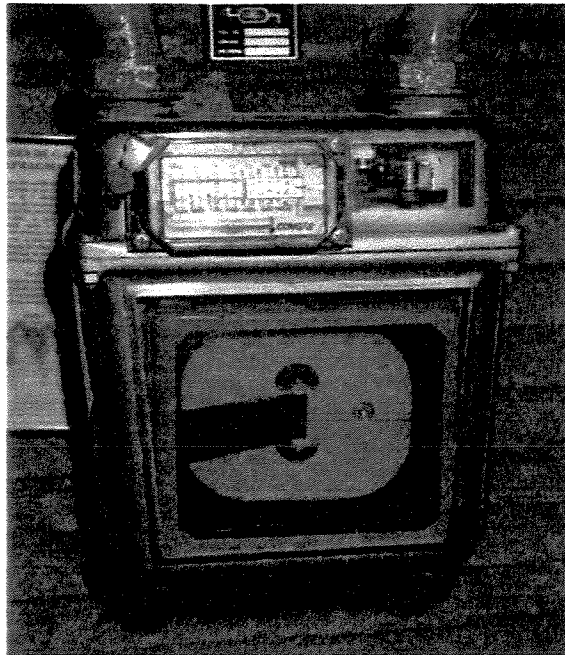


Figura 40 - Medidor de gás tipo diafragma



Figura 41 - Misturador e ducha

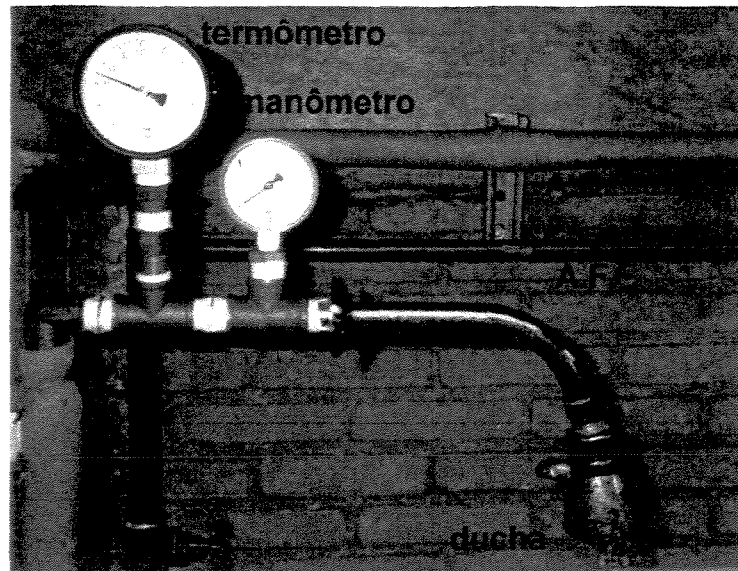


Figura 42- Ponto de ducha

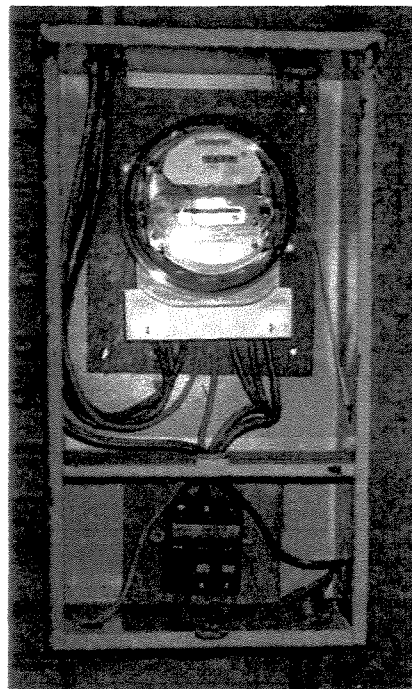


Figura 43 – Medidor de Energia Elétrica Trifásico

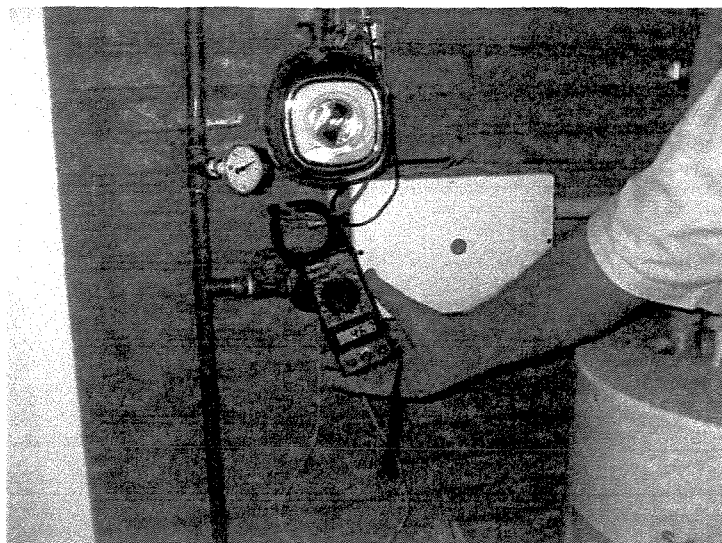


Figura 44 – Alicate Amperímetro Digital

Cabe salientar que sob determinadas condições a dificuldade de leitura dos dados são passíveis de erro, visto que para o caso do medidor de gás combustível, a leitura do contador (hodômetro) com escala de milésimos de m^3 , se fez em movimento observando o mostrador e o cronômetro simultaneamente.

No hidrômetro, cuja escala apresentada pelo mostrador é de décimos de m^3 no hodômetro principal com dois mostradores menores (relógios), com indicação em litros e em décimos de litros, a dificuldade na leitura também foi considerável, pois em determinadas vazões o sincronismo da visão com o acionamento simultâneo do cronômetro era quase impossível, devido a velocidade dos mostradores.

Assim como no amperímetro digital, com precisão de décimos de Ampère, onde a corrente na rede era alternada, o que causa oscilações constantes no mostrador em que se procurou anotar a média dessa corrente elétrica.

Já no medidor geral de energia elétrica, utilizada apenas no aquecedor central elétrico, não houve tanta dificuldade, a escala do seu mostrador é em décimos de kWh, e o

aparelho possuía um termostato que desligava o aparelho assim que chegasse a temperatura determinada.

4.2 – Descrição dos aparelhos

Os aparelhos residenciais de aquecimento de água apresentados, são aparelhos que utilizam como insumo energético basicamente a energia elétrica e gás combustível (GN ou GLP), que são encontrados facilmente em nosso mercado, cujas características técnicas e instalações serão descritas de uma forma superficial, visto que alguns desses aparelhos apresentam características bastante complexas.

4.2.1 – Aquecedores elétricos

Os aquecedores elétricos instantâneos são aparelhos de aquecimento de água individuais de funcionamento relativamente simples, onde a eletricidade é acionada por um diafragma de borracha através do fluxo de água, e transferindo a energia elétrica em energia térmica gerada através da resistência elétrica, onde possui alta capacidade de transferência de calor, ou seja, alto rendimento com cerca de 90%, mas com baixa eficácia devido ao baixo poder calorífico de 864 kcal/kWh proporcionado pela energia elétrica.

Os aparelhos elétricos residenciais de aquecimento de água constituem basicamente de chuveiros, aquecedores instantâneos de passagem (figura 44) e aquecedores de acumulação (sistema central privado), que podem ser horizontais ou verticais. Esses aparelhos são equipamentos elétricos selados, onde seu processo de transformação se faz internamente, sem contato com o meio externo, não emitindo gases tóxicos no ambiente, podendo ser instalados diretamente no ponto de utilização ou em outro ponto sem restrições a ambientes confinados, exigindo um circuito exclusivo para sua alimentação com fiação adequada, devidamente aterrada, quando com resistência blindada um dispositivo diferencial residual DR.

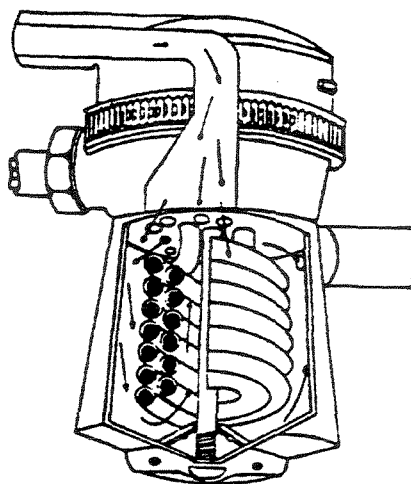


Figura 45 – Sistema individual de aquecimento – aquecedor elétrico

Fonte : Gonçalves, O. M et al – Texto Técnico -Escola Politécnica da USP

4.2.1.1 – Chuveiro elétrico

Trata-se de um equipamento de aquecimento instantâneo com pequenas dimensões, com envoltório de metal ou plástico, sendo encontrado praticamente em todo território nacional, com variedade de modelos e fabricantes. Possui uma resistência elétrica interna, que em alguns casos é blindada e é alimentada por dois fios fase e um fio terra (na maioria), ou um fio fase, um fio neutro e um fio terra, que muitos usuários ignoram desconsiderando a sua existência e real importância, e nem sempre é conectado ao fio devidamente aterrado, comprometendo sua própria segurança e com isso maximizando o risco de choque elétrico.

Geralmente, na parte superior ou frontal, possui uma chave seletora com duas, três ou mais posições que possibilitam a regulação de temperatura da água através da resistência elétrica.

A operação do chuveiro elétrico é bastante simples. Quando a válvula é aberta, um diafragma aciona automaticamente a resistência elétrica, a água na temperatura ambiente é imediatamente aquecida durante o contato com essa resistência, aumentando em torno de 17°C

essa temperatura com fluxo aproximado de 3,0 l/min, dependendo da temperatura que se encontra a água.

Outra vantagem importante sobre os outros sistemas é a possibilidade de instalação em prédios de apartamentos e residências onde existe apenas coluna de água fria, sem necessidade de tubulações de água quente, alimentado apenas pela caixa d'água superior ou, em alguns casos, ligados diretamente na rede pública, com a intenção de obter maior pressão.

4.2.1.2 – Aquecedor de Passagem Central Elétrico

Aquecedores centrais de passagem elétricos instantâneos são aparelhos que podem atender todos os pontos de utilização do ambiente, geralmente em banheiros alimentando chuveiro, banheira, lavatório e bidê, e cozinhas alimentando a pia, porém individualmente com limitação de vazão, onde possuem elevadas potências para atender a necessidade de vazão e uma certa tecnologia aplicada e resistências blindadas, com potenciômetros (variadores de potência) no próprio aparelho permitindo uma regulação gradual de acordo com a temperatura desejada ou num painel com comando digital, onde a temperatura é monitorada através de dial.

Devido a essas características são equipamentos que exigem um melhor sistema de alimentação do circuito elétrico, rede de água quente com tubulações distintas especiais (cobre, cpvc, pex) com isolamento térmico a partir do aparelho. Além desses fatores que contribuem para a elevação do custo na instalação, o equipamento e os acessórios envolvidos contribuem ainda mais na elevação do custo de implantação, como mostra a Figura 46, como misturadores de lavatório, de bidê e ducha cujos preços superam o custo do próprio equipamento.

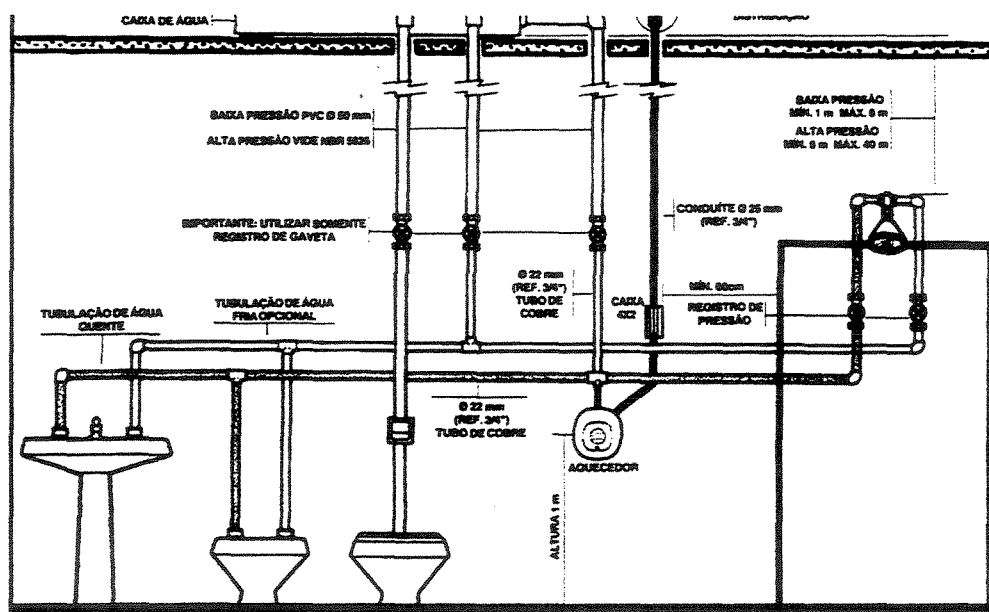


Figura 46 - Esquema de instalação de aquecedor de passagem elétrico

Fonte: Manual de Instalação Cardal

Neste tipo de instalação a possibilidade de troca do equipamento elétrico pelo equipamento a gás combustível já se torna viável, com vantagens ao usuário, pois permitem a alimentação de mais de um ponto simultâneo com maior vazão que o chuveiro elétrico, apenas com algumas adaptações na alimentação do aquecedor à rede de água quente do ambiente molhado, e na alimentação do gás ao aquecedor deve-se observar os cuidados com a ventilação adequada do ambiente onde será instalado o aparelho.

4.2.1.3 – Aquecedor Central Elétrico de Acumulação (boiler)

São aparelhos onde a água a ser aquecida fica acumulada em um reservatório termicamente fechado, onde geralmente existe uma resistência blindada de menor potência, bem abaixo dos aquecedores instantâneos, e um termostato que permite o monitoramento da temperatura desejada, sempre que diminuir a temperatura dentro do recipiente de acordo com o consumo, o termostato aciona a resistência que entra em operação até atingir a temperatura pré-estabelecida, como mostra a Figura 47.

Com esse tipo de equipamento é possível atender a vários pontos de consumo, com possibilidade de utilização de mais de um ponto simultaneamente, permitindo uma vazão constante com mesma temperatura, porém com limitação de volume de água quente que varia de acordo com a capacidade do reservatório, e a resistência que determina o poder de recuperação do calor. Essa vantagem é determinada pelo volume de água armazenada no aparelho, pois em função do consumo de água quente haverá entrada de água fria, onde o gradiente da temperatura interna faz com que a resistência entre em operação assim que a temperatura diminua.

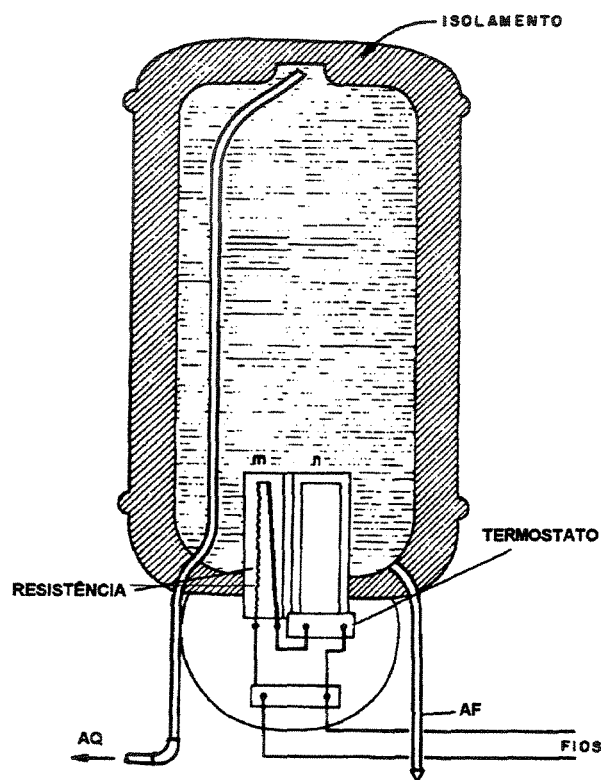


Figura 47- Aquecedor central de acumulação - Boiler elétrico

Fonte: Macintyre, A.J – Instalações Hidráulicas - Prediais e Industriais

Esse tipo de aparelho permite ser instalado dentro do forro, de armários na posição horizontal ou vertical, dependendo do tipo do aparelho e do espaço, e sem restrição quanto a sua instalação dentro do banheiro, em apartamentos ou residências.

A instalação elétrica necessária, para que esteja em conformidade com a NBR 5410 deve ter um circuito independente, com diâmetro de condutores adequados à sua potência

devidamente aterrados, e atualmente para que tenha um rendimento satisfatório recomenda-se instalar um temporizador para limitar o seu funcionamento ligando a resistência a duas ou três horas antes do horário de banho, visando a economia de energia elétrica.

Embora proporcione uma boa qualidade de banho e outros usos, esse tipo de equipamento requer um dimensionamento correto, para que não haja desperdício de água quente e nem energia elétrica, embora tenha resistência com potências bem inferiores a dos chuveiros elétricos e de aquecedores de passagem elétricos, mas devido ao grande período de funcionamento consomem muita energia, onde em determinados casos, de acordo com seu volume, chegam a permanecer cerca de oito horas ligados para atingir a temperatura interna pré-estabelecida, que na maioria é de 70°C.

Nesses casos são responsáveis pelo maior consumo de energia da residência, que em determinados volumes representam mais de 50% do consumo geral, devido a grande permanência de operação, baixo poder calorífico e a demorada recuperação de calor.

4.3 – Sistemas de Aquecimento a Gás Combustível.

Os sistemas de aquecimento de água a gás, GLP ou GN podem ser subdivididos em aquecedores individuais de passagem e de acumulação como o sistema elétrico, porém requerem maiores cuidados, observando-se as restrições impostas pelo fabricante e principalmente com o local de sua instalação, exigindo uma ventilação constante.

4.3.1 – Aquecedores Instantâneos de Passagem

São aparelhos de aquecimento de água com dimensões maiores que os similares elétricos, cuja transferência de calor é feita através da chama do gás dentro de uma câmara metálica que envolve uma serpentina, geralmente em cobre onde circula a água, e seu rendimento é em média de 80% , como mostra a Figura 48.

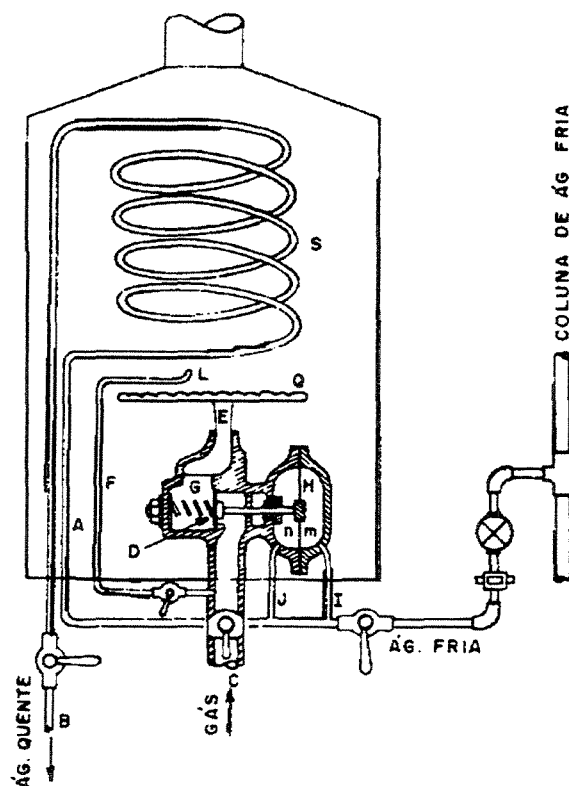


Figura 48 - Aquecedor instantâneo de passagem a gás

Fonte : Macintyre, J.A.- Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias

Esse tipo de aparelho tem um sistema de funcionamento bastante complexo, onde o gás entra através de (C), e na derivação (F) segue até o orifício (L) onde se dá a chama piloto, que fica acesa por longo período. Uma válvula (D), contida por uma mola (G), controla o fluxo de gás combustível no queimador (Q). A válvula possui uma haste em cuja extremidade há um diafragma de lâmina (H), que separa as duas seções de uma pequena câmara em (m) e (n). Os tubos (I) e (J) mantêm as seções (m) e (n) cheias de água.

Quando todos os aparelhos, a jusante, estiverem fechados, não haverá circulação de água e a pressão se manterá constante, igual nas duas faces, de modo que a válvula (D) não permita a passagem de gás para o queimador. Apenas a chama piloto poderá estar acesa, devido à alimentação independente.

Abrindo-se uma das torneiras, em virtude do estabelecimento de uma diferença de pressões entre as duas faces do diafragma, pois (m) e (n) estarão sujeitas a pressões diferentes. Então o diafragma deforma-se permitindo a passagem de gás para o queimador, acionando a chama do mesmo através da chama piloto.

Fechada a torneira, cessa-se o fluxo de água, restabelece-se as pressões (m) e (n) e o diafragma e a válvula retornam a posição anterior, fechando a passagem do gás, e conseqüentemente a chama do queimador.

Atualmente são encontrados no mercado aparelhos que incorporam dispositivos exclusivamente mecânicos, outros que incorporam dispositivos mecânicos e elétricos e em determinados casos mecânicos, elétricos e eletrônicos com vários sensores como o de superaquecimento, de nível de CO, de temperatura, de ventilação forçada, de chama modulada, etc, que são fatores determinantes dos preços e segurança do sistema de cada aparelho.

Esses aparelhos são dotados de queimadores e válvulas de bloqueio que, quando em operação, nos casos de apagamento das chamas, em decorrência de alguma intervenção externa, com mostra a Figura 49, como exemplo uma rajada de vento devido à abertura de uma porta ou

janela, a válvula interrompe a passagem de gás através de um sinal recebido por um sensor bimetálico, que fica em contato direto na chama, dando total segurança contra o vazamento de gás e muitos deles já aboliram a chama piloto que acionava a chama principal.

Nesses equipamentos o acionamento é feito através de ignitores elétricos com acionamento manual ou automático com bateria de 9V, pilha comum 1,5 V ou energia elétrica.

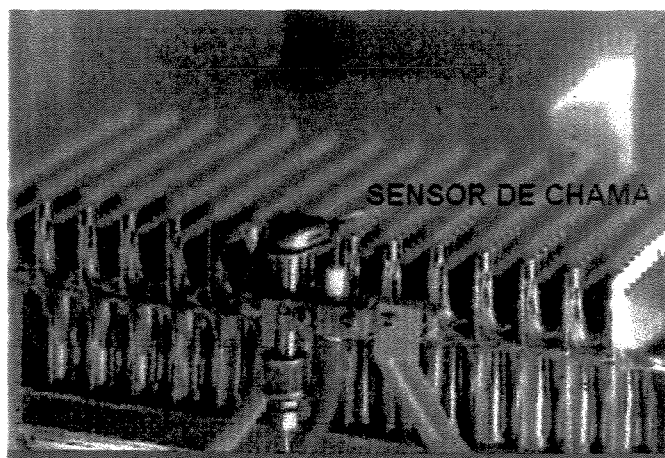


Figura 49 - Sistema de segurança -sensores de apagamento de chama

Fonte : General Heater- Catálogo (2001)

Nesse sistema exige-se um maior cuidado na instalação e manutenção, como a instalação de reguladores de 1º e 2º estágios, tubulação cobre classe I ou A com espessura mínima de 0,79 mm de espessura de parede, ou aço carbono apropriado para alimentação de gás e a rede de água quente com revestimento térmico, para minimizar a dissipação de calor nas paredes.

Ensaio de estanqueidade devem ser realizados na tubulação de gás antes da utilização com a tubulação ainda aparente antes do arremate, e na aquisição de aparelhos observar se são produtos homologados por um órgão credenciador, no caso do Estado de São Paulo é a COMGÁS e no Rio de Janeiro a CEG, visto que existem vários aparelhos de diversas procedências consideradas suspeitas, sem a aprovação de um órgão regulador.

As instalações desses equipamentos, de acordo com a legislação vigente, devem ser instalados em ambientes com ventilação permanente evitando-se o contato com os gases de exaustão, geralmente fora do banheiro, em áreas de serviço ou instaladas externamente, com dutos de exaustão individual onde o produto da queima (CO , CO_2 e NO_x) seja enviado diretamente ao meio externo ou em dutos coletivos no caso de apartamentos, conforme esquema apresentado por CREDER (1995) na Figura 51.

A ventilação permanente se faz necessária para que haja renovação constante de oxigênio contido no do ambiente, pois parte do oxigênio contido no ar é utilizado na queima do combustível, evitando a asfixia e até a morte do usuário em locais com ventilação inadequada, como ocorre em alguns locais onde se utiliza o aquecedor ou chuveiro a gás dentro do banheiro, principalmente em períodos de temperaturas baixas.

Esse tipo de ocorrência tem causado algumas vítimas fatais, principalmente em localidades onde não observaram as condições mínimas de ventilação, onde esses aparelhos geralmente estavam localizados no próprio banheiro, pois a falta de oxigênio faz com que as pessoas tenham dificuldade de reação, provocada pela falta de oxigenação do sangue, devido ao tempo de exposição ao CO que é fatal, como mostra o gráfico da Figura 50.

A falta de observação desse importante fato, as vezes omitido, por alguns instaladores e concessionárias, fizeram com que ocorressem alguns casos de acidentes com vítimas fatais em cidades como Curitiba e Rio de Janeiro, onde ainda se permite a instalação de chuveiros a gás combustível dentro do banheiro, em conformidade com um decreto lei do governo estadual, contrariando a norma.

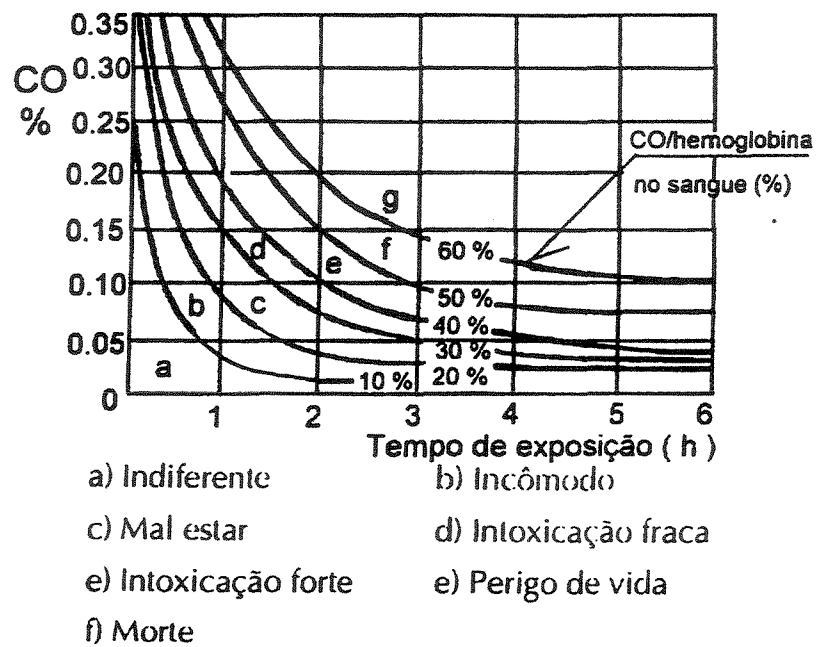
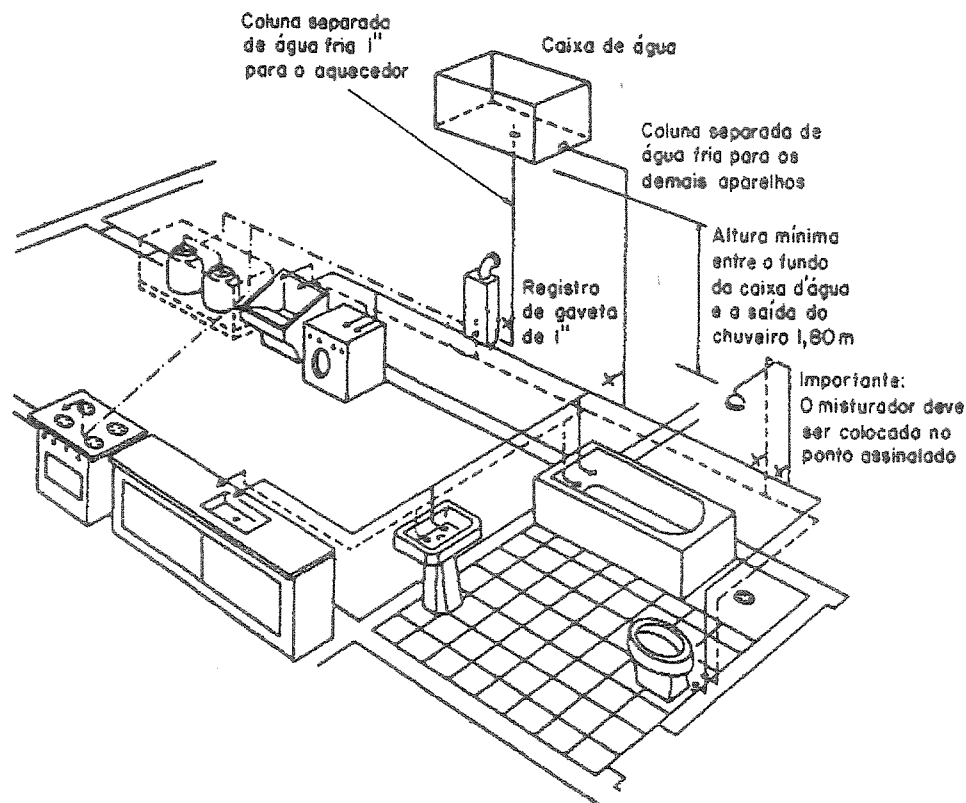


Figura 50 – Gráfico do Efeito de CO x Tempo de exposição
Fonte: Ioshimoto,E - RINNAI - 1997



Legenda

Água quente	-----	Tubo galvanizado 3/4" ou cobre 1/2"
Água fria		Tubo galvanizado ou PVC rígido
Gás	-----	Tubo de ferro 1/2" sem costura para gás ou tubo de cobre 3/8"

Figura 51 - Esquema de instalação de aq. passagem à gás

Fonte: Creder, H. Instalações Hidráulicas e Sanitárias

Os ambientes que contém equipamentos a gás combustível devem ter uma área total de ventilação permanente de, no mínimo, 800 cm², constituídas por duas aberturas que devem ser executadas conforme figura 52, com uma abertura inferior de no mínimo, 200 cm² a uma altura inferior a 80 cm do piso e outra superior com no mínimo 600 cm² totalizando 800 cm² a uma altura mínima de 180 cm do piso.

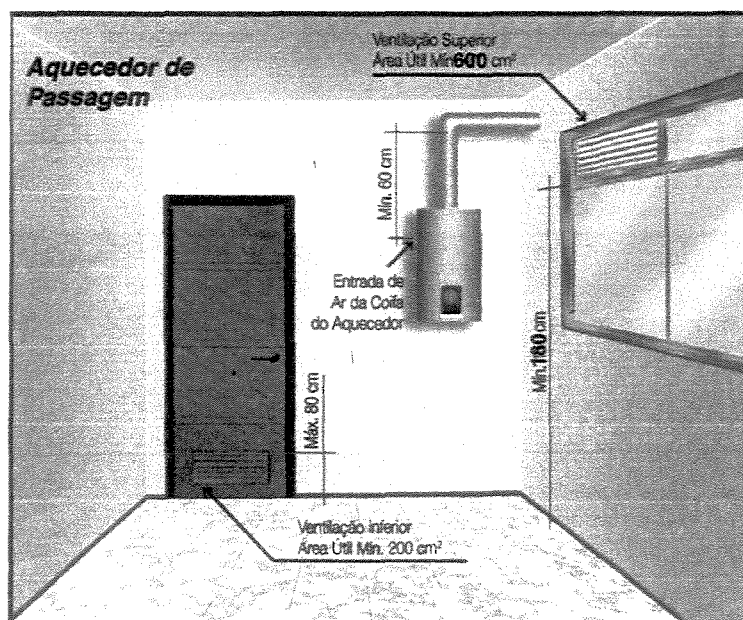


Figura 52 - Ventilação necessária do ambiente do aquecedor

Fonte: Macintyre, A. J. Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias

Apud : Revista ANAMACO

Atualmente já se encontram no mercado brasileiro, aparelhos de aquecimento instantâneos de passagem a gás, onde o oxigênio utilizado na combustão é retirado do meio externo e os gases produzidos pela combustão são expelidos ao meio externo através de dutos duplos, cujos gases não têm contato com o outro, são equipamentos denominados aparelhos de “fluxo balanceado”, Figura 53, evitando a possibilidade de ocorrência de asfixia e intoxicação do usuário. Este tipo de aparelho é o único caso que se permite a instalação dentro de banheiros e ambientes confinados.

Os aparelhos de aquecimento a gás combustível devem possuir um sistema de exaustão eficiente para o exterior, para que os gases provenientes da combustão sejam dispersos fora do edifício residencial, através de dutos individuais ou coletivo, e na saída para o meio externo deve conter um dispositivo que não permita que o vento provoque o retorno dos gases.

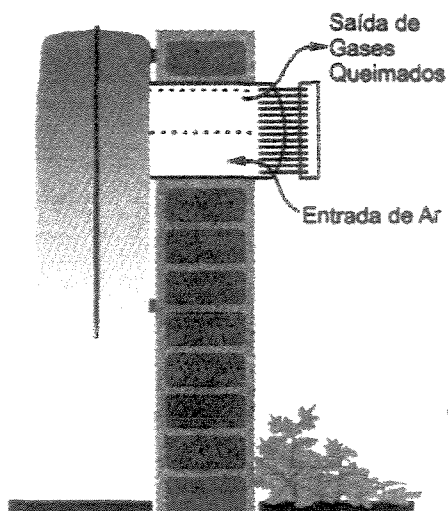


Figura 53 – Aquecedor de Passagem de fluxo balanceado
Fonte: Orbis do Brasil – Catálogos



Figura 54- Detalhe do sistema de exaustão - Fluxo Balanceado

O detalhe da Figura 54 demonstra o sistema de exaustão, onde a entrada de ar que alimenta o aquecedor, não tem contato com os gases de exaustão, contendo dois dutos um dentro do outro, onde o maior é a entrada de oxigênio, e o menor a saída dos gases da queima, com anteparo protegendo um do outro, além da proteção do vento externo, que poderia introduzir retorno dos gases no interior do ambiente.

Em relação às saídas das chaminés individuais de apartamentos, são aplicados uns dispositivos de impedimento de entrada de ventilação, os terminais externos em forma de “T” ou tipo chapéu chinês, ou seja, um mecanismo impedindo o retorno dos gases de exaustão, devendo-se ter a preocupação na fixação destes dispositivos, pois geralmente são peças metálicas, usualmente de alumínio, que conforme a rajada de vento pode retirar ou mesmo girar a peça, fazendo com que perca a sua finalidade e funcionalidade, prejudicando o funcionamento do mesmo, como mostra a Figura 55.

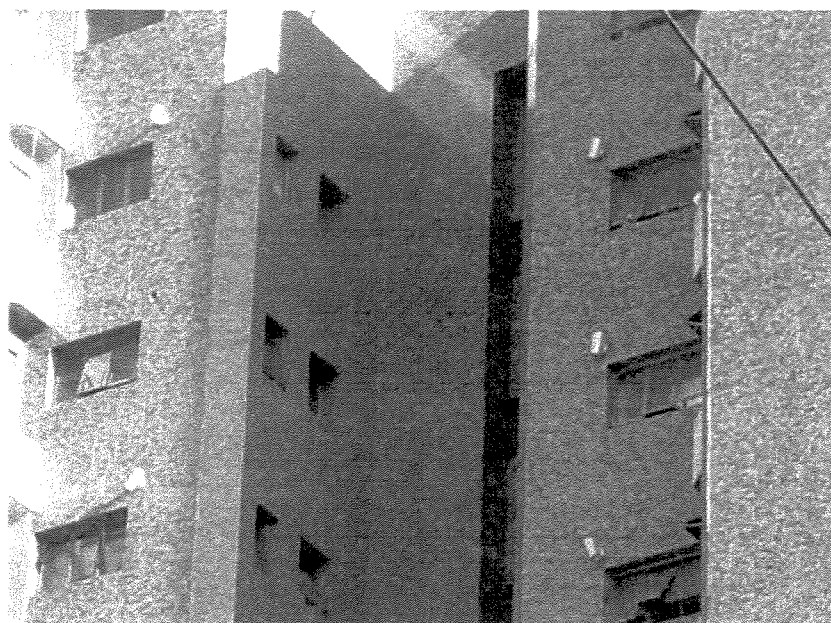


Figura 55 – Dutos de exaustão de edifício de apartamentos

Ocorrência de desvios e retiradas de terminais pelas rajadas de ventos

Na Figura 55, uma demonstração das ocorrências causadas por rajadas de vento, onde não houve a devida preocupação na fixação dos terminais de saída dos gases de exaustão, prejudicando a tiragem dos gases e o funcionamento correto do equipamento.

4.3.2 - Aquecedor de acumulação

São aparelhos de acumulação de forma cilíndrica, compostos basicamente de um tanque metálico com revestimento térmico, e internamente um duto com palhetas que serve para dissipar o calor gerado pela chama do combustível, através do queimador para a parede lateral desse duto, transferindo esse calor à água contida no reservatório e os gases são emitidos geralmente através de dutos metálicos para o meio externo.

Este sistema é provido de dispositivos de controle, que interrompem o fornecimento de gás quando atingem a temperatura regulada, restabelecendo assim que a temperatura baixar e de dispositivo de segurança, e os gases de exaustão são emitidos para fora do ambiente onde estão instalados através de dutos ligados diretamente ao exterior, ou ao duto coletivo quando em prédio de apartamentos.

Não é permitida a instalação desse tipo de aparelho em ambientes confinados, devido ao processo de combustão que absorve o oxigênio do ambiente, exigindo uma ventilação permanente, como os aparelhos de passagem.

Os dispositivos de segurança normalmente encontrados nesses aparelhos são:

- De bloqueio, que impedem a passagem de gás, caso apague a chama piloto;
- De alívio, que não permitem que a pressão no aquecedor atinja valores maiores do que aqueles preestabelecidos.
- Termostato que controla a temperatura da água no reservatório, que desliga a chama principal sempre que atinge o valor predeterminado.
- Dutos de exaustão, para expulsão dos gases de combustão para o meio externo.

- Terminais de saída de gases de exaustão.

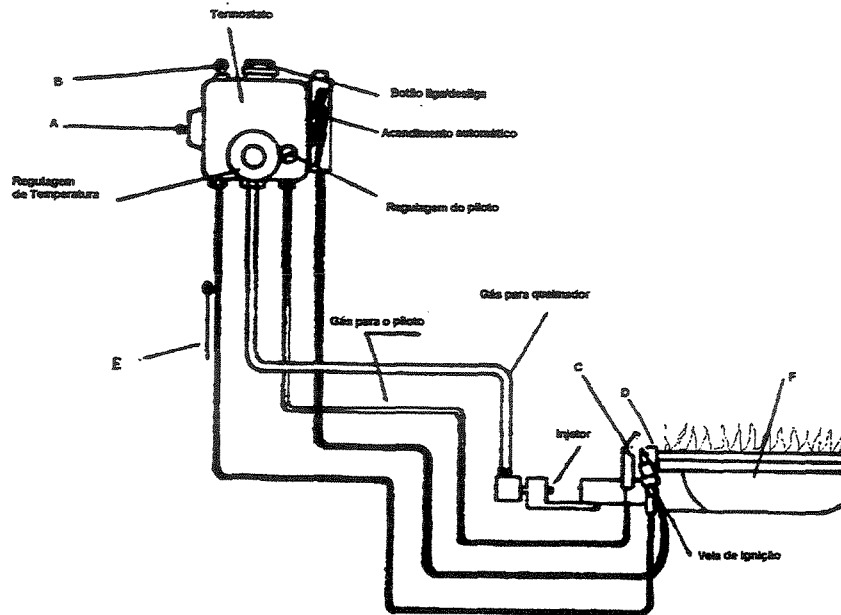


Figura 56- Detalhe do queimador de aquecedor de acumulação

Fonte : Gonçalves, O M. – Texto Técnico –Escola Politécnica da USP

O gás entra no termostato pela conexão (A) quando o botão (B) é acionado; mantendo o botão acionado, ocorrerá o acendimento automático do piloto. A chama do piloto (C) aquece o termopar(D) e por este, através do efeito termoelétrico (dois metais diferentes em contato aquecido geram uma corrente elétrica), circula uma corrente elétrica que imanta a bobina (E) fazendo com que se mantenha a passagem de gás pelo piloto. Caso apague a chama do piloto, o termopar esfria, fechando totalmente a entrada do gás para o queimador (F). Para um novo acendimento é necessário pressionar o botão (B), reiniciando o ciclo.

Estando o piloto aceso e a bobina imantada, o termostato permite a passagem de gás para o queimador principal, que irá acender devido a chama piloto. Quando a temperatura na água atinge o valor preestabelecido, o bulbo do termostato dilata e fecha a passagem de gás para o queimador; quando a água esfria, o bulbo do termostato contrai e abre a passagem do gás.

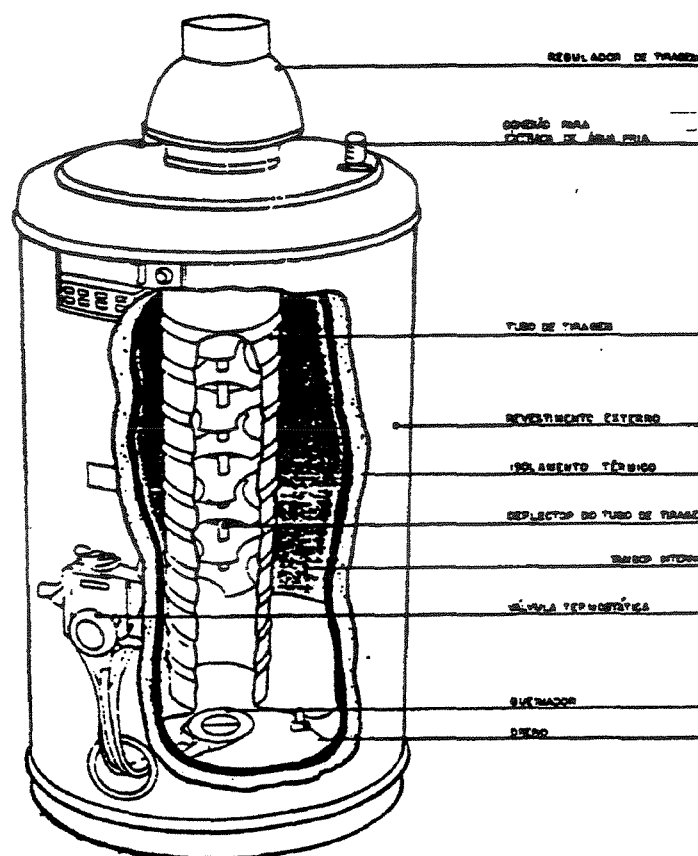


Figura 57 - Aquecedor de acumulação a gás - vista interna

Fonte : Gonçalves, O.M. – Texto Técnico – Escola Politécnica da USP

Conforme a vazão solicitada esse tipo de aparelho consegue manter a temperatura interna praticamente constante, devido ao seu alto poder de recuperação de calor, o que permite a utilização de água quente em outros pontos simultaneamente.

Esse tipo de aparelho é indicado para lugares onde a pressão de entrada é relativamente baixa, em torno de 1,00 m.c.a com a necessidade de abastecimento de vários pontos de consumo, permitindo em determinados casos de abastecimento de mais de um ponto simultâneo, porém seu consumo de gás é em torno de 30% acima do aquecedor de passagem instantâneo, devido a utilização da chama piloto que fica ligada durante todo tempo mesmo sem utilização de água quente, ficando à espera de que alguém se utilize dessa água para que possa acionar o queimador, que embora seja ínfimo o seu consumo de gás combustível mas representativo no consumo geral (cerca de 30%), conforme a Orbis.

4.4 – Sistema de aquecimento solar

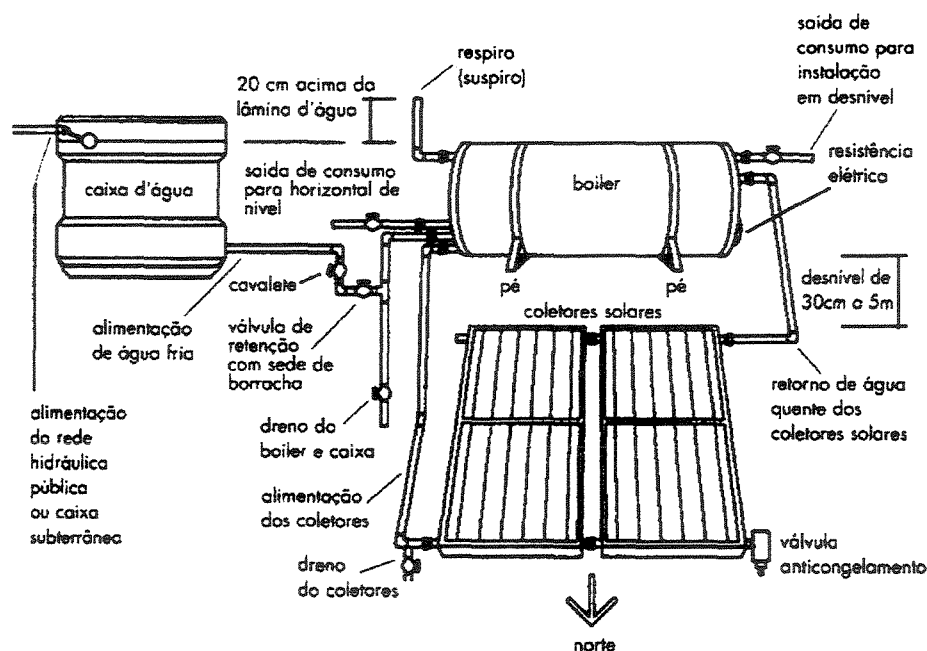
Um outro sistema de aquecimento bastante interessante, confiável e seguro que devemos considerar, é o sistema de aquecimento de água através da energia solar, cuja energia é praticamente constante durante o ano todo, com custo zero. É abundante e inesgotável, favorecida principalmente pelas condições climáticas do país que favorece a sua utilização.

Este sistema de aquecimento de água doméstico é ainda pouco conhecido e inacessível para a grande maioria da população devido ao alto custo inicial (equipamento), além de outros fatores que inviabilizam a implantação do sistema, como por exemplo a instalação de caixa d'água elevada que interfere na arquitetura da construção, e a necessidade da instalação de tubulações especiais de água quente, água fria e misturadores.

Geralmente esse sistema é dotado de apoio elétrico, que funciona como um boiler elétrico horizontal comum, geralmente resistências blindadas de potência elevada, pois esses reservatórios costumam ser de volumes acima de 200 litros, que é acionado quando a temperatura interna do boiler não atinge a temperatura determinada em dias chuvosos e nublados, e recentemente estão se utilizando aquecedores de passagem a gás combustível como apoio, onde a recuperação do calor se faz de maneira mais rápida e econômica que a energia elétrica.

E, em dias quando da ocorrência de temperaturas muito baixas, há possibilidade de congelamento da água nas placas coletoras, onde são instalados dispositivos de proteção anticongelamento que geralmente é uma válvula que drena toda a água dessas placas quando atingir uma temperatura bastante baixa (em torno de 8°C), ou outro sistema onde aciona uma resistência elétrica que aquece a água das placas para que não se congele.

Estudos realizados por RISPOLI (2001) apresenta o aproveitamento da energia solar para pré-aquecimento de água em edificações de baixa renda, que obteve um resultado satisfatório, onde a água a ser consumida estaria próxima à temperatura de uso, utilizando materiais de baixo custo, possibilitando uma economia razoável de energia elétrica em dias ensolarados, mesmo no inverno.



NOTA: A saída de consumo que não for utilizada deve ser plugada.

Figura 58- Sistema de Aquecimento de Água Solar

Fonte: Manual de Instalação de Água Quente - Procobre (2000)

Tem-se observado que em muitas residências que possuem esse sistema instalado, que há omissão ou negligência dos instaladores com respeito a inclinação mínima e no direcionamento das placas, onde a inclinação das placas varia conforme a latitude local para melhor aproveitamento do sistema comprometendo sua eficiência, onde esses sistemas deveriam ser analisados na fase de projeto, com assessoramento técnico, evitando com isso certos constrangimentos.

Atualmente, com a necessidade de racionamento de energia elétrica, muitos instaladores têm optado em acoplar ao sistema solar, um equipamento de aquecimento de passagem a gás combustível que é acionado através de uma bomba de recirculação sempre que houver necessidade, acionada pelo termostato do reservatório, em dias nublados e chuvosos, eliminando a resistência, com vantagens na recuperação de calor

4.5 – Sistema de Aquecimento com Bomba de Calor

As bombas de calor são equipamentos que tem por finalidade extrair energia disponível em um sistema de baixa temperatura e transferi-la para outro sistema de temperatura superior. No sistema hidráulico a bomba transfere água de um reservatório para outro de cota superior. No sistema térmico a bomba de calor transfere energia de um dado sistema para o outro de temperatura superior. Desta forma é vencida a tendência natural do estabelecimento de fluxo de calor do sistema à temperatura mais alta, para o sistema a temperatura mais baixa (Princípio de Equilíbrio Térmico).

A bomba de calor é constituída basicamente por um compressor, um evaporador, um condensador e uma válvula de expansão, similares aos utilizados em refrigeradores só que com ciclo inverso como mostra a Figura 59.

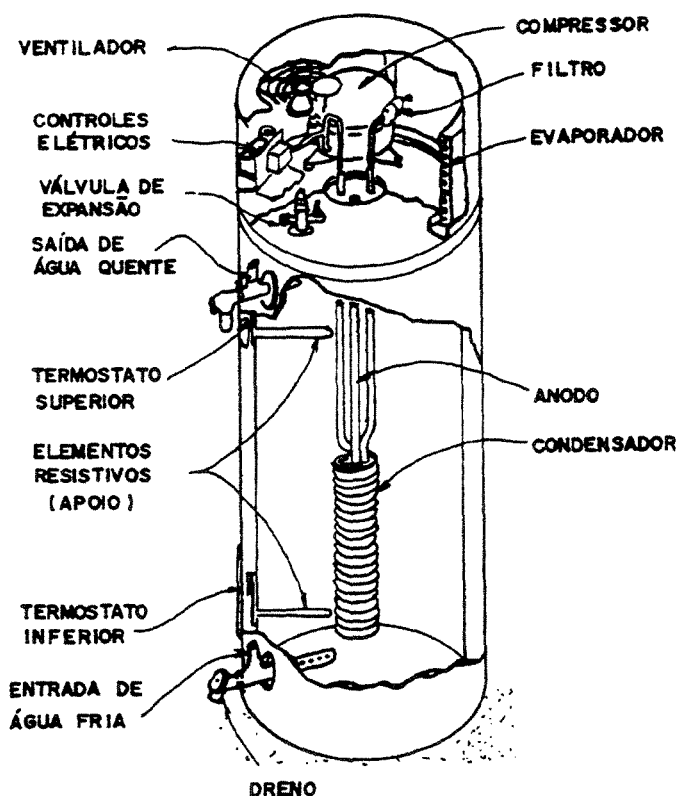


Figura 59 – Sistema básico de aquecimento através de bomba de calor

Fonte: Ono, M. et al - CESP (1991)

Na bomba de calor o evaporador é instalado no sistema considerado como fonte de calor (a baixa temperatura), dele retirando calor, ou seja, é no evaporador que o fluido refrigerante se evapora absorvendo calor. O refrigerante, em estado gasoso, é então enviado pelo compressor para o condensador, onde ele se liquefaz, liberando calor para o sistema a ser aquecido. A válvula de expansão leva o líquido refrigerante às condições iniciais do ciclo.

Esse sistema pode ser empregado em sistemas residenciais, comerciais e industriais, onde em geral destinam-se ao aquecimento de ar ou água, ou até mesmo em refrigeração de ambientes, onde se destacam:

- Aparelhos de ar condicionado com ciclo reversível;
- Aquecedor de água e refrigerador de ambientes;
- Aquecedor de piscinas;
- Bomba de calor em complementação de sistema de coletores solares,
- Processo de aquecimento e refrigeração integrada;
- Secagem;
- Concentração.

Esse tipo de aparelho não é encontrado facilmente no mercado, como equipamento de aquecimento de água central, mas sim como aquecedor de piscina onde já é conhecido pela população de maior renda, e tem demonstrado ser mais econômico do que os aquecedores a gás combustível para piscinas, porém para determinados volumes de piscinas, o consumo torna-se bastante elevado devido ao grande período de funcionamento, mesmo atingindo a temperatura considerada ideal, de 28°C.

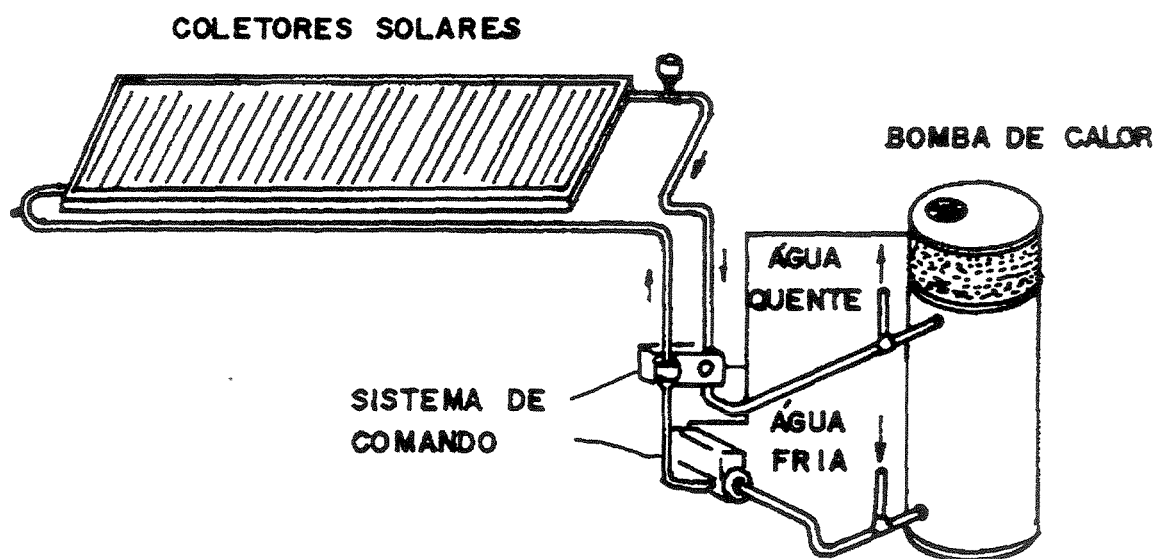


Figura 60 – Sistema híbrido com apoio através de bomba de calor

Fonte: Ono, M. et al – CESP (1991)

Estudos realizados por ONO et al (1991) demonstram que a aplicação da bomba de calor, em substituição do chuveiro elétrico convencional, de 4400W, obteve uma economia de cerca de 5,71 vezes em relação a energia elétrica consumida, sendo que o chuveiro tem uma limitação de vazão em relação ao desempenho, pois foi considerada uma vazão de cerca de 7,2 l/min., e o chuveiro elétrico dessa potência não consegue elevar um gradiente térmico de 23,7°C com essa vazão, como foi considerado no aquecedor com bomba de calor de apenas 700W de potência.

Isso demonstra a viabilidade de se empregar em sistemas híbridos, Figura 60 ou em sistemas de aquecimento de água e refrigeração de ambientes, com considerável economia de energia, visto que nos sistemas de aquecimento central, elétrico ou híbridos (solar e elétrico), são instalados resistências com potência bem superiores, mas tais sistemas não são facilmente encontrados em nosso mercado.

5 – Avaliação dos equipamentos

As avaliações dos aparelhos ocorreram através de coleta de dados com auxílio de instrumentação pertinente, onde foram analisados primeiramente os aparelhos elétricos e depois os aparelhos a gás liquefeito de petróleo GLP, simulando-se a utilização dos equipamentos na condição de banho.

A aquisição de dados mais confiáveis é irrelevante do ponto de vista do usuário, que dificilmente será percebido por uma pessoa comum, pois determinadas sensações são mais acentuadas em alguns usuários enquanto que em outros não, e somente serão constatadas com instrumentação específica.

Porém dentro da possibilidade, alguns desses instrumentos foram aferidos junto ao DAEE, Departamento de Água e Energia Elétrica, na Cidade Universitária da USP (Universidade de São Paulo), onde se dispõe de instrumentação adequada para esse fim, além de uma equipe de profissionais que colaboraram para essa finalidade, oferecendo maior credibilidade dos dados.

Os aparelhos aferidos junto ao órgão foram os hidrômetros, apenas para água fria, visto que a instituição não possuía equipamentos que fornecessem água quente para o ensaio, mas segundo o fabricante, a variação gira em torno de 2,0%. A variação encontrada no hidrômetro instalada na alimentação do laboratório foi de 2%, dentro da faixa estabelecida como aceitável. Foram também aferidos os termômetros analógicos bimetálicos e os manômetros, como mostradas nas Figuras 61,62.63.

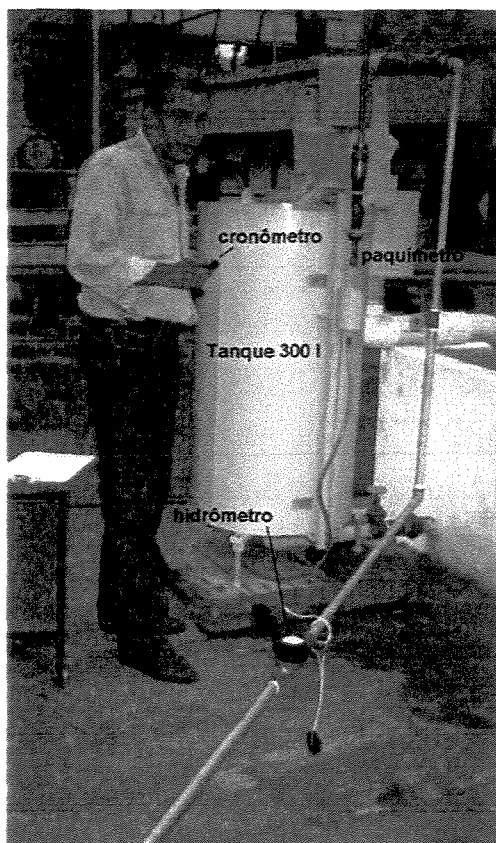


Figura 61 - Aferição do hidrômetro no DAEE/USP



Figura 62 - Aferição do Termômetro

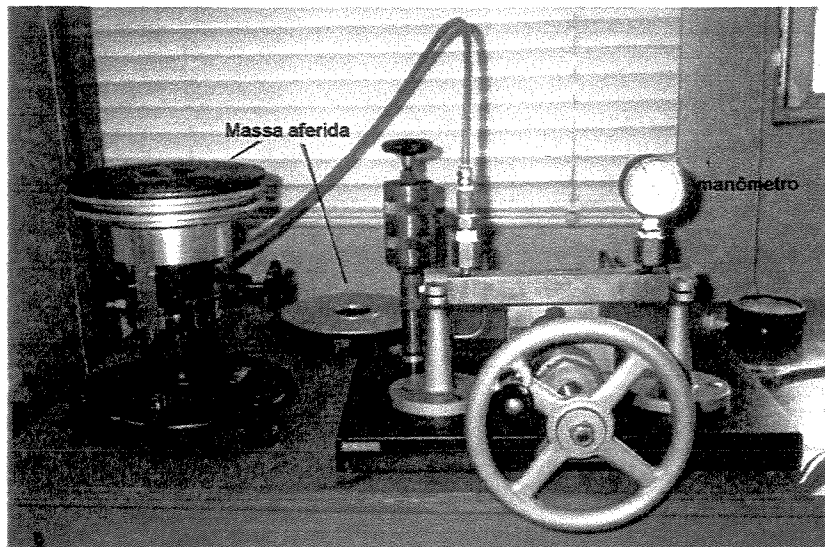


Figura 63- Aferição de manômetros

5.1 – Considerações iniciais

Estabelecendo-se inicialmente para fins de avaliação, a utilização dos equipamentos de aquecimento de água na condição de banho, por uma família composta de cinco pessoas, os seguintes parâmetros:

- Temperatura média do banho:38°C;
- Tempo médio:.... 8 minutos/banho;
- Poder calorífico da energia elétrica:.....860 kcal/kWh;
- Rendimento médio da energia elétrica:.....90%;
- Poder calorífico do gás natural (GN):.....9200 kcal/Nm³;
- Poder calorífico do gás liquefeito de petróleo (GLP)...24000 kcal/Nm³(11000 kcal/kg);
- Rendimento médio dos aparelhos a gás combustível:... 80%
- Equivalência energética:.....1 kWh = 0,0975 kg de GLP
1 kWh = 0,116 m³ GN
1 m³ GLP = 2,17 kg GLP

Portanto tem-se 40 minutos de banho por dia, durante o mês seriam de 20 horas de banho/mês, o consumo de energia necessário apenas para esse fim.

5.2- Chuveiro Elétrico “modelo popular”

O chuveiro elétrico analisado, Figura 64, é um equipamento de passagem de aquecimento instantâneo “ modelo popular”, bastante simples, com envoltório de plástico de fácil instalação e manutenção, acessível às classes menos favorecidas, encontrados no mercado a um preço em torno de R\$ 20,00, possui uma potência de 4.400 W, como a maioria deste tipo de aparelho. Trata-se de um aparelho com pequena vazão cerca de 3,0 l/min e três opções de temperatura, quente, morno e frio, porém com risco de choque elétrico, por não permitir o uso de interruptores DR (Disjuntores Diferenciais Residuais) com sensibilidade de desarme de 30mA a 300mA.

Esse tipo de aparelho é um dos principais causadores de acidentes de choque elétricos em banhos, devido à construção simplificada sem mecanismo de proteção, cujo fio terra está ligado ao seu envoltório geralmente de plástico e muitas vezes ignorado, favorecendo a fuga de corrente através do usuário até o solo, provocando choques indesejáveis.

Este sistema de higiene pessoal está presente na maioria das residências brasileiras que permite sua instalação onde existe apenas rede de água fria e, na maioria das favelas, cujas ligações são feitas de forma bastante precária, utilizando-se de fios com bitolas bem inferiores ao recomendado, favorece a ocorrência da fuga de corrente, sobrecarga e curto-circuito na rede elétrica, causando riscos de incêndios por estarem próximos às paredes de madeira, muito comuns neste tipo de habitação, prejudicando ainda mais o sistema de distribuição de energia do país.



Figura 64 - Chuveiro. Elétrico (modelo popular)

5.2.1 – Avaliação Teórica

A partir dos dados de potência fornecidos pelo fabricante, onde na posição inverno a potência é de $P = 4400 \text{ W}$ e na posição verão é de $P = 2200 \text{ W}$ e aplicando-se nas condições iniciais, com base nas tarifas da ANEEL para região Sudeste, com aplicação de ICMS de 25% com base no Estado de São Paulo, tem-se um valor mais realista dessas tarifas:

Tabela 7 – Consumo teórico do Chuveiro “modelo popular”

Temperatura	Potência kWh	Consumo/ mês	Tarifa 1995 s/ICMS	Tarifa 1995 c/ICMS-SP	Tarifa 2001 s/ICMS	Tarifa 2001 c/ICMS-SP
quente	4,4	97,78	7,64	9,55	17,86	22,33
morno	2,2	48,89	8,93	11,17	8,93	11,17

5.2.2 – Avaliação experimental

Com o auxílio de alicate amperímetro digital foi constatada as correntes $I_i = 19,9$ A na posição de inverno e $I_v = 11,2$ A na posição verão, como a potência é determinada pela expressão:

$$P = U.I.\cos\phi \text{ [1]}$$

onde: P = potência (Watt ou kW)

U = tensão que no caso é de 220 V (V)

I = corrente (A)

$$\phi = 90^\circ \Rightarrow \cos\phi = 1$$

É importante salientar que os valores coletados dessas correntes pelo instrumento, tiveram uma oscilação onde foi registrado apenas o valor médio, com valores bastante próximos do fabricante, portanto podemos dizer que os dados sobre suas potências são bastante confiáveis, existindo pequena variação, como mostra a Tabela 8.

Tabela 8 – Consumo experimental do chuveiro elétrico “modelo popular”

Temperatura	Potência kWh	Consumo/ Mês	Tarifa 1995 s/ICMS	Tarifa 1995 c/ICMS-SP	Tarifa 2001 s/ICMS	Tarifa 2001 c/ICMS-SP
quente	4,38	97,33	7,61	9,51	17,78	22,23
morno	2,74	60,89	11,13	13,91	11,13	13,91

Além desses dados, verificamos seu comportamento em relação ao desempenho e conforto proporcionado ao usuário, onde foram observadas a vazão e a temperatura, com auxílio de termômetros de bulbo, termômetro digital e hidrômetro, a partir da temperatura da água fria coletada no dia 26/11/2001 de $T_i = 23,5^\circ\text{C}$, onde constatou-se um comportamento pouco satisfatório como mostra o gráfico abaixo.

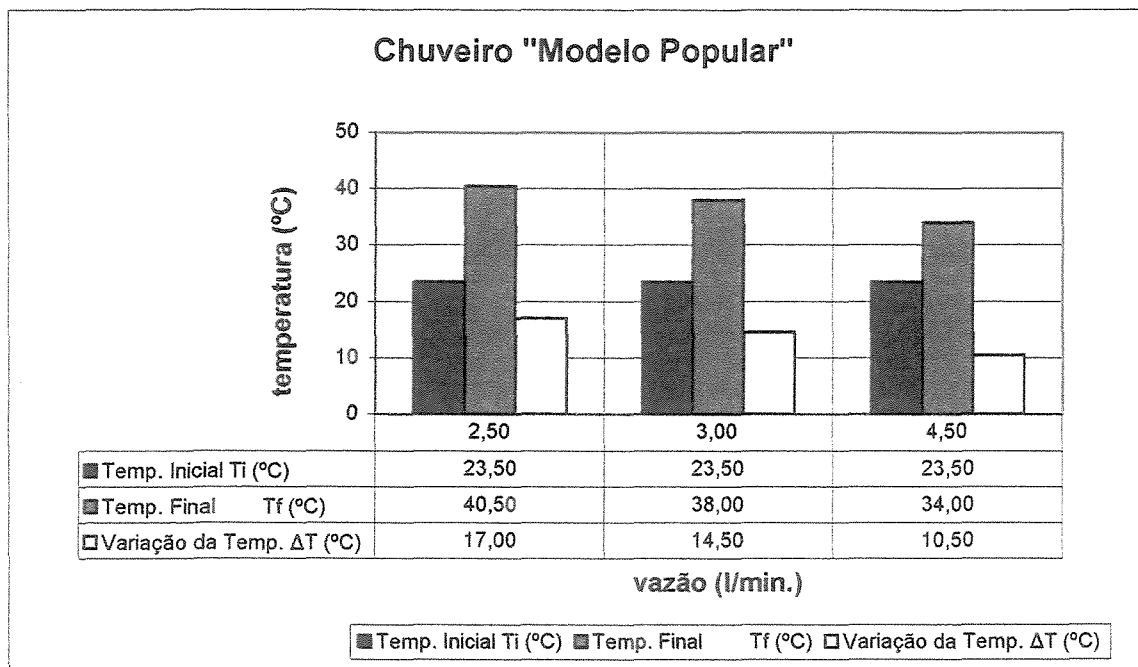


Figura 65 – Desempenho do Chuveiro “modelo popular”

De acordo com os dados observados da Figura 65, verifica-se que o seu desempenho é inversamente proporcional à vazão, atingindo apenas na primeira e segunda coleta de 2,5 l/min e 3,0 l/min a condição ideal de temperatura de banho, que é em torno de 38°C, sendo mais prejudicado no período do inverno, visto que esses valores foram obtidos na posição de inverno, potência máxima nesse tipo de equipamento, com a temperatura inicial da água bastante alta 23,5°C em relação ao inverno, onde a média é de 20°C na região sudeste, e em determinadas regiões chega-se a menos de 15°C, principalmente na região sul do país.

Portanto verifica-se que para esse tipo de aparelho possa atender satisfatoriamente ao usuário no quesito temperatura deverá comprometer a vazão, estrangulando a passagem de água ao máximo para que atinja a temperatura satisfatória, que é pouco acima de 40°C no inverno, comprometendo a qualidade do banho, pouco confortável para a maioria dos usuários.

5.3 – Ducha Eletrônica

Trata-se de outro modelo de chuveiro com uma melhor tecnologia aplicada onde se permite um melhor monitoramento da temperatura proporcionando um maior conforto ao usuário através de potenciômetro localizado na parte frontal do aparelho, com mostra a Figura 66.

Este sistema permite a instalação nos mesmos moldes do modelo anterior porém exige um melhor dimensionamento da instalação elétrica, pois conforme o fabricante necessita de uma fiação mínima de $6,0 \text{ mm}^2$, aceitando disjuntores DR de 35 A, disjuntores Diferenciais Residuais que possuem uma maior sensibilidade desarmando em alguns casos com apenas 300 mA aumentando seu grau de proteção com choque elétrico.

A potência do aparelho é de 6.500 W, com cinco níveis de aquecimento, 0 (frio), 1 (Morno), 2 (Quente), 3 (Mais Quente) e 4 (Super Quente) que também tem restrições quanto a vazão mas que possui um custo razoável cerca de R\$250,00 do aparelho, R\$ 110,00 o rolo de cabo 6mm^2 , o disjuntor DR R\$ 120,00, portanto não é acessível a todas as classes porém permite um melhor monitoramento dos gastos com energia.

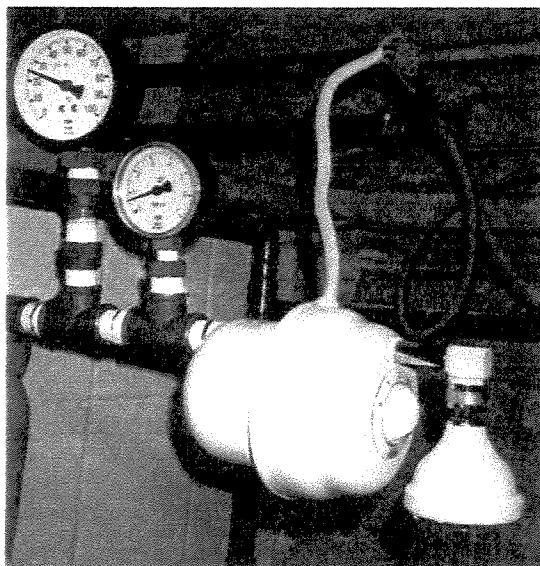


Figura 66- Ducha eletrônica

5.3.1- Avaliação Teórica

Conforme os valores apresentados pelo manual do produto, podemos avaliar seu desempenho e consumo energético nos mesmos moldes do modelo citado acima para o chuveiro, onde seu desempenho é demonstrado a Tabela 10, abaixo:

Tabela 9- Consumo Teórico de Energia da Ducha Eletrônica.

Temperatura	Consumo/mês	Tarifa 1995 s/ICMS	Tarifa 1995 c/ICMS-SP	Tarifa 2001 s/ICMS	Tarifa 2001 c/ICMS-SP
Sup. Quente	144,44	11,29	14,12	26,39	32,99
Muito Quente	91,12	7,12	8,90	16,65	20,81
Quente	53,34	4,17	5,21	9,75	12,18
Morno	33,34	2,61	3,26	6,09	7,61

Observa-se pelos valores fornecidos pelo fabricante, que o consumo de energia apresentado por esse aparelho não é muito econômico, porém permite um melhor monitoramento de temperatura e conseqüentemente maior economia em relação ao chuveiro que possui apenas duas regulagens.

5.3.2 – Avaliação experimental

Da mesma forma que se coletou os dados do modelo anterior, as correntes observadas através do alicate amperímetro, com a expressão [1] $P=U.I.\cos\phi$, onde a tensão é $U=220V$, e $\cos\phi = 1$ encontraram-se os valores das potências P .

A partir destes resultados, avaliou-se o consumo real de energia que esse aparelho apresentada na Tabela 10:

Tabela 10 – Consumo experimental da Ducha Eletrônica.

Temperatura	Consumo/mês	Tarifa 1995 s/ICMS	Tarifa 1995 c/ICMS-SP	Tarifa 2001 s/ICMS	Tarifa 2001 c/ICMS-SP
Sup. Quente	139,82	10,93	13,66	25,55	31,93
Muito Quente	87,53	6,84	8,55	15,99	19,99
Quente	51,33	4,01	5,02	9,38	11,72
Morno	31,78	2,48	3,11	5,81	7,26

A partir dos dados observados, com o auxílio de alicate amperímetro, pode se verificar que os valores fornecidos pelo fabricante estão próximos dos valores coletados com pequena oscilação, o que demonstra que esse tipo de aparelho tem um grande consumo, mas possui um dispositivo que permite um monitoramento gradual, resultando em uma economia de energia em relação ao chuveiro comum.

Como no chuveiro comum foi observado seu desempenho em relação ao conforto, conforme apresentado na Figura 65, simulando algumas vazões e registrando suas temperaturas com auxílio do termômetro digital, mas com o potenciômetro na potência máxima.

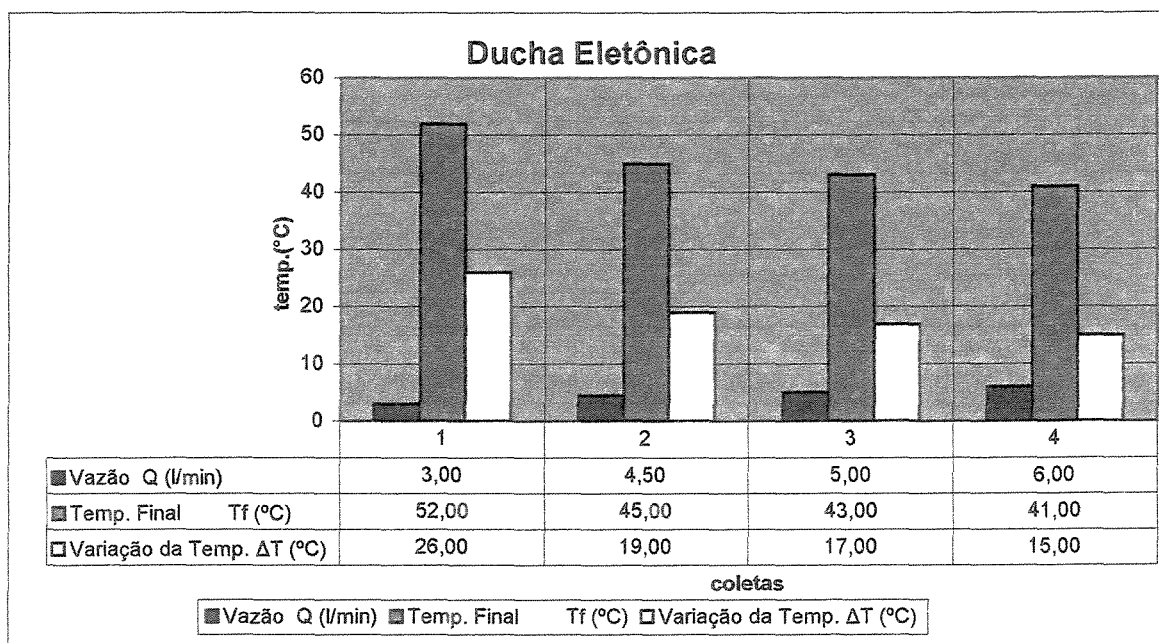


Figura 67 – Desempenho da Ducha Eletrônica

A partir dos dados coletados, pode-se observar pelo gráfico da Figura 67, que o desempenho é bem superior ao do chuveiro do “modelo popular”, porém os dados foram coletados num dia de verão, com temperatura de água fria bastante elevada de 26°C, coletado no dia 12/03/2002, bem alta em relação ao inverno (temperatura média de água fria é de 20°C), satisfazendo as condições ideais de temperatura de banho nas quatro avaliações. Entretanto esse aparelho atende satisfatoriamente o usuário que visa o conforto proporcionado pelo maior volume de água aquecida, porém com maior custo energético.

Se considerarmos o investimento inicial na aquisição do equipamento, que é cerca de (12x) maior, além da exigência de fiação com bitola maior e possibilidade de utilização de disjuntores DR, observa-se que o ganho em termos reais de conforto proporcionado ao usuário pelo equipamento é relativamente baixo, devido ao seu alto custo operacional, tornando-se inviável economicamente, se limitando a apenas um ponto de utilização. Porém, no quesito segurança proporcionada ao usuário, é bem maior desde que obedecidos os procedimentos corretos de instalação.

5.4 – Aquecedor Elétrico de Passagem “I”

O aquecedor central de passagem “I”, é um aparelho com resistência blindada, figura 66, durante a passagem da água pelo aparelho, a água não tem contato direto com a resistência aquecida, que é revestida com isolamento cerâmico protegida por uma tubulação de cobre, blindada como mostra a Figura 68, que resulta em maior proteção ao usuário contra choques elétricos.

No corpo do aparelho existe uma chave seletora que através de comando eletrônico gradual, facilitando o monitoramento da temperatura de acordo com as necessidades do usuário. Esse equipamento de aquecimento de água tem uma potência de 9.100W, onde é encontrado no mercado na faixa de R\$ 400,00 e, conforme recomendação do fabricante requer uma fiação mínima de 10 mm², custando em torno de R\$100,00/ rolo de 100 m, para uma distância de até 30m, para uma distância acima uma fiação de 16 mm², em torno de R\$ 150,00/rolo, e a recomendação pelo fabricante da utilização de disjuntores DR de 50 A, com o custo em torno de R\$ 120,00.

Além do sistema de água fria e quente, com tubulações de cobre, cpvc ou pex, possui um conjunto de metais de acordo com o número de pontos de abastecimento, que podem variar de R\$ 80,00 até R\$ 1.200,00/conjunto conforme o modelo e acabamento escolhido pelo proprietário, o que contribui na elevação desse sistema de aquecimento de água.

Portanto verifica-se que esse tipo de instalação proporciona ao usuário varias opções de conforto, porém sua relação custo/benefício é prejudicada pelo alto custo de manutenção, principalmente com relação à energia elétrica.

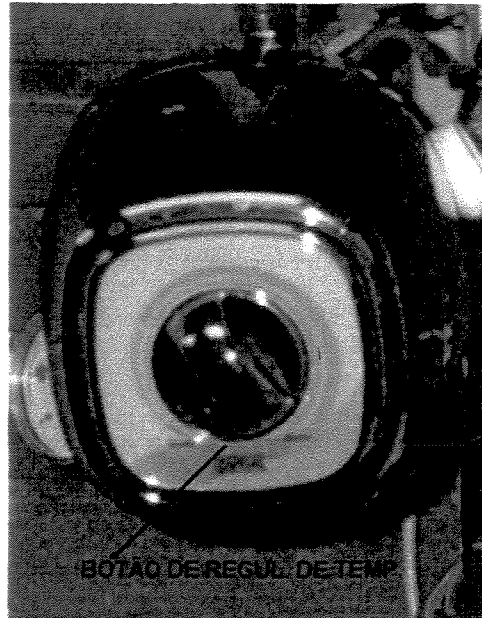


Figura 68- Aquecedor Central de Passagem "I"

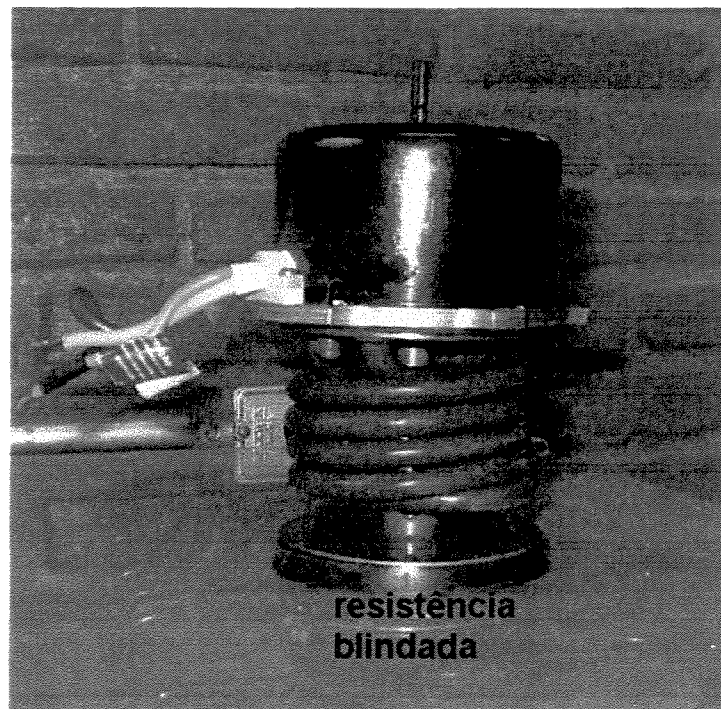


Figura 69 – Resistência Blindada Aq."I"

5.4.1 – Avaliação teórica

Conforme os dados de consumo fornecido pelo fabricante, onde o aquecedor “I” fornece apenas a potência máxima de 9100 W, simulou-se alguns valores intermediários para que se pudesse ter uma idéia da eficiência do aparelho, conforme mostra a Tabela 11

Tabela 11 – Consumo Teórico do Aquecedor de Passagem “I”

Potência kW	Consumo/mês	Tarifa 1995 s/ICMS	Tarifa 1995 c/ICMS-SP	Tarifa 2001 s/ICMS	Tarifa 2001 c/ICMS-SP
9,10	202,20	15,81	19,76	36,94	46,18
7,00	155,54	12,16	15,20	28,42	35,52
4,00	88,88	6,95	8,69	16,24	20,30
2,00	44,44	3,47	4,34	8,12	10,15

5.4.2 – Avaliação Experimental

Uma característica importante observada neste aparelho foi sua perda de carga, ou seja, a restrição à passagem da água em seu sistema de aquecimento interno, onde há um estrangulamento bastante grande na entrada, constatada através de manômetros instalados antes e depois do aparelho, que variavam conforme a vazão, em torno de 0,2 kgf/cm², de 2,0 m.c.a.

Esse tipo de aparelho provoca grande perda de carga, o que compromete seu desempenho em residências térreas, sobrados, e apartamentos de cobertura, onde dificilmente encontra condições de pressão do laboratório onde foram realizados estes ensaios, que era de 2,5 kgf/cm² ou 25,0 m.c.a, e observou-se que seu consumo energético é bastante elevado e proibitivo para famílias de menor renda.

A partir dos dados coletados de corrente com auxílio do alicate amperímetro, calculou-se as potências e consumos mensais reais referentes às faixas, próximas dos dados teóricos fornecidos pelo fabricante, como mostra a Tabela 12:

Tabela 12 – Consumo experimental do aquecedor “I”.

Potência kW	Consumo/mês	Tarifa 1995 s/ICMS	Tarifa 195 c/ICMS-SP	Tarifa 2001 s/ICMS	Tarifa 2001 c/ICMS-SP
8,80	195,56	15,29	19,11	35,73	44,66
6,16	136,89	10,70	13,38	25,01	31,26
3,67	81,56	6,38	7,97	14,90	18,63
2,00	44,44	3,47	4,34	8,12	10,15

Seguindo com a avaliação, partiu-se para a observação de seu desempenho, fixando-se a potência máxima e, com o auxílio do hidrômetro instalado na tubulação de água quente próximo ao registro, e termômetros instalados na entrada rede de alimentação, onde a temperatura de água fria inicial observada $T_i = 22,3^{\circ}\text{C}$, e no ponto de abastecimento (ducha), observou-se os valores das vazões, indicada na Tabela 12.

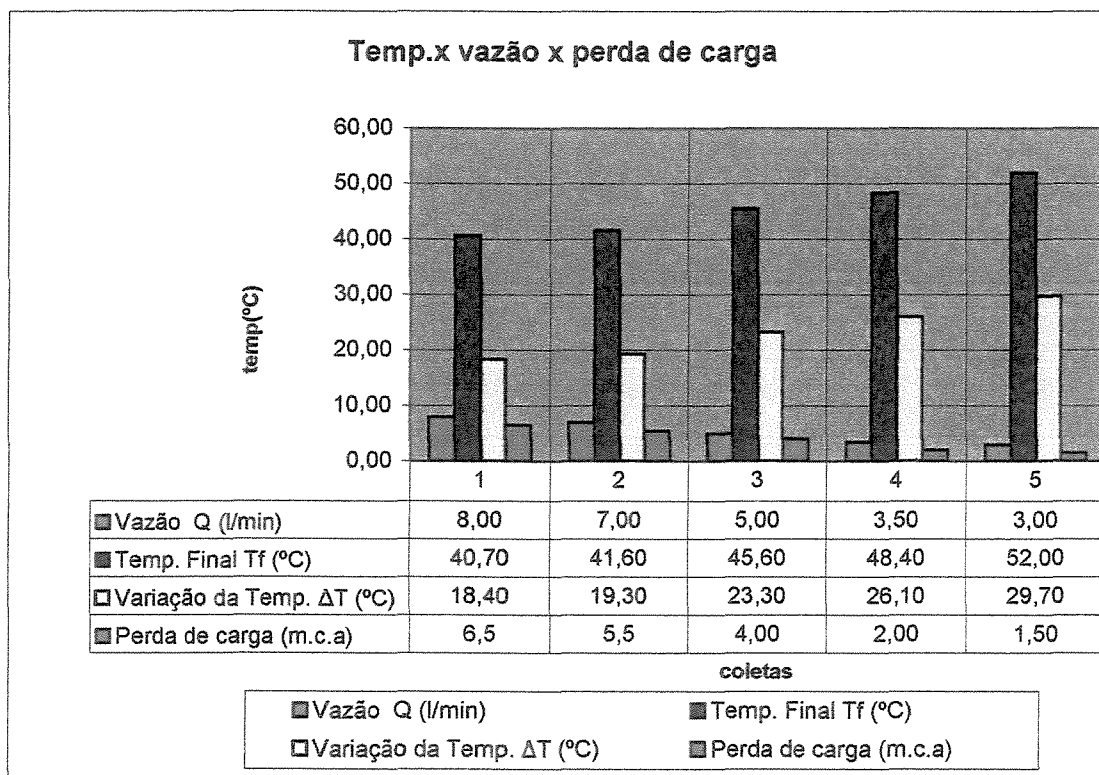


Figura 70 – Desempenho do Aquecedor de Passagem “I”

Observa-se através dos dados da Figura 70, que este tipo de aparelho apesar de possibilitar a utilização como aparelho central de aquecimento, se limita a abastecer apenas um ambiente, com restrições a um ponto de cada vez, além da limitação da elevação de temperatura, atingindo um índice satisfatório com boas vazões, onde necessitaria da mistura de água fria, com potenciômetro na posição de máxima temperatura.

Verificou-se também que esse aparelho, na situação de inverno, a temperatura inicial seria pouco mais baixa que a temperatura de 22,3°C registrada no final de maio de 2002, período do levantamento dos dados, e possivelmente atenderia com um índice de satisfação aceitável, talvez sem utilizar a água fria na mistura.

Cabe ressaltar que o aparelho avaliado é apropriado para alta pressão, até 40,0 m.c.a que é o limite permitido numa instalação predial de água fria e, possivelmente, numa situação de menor pressão seu comportamento seria diferente.

5.5 – Aquecedor Elétrico de Passagem “II”

Outro aparelho de aquecimento de passagem elétrico “II” avaliado é um produto de outro fabricante com características diferenciadas, porém para o mesmo público alvo, Figura 71, com uma tecnologia mais aprimorada e maior potência $P = 10.560 \text{ W}$, com dispositivo eletrônico de monitoramento separado do módulo de aquecimento, permitindo o controle de temperatura próximo ao ponto da ducha conforme a necessidade do usuário, Figura 72, podendo ser instalada até mesmo dentro do box do banheiro, aumentando ainda mais a comodidade e o conforto do usuário.

Esse aparelho também possui dispositivo interno de aquecimento, permitindo maior segurança aos usuários contra choques elétricos, com a instalação de disjuntores diferenciais, porém requer, como o outro aparelho de aquecimento de água elétrico, uma fiação adequada, com bitola mínima de $10,0 \text{ mm}^2$, e um circuito independente onde se recomenda dispositivos de proteção com disjuntores DR (Diferencial Residual).

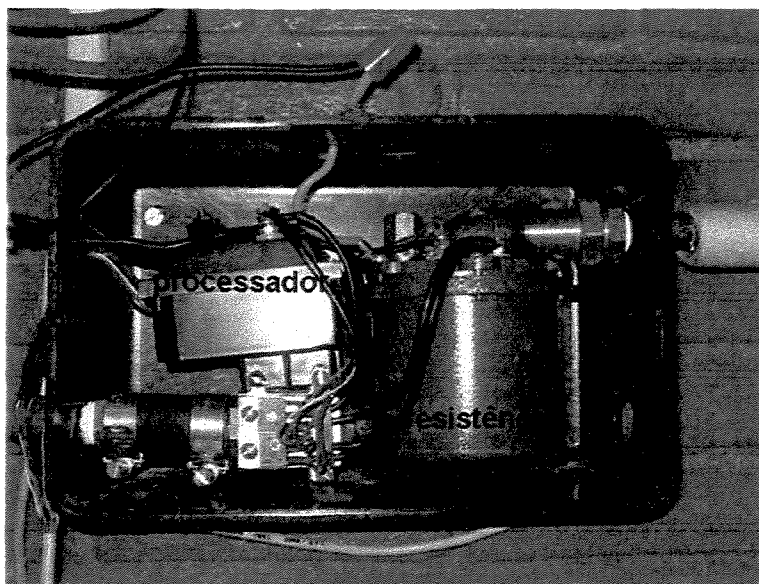


Figura 71- Aq. Central de Pás. "II" – vista interna

O custo desse aparelho no mercado varejista é em torno de R\$ 600,00, sendo encontrado apenas em grandes lojas de materiais de construção, e para sua implantação requer o sistema similar que o aparelho de aquecimento central da “I”, que também tem sua relação custo/benefício prejudicada pelo alto consumo de energia elétrica.

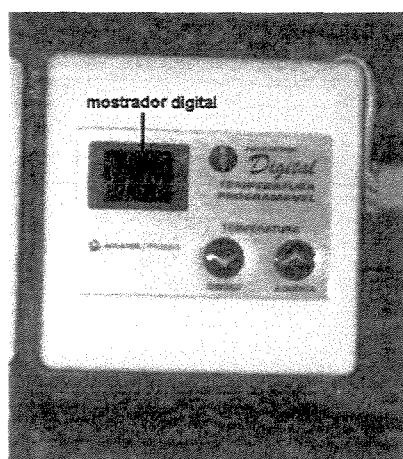


Figura 72 - Painel de Comando

5.5.1 – Avaliação Teórica

Com relação ao consumo deste aparelho “II”, o fabricante fornece a variação gradual de potência em de 1,0 a 10,56 kW, com 10 valores, onde simulou-se alguns valores próximos aos valores do aparelho anterior, que como o outro foi coletado com auxílio do alicate amperímetro, e medidor de energia, apresentada na Tabela 13.

Tabela 13 – Consumo Teórico do Aquecedor de Passagem “II”

potência kW	Consumo/mês	Tarifa 1995 s/ICMS	Tarifa 1995 c/ICMS-SP	Tarifa 2001 s/ICMS	Tarifa 2001 c/ICMS-SP
10,56	234,64	18,34	22,93	42,87	53,59
9,00	199,98	15,63	19,54	36,54	45,67
4,00	88,88	6,95	8,69	16,24	20,30
2,00	44,44	3,47	4,34	8,12	10,15

5.5.2 – Avaliação experimental

Como ocorreu com o aparelho de aquecimento de água de passagem “I”, a perda de carga foi pouco maior nesse aparelho, em decorrência do maior estrangulamento ocorrido logo na entrada do aparelho, onde de uma tubulação de 22 mm da rede passou para 15 mm de diâmetro dentro do aparelho, e dessa restrição a vazão fez com que o rendimento térmico fosse satisfatório. Portanto pode-se concluir que o aparelho também tem suas limitações à pequenas pressões, tendo seu rendimento comprometido em residências térreas, sobrados e apartamentos de cobertura e dos últimos pavimentos.

A partir dos dados adquiridos com o equipamento em funcionamento, simulando a situação de uso, verificou-se com instrumentação pertinente os seguintes dados de consumo, conforme apresentado na Tabela 14.

Tabela 14 – Consumo Experimental do Aquecedor de Passagem “II”

potência kW	<u>Consumo/mês</u>	Tarifa 1995 s/ICMS	Tarifa 1995 c/ICMS-SP	Tarifa 2001 s/ICMS	Tarifa 2001 c/ICMS-SP
10,34	227,48	17,78	22,23	41,56	51,95
9,02	200,42	15,67	19,59	36,62	45,77
6,82	151,54	11,85	14,81	27,69	34,61
3,52	78,21	6,11	7,64	14,29	17,86

A partir dos dados de consumo, partiu-se para simulação de banhos, com variação de vazão e conseqüentemente de temperatura, fatores determinantes do conforto proporcionado pelo aparelho, que foi observado através de coleta de dados com auxílio de instrumentos anteriormente descritos.

Foi observado também, que ao tentar elevar a potência do aquecedor para que atinja uma temperatura mais alta, através do painel digital Figura 72, que em determinadas solicitações de vazão o aparelho correspondia e em outras não, daí os resultados apresentados das primeiras coletas estarem insatisfatórios, mesmo utilizando-se apenas da parte de água fria que era de 22,3°C, e a temperatura média de banho é próxima de 38°C a 40°C no inverno.

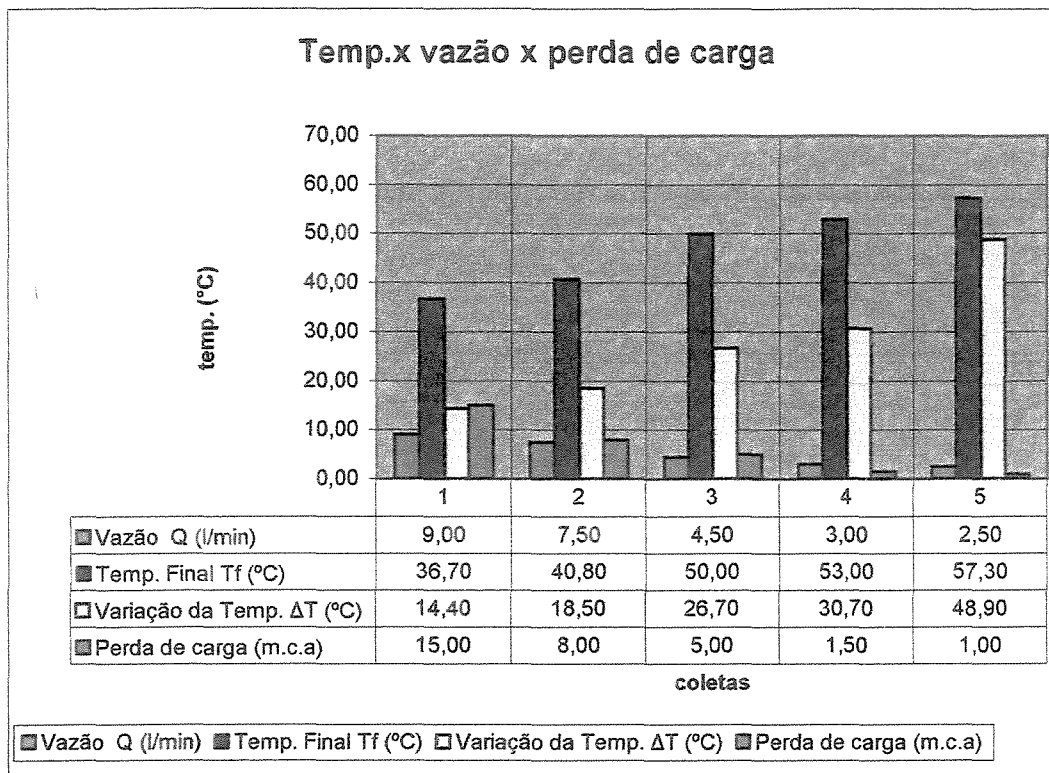


Figura 73 – Desempenho do Aquecedor “II”.

Com os dados observados no gráfico da Figura 73, nota-se que o aparelho corresponde satisfatoriamente com as expectativas, pois com vazões em torno de 7,5 l/min o gradiente de temperatura atingido pelo aparelho proporciona um banho com temperatura $T = 40,8^{\circ}\text{C}$, com a necessidade da mistura de água fria, porém com alto custo energético.

5.6 – Aquecedor de Acumulação Elétrico 135 litros

O aparelho de aquecimento de acumulação central avaliado é um equipamento de 135 litros com uma resistência blindada de 1500 W, como mostra a Figura 74, cuja potência é bem inferior a qualquer chuveiro ou aquecedor de passagem elétrico disponível no mercado.

Trata-se de um aparelho onde a resistência atua automaticamente, logo que sua temperatura interna diminui em relação à temperatura determinada pelo termostato, e o tempo de recuperação da temperatura interna está relacionado com a temperatura de entrada de água fria, com a vazão de saída de água quente, cujo tempo de recuperação da temperatura é bastante demorada que, segundo o fabricante, para um gradiente de temperatura de 20°C o rendimento é de 65 l/h, portanto a sua recuperação total em 2:10 horas, devido principalmente ao baixo poder calorífico da energia elétrica que é de 860 kcal/kWh, tornando seu consumo elevado.

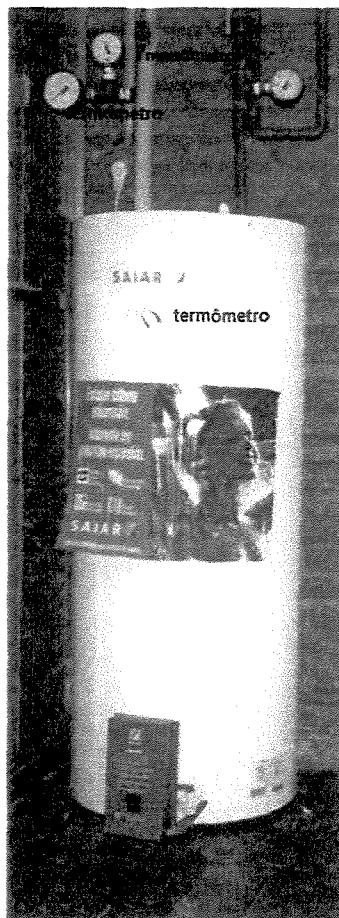


Figura 74 – Aquecedor Central Elétrico de 135 litros

Esse tipo de aparelho possibilita a alimentação de água quente em vários pontos, de acordo com o interesse do usuário com apenas um equipamento, como banheiros, cozinha e área de serviço de uma unidade residencial, não havendo restrições com relação à pressão de entrada no reservatório, podendo ser instalado em residências térreas, sobrados ou apartamentos de cobertura, na posição horizontal ou vertical, mesmo dentro de armários.

Com relação ao custo de implantação desse sistema em uma unidade residencial, as mesmas observações deverão ser consideradas nas instalações dos aparelhos de aquecimento de passagem, a única diferença se restringe ao aparelho que custa em torno de R\$ 1.000,00 e a fiação recomendada é de 4,0 mm² que tem um custo aproximado de R\$ 60,00/rolo, além de um circuito independente com disjuntor DR de 25 A de aproximadamente R\$ 120,00.

5.6.1 – Avaliação Teórica

Com os dados fornecidos pelo fabricante, onde a resistência do aparelho é de 1500W (1290 kcal), e o poder de aquecimento de um $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ de 65 l/h, pode-se verificar que para o aparelho em questão o tempo será de aproximadamente duas horas.

Partindo do pressuposto que a temperatura média de água fria é de 20°C no inverno, na região sudeste, com o termômetro regulado em 60°C , o aparelho se desligará com 4:10 horas de funcionamento para que atinja a temperatura desejada aquecendo 135 litros. Com isso podemos fazer uma avaliação teórica, a partir das seguintes equações matemáticas:

$$1) V_{\text{mist}} \times T_{\text{mist}} = V_{\text{AQ}} \times T_{\text{AQ}} + V_{\text{AF}} \times T_{\text{AF}} \quad [2]$$

$$2) Q_{\text{AQ}} = (T_{\text{mist}} - T_{\text{AF}}) / (T_{\text{AQ}} - T_{\text{AF}}) * Q_{\text{mist}} \quad [3]$$

Onde: V_{mist} = Volume da mistura

T_{mist} = Temperatura da mistura

V_{AQ} = Volume de Água Quente

T_{AQ} = Temperatura de Água Quente

V_{AF} = Volume de Água Fria

T_{AF} = Temperatura de Água Fria

Q_{mist} = Vazão da mistura

Q_{AQ} = Vazão de Água Quente

Cujas variáveis são apresentadas abaixo:

Volume da mistura = 135 litros (volume do reservatório)

Pot (U) = 1500 W (1290 kcal)

T_{AF} = 20°C

T_{AQ} = 60°C

T_{mist} = 40°C (temperatura média de banho no inverno)

$$Q_{\text{mist}} = 6,0 \text{ l/min (vazão média)}$$

Tempo de banho = 8 min (média).

Substituindo-se os respectivos valores e realizando os cálculos, observa-se que o volume atende a apenas quatro banhos consecutivos, pois no final do quarto banho o usuário estará se utilizando apenas da água quente, sendo que os dois restantes, como foi preestabelecido anteriormente terão que aguardar por cerca de duas horas para que recupere a condição inicial de 60°C dentro do reservatório, como mostra a Figura 75.

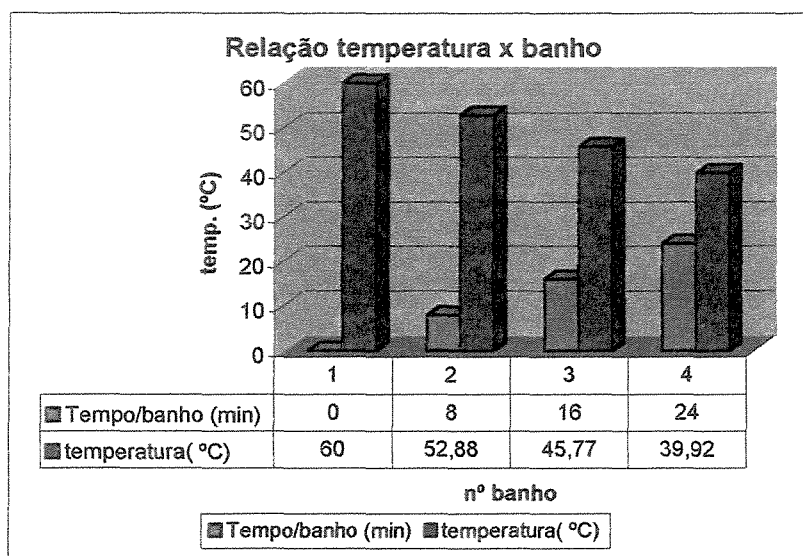


Figura 75 – Desempenho Teórico do Aquecedor de Acumulação Elétrico de 135 litros

Portanto verifica-se que o tempo de funcionamento diário, apenas para aquecimento de água para o banho, para atender as cinco pessoas da mesma moradia seria de seis horas e quinze minutos de aquecimento, que apresenta seu consumo de energia elétrica na Tabela 15.

Tabela 15 – Consumo Teórico do Aquecedor de Acumulação Elétrico de 135 litros

Potência kWh	Consumo/mês	Tarifa 1995 s/ICMS	Tarifa 1995 c/ICMS-SP	Tarifa 2001 s/ICMS	Tarifa 2001 c/ICMS-SP
1,5	277,65	21,71	27,13	50,73	63,41

Avaliando-se os dados encontrados na Tabela 15, verifica-se que o custo de energia apenas para banho foi bastante significativo, com a vantagem de oferecer grande conforto ao usuário, além de atender outros pontos simultaneamente, com prejuízos no volume reservado.

5.6.2 – Avaliação Experimental

Após a verificação da instalação, observou-se a instalação do dispositivo de segurança na entrada de água fria, destinado à proteção contra o superaquecimento e a lira para evitar o retorno de água quente na tubulação de água fria, conectamos sua fiação com o terceiro fio (terra) na tomada tripolar, devidamente aterrada.

Anotou-se a temperatura inicial de 23°C, a pressão estática da rede ligando o aparelho à tomada, verificando a confirmação do tempo necessário para o aquecimento da água no reservatório com uma diferença de 10 minutos, ou seja 4:20 h para aquecer 135litros de água, com um $\Delta T = 21^{\circ}\text{C}$ atingindo uma temperatura de 64°C, a mesma observação se faz com relação ao custo de energia, confirmando os dados fornecidos pelo fabricante, como mostra a tabela 17.

Tabela 16 – Consumo Experimental do Aq. Elétrico de 135 litros

Potência kWh	Consumo/mês	Tarifa 1995 s/ICMS	Tarifa 1995 c/ICMS-SP	Tarifa 2001 s/ICMS	Tarifa 2001 c/ICMS-SP
1,5	281,25	21,99	27,49	51,39	64,23

Outra característica importante observada durante o ensaio, foi a restrição à passagem de água em seu interior, ou seja, a perda de carga provocada pelo aquecedor é praticamente nula, não sendo possível verificar a perda de carga provocada por esse tipo de aparelho, onde foram colocados dois manômetros, um antes na entrada de água fria e outro depois na saída do tanque, conforme pode ser observado na figura 6.6, e talvez devido ao erro de paralaxe ou ao erro apresentado pelo manômetro de cerca de 2%, considerado normal nesse tipo de aparelho.

Fato semelhante ocorreu com o número de banhos proporcionado pelo equipamento, que atendeu 4 banhos consecutivos como mostra a Figura 76, sendo necessário aguardar a recuperação para outros dois subseqüentes.

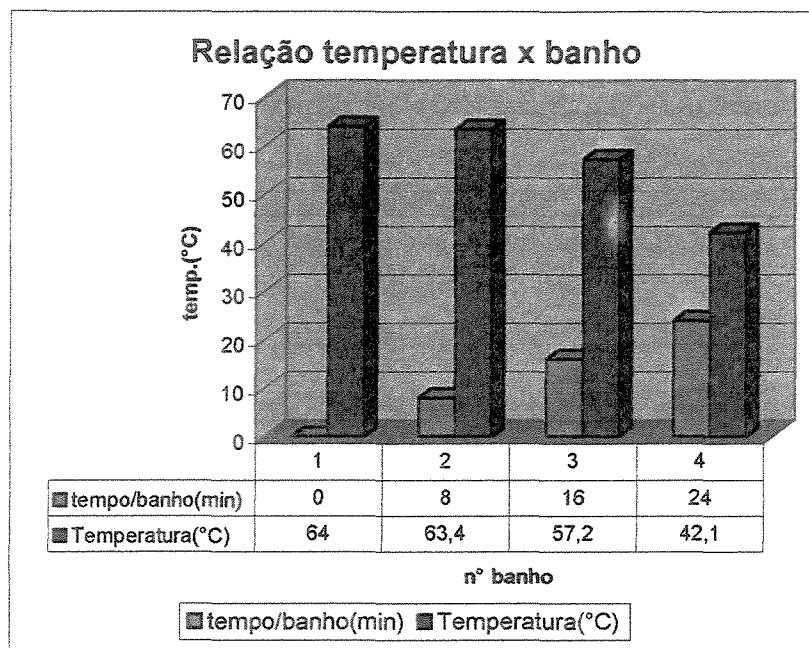


Figura 76 – Desempenho Experimental do Aquecedor El. Acumulação de 135 litros

A partir destes dados, verifica-se que o equipamento atende as expectativas do usuário no quesito conforto, pois o volume de água aquecida é constante, porém com restrições à permanência de uso, visto que nesse tipo de instalação, dependendo do usuário, o período de permanência e volume de água quente pode variar, comprometendo os demais usuários do sistema.

Outro inconveniente desse aparelho é que seu termostato não permite a escolha gradual da temperatura dentro do reservatório, que vem regulada de fábrica, e mesmo no verão irá funcionar por um determinado período, desde que se instale um dispositivo de tempo (timer) que permitirá um melhor monitoramento, ou o desligamento do aparelho no quadro de distribuição. O timer possibilitará a melhor escolha do funcionamento da resistência por um

período pré-programado, por exemplo, por cerca de 3 a 4 horas antes do horário habitual de banho, resultando numa economia considerável de energia ao usuário.

Esse tipo de dispositivo também permite um melhor monitoramento de energia, pois em determinados países, a tarifa de energia durante a madrugada é bem menor que a durante o dia e início da noite, no período de ponta.

5.7 – Aquecedor de Acumulação a Gás GLP de 85 litros

Outro aparelho avaliado, com características semelhantes ao modelo anterior, ou seja, um equipamento de água quente de acumulação vertical a gás combustível, com capacidade de 85 litros, com potência Pot. (U) = 6069 kcal/h ou 7,057 kWh, dispositivo de controle de temperatura (termostato), permite o controle de temperatura até 70°C, que através do termopar desliga a alimentação de gás principal, como apresentado na Figura 77.

Esse tipo de aparelho tem uma particularidade interessante, para sua partida inicial, ou seja, para seu primeiro funcionamento do dia, ou do período desejado, há necessidade da partida através de um sistema de ignição manual, como mostra a pessoa da foto acionando a ignição e conseqüentemente a chama piloto, que é uma pequena chama servindo como elemento de acionamento do queimador principal do equipamento, responsável pelo aquecimento da água, que se desligará sempre que atingir a temperatura desejada, como mostra a Figura 76. Essa chama piloto ficará constantemente ligada durante o período de funcionamento do sistema, mesmo quando atingir a temperatura desejada.



**Figura 77 – Aquecedor de Acumulação a Gás Combustível de 85 litros
Acionamento da partida (primeira ignição)**

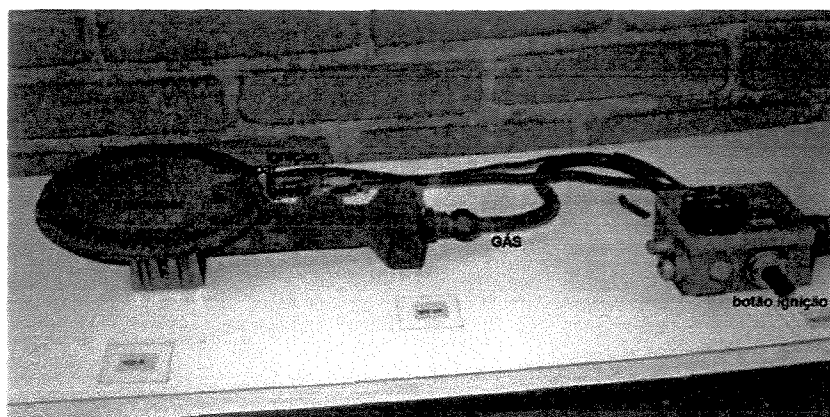


Figura 78 – Queimador e mecanismo de segurança

Esse tipo de aparelho doméstico só é encontrado na posição vertical devido a sua característica de funcionamento, mas com diversas capacidades dependendo das necessidades do usuário. Apresenta algumas restrições na sua instalação que deverá ser localizada em lugar aberto, com ventilação permanente, geralmente em áreas de serviço quando instaladas em apartamentos e casas, ou externamente em abrigos próprios quando instaladas em residências, devidamente isoladas e protegidas contra chuva e rajadas de vento.

Quanto ao custo de instalação do equipamento, a diferença está na substituição da instalação elétrica pela tubulação de gás e o aparelho propriamente dito, onde um aparelho com essa configuração no mercado custa em torno de R\$ 1200,00, e a instalação de gás cerca de R\$ 500,00 dependendo da distância do ponto de entrada ou do vasilhame de gás. O restante das instalações devem obedecer aos mesmo critérios, como tubulação de água quente, de água fria, misturados e registros independentes, como em qualquer equipamento de aquecimento central.

5.7.1 – Avaliação Teórica

Conforme as especificações do fabricante, o aparelho apresenta uma potência de $Pot = 6069 \text{ kcal/h}$, o equivalente a $7,057 \text{ kWh}$, quando alimentado com GLP (ou $Pot = 6082 \text{ kcal/h}$ quando alimentado a GN), consumindo $0,514 \text{ kg/h}$ de gás GLP, com capacidade de recuperação de 100 l/h num $\Delta T = 45^\circ\text{C}$.

Considerando-se as mesmas condições do aquecedor elétrico anterior, com a temperatura inicial de $T_{AF} = 20^\circ\text{C}$, temperatura de $T_{AQ} = 60^\circ\text{C}$ e aplicando-se o rendimento apresentado acima pelo fabricante, verificou-se que a temperatura de 60°C é atingida em 48 minutos, e aplicando-se as equações apresentadas pelo equipamento elétrico central de acumulação, apenas com a diferença do volume do equipamento que é de 85 litros, pode-se verificar o desempenho apresentado no gráfico da Figura 79:

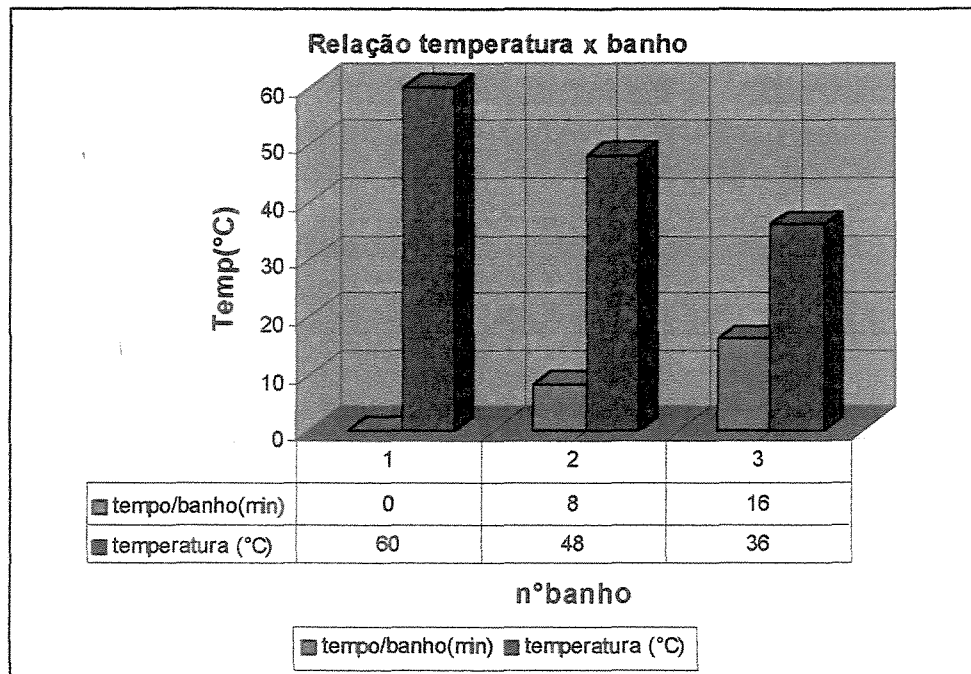


Figura 79 – Desempenho Teórico do Aq. Central a Gás de 85 litros

Analisando-se o gráfico da Figura 79, verifica-se que em até dois banhos consecutivos é possível ter um banho de 8 minutos, e no terceiro banho terá que aguardar a recuperação de água quente. Porém esse equipamento possui um dispositivo que ao atingir uma determinada temperatura no reservatório faz com que libere a passagem de gás e acione a chama principal recuperando o calor mais rapidamente que o equipamento elétrico, onde seu poder de recuperação é de 100 l/h.

Conforme os dados oferecidos pelo fabricante, verificou-se que para o aquecimento de água apenas para o banho de cinco pessoas, o consumo necessário de GLP seria de 0,571 kg/dia, ou seja, seriam necessários 17,13 kg/mês de GLP.

Quanto ao custo energético, os valores apresentados são pouco elucidativos, pois o preço do GLP apresenta uma grande variação, de região para região e entre distribuidores, devido a grande concorrência, e no presente estudo foi aplicado o valor médio referentes ao Estado de São Paulo, que apresentou os custos apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Consumo Teórico do Aq. GLP de 85 litros.

Cons.mês (kg)	1995 (R\$)	2001(R\$)
17,13	9,52	22,61

Analisando os resultados verifica-se que, apesar do energético ter tido um aumento mais significativo que a energia elétrica, ainda assim é mais econômico em relação ao outro, mesmo considerando seu rendimento em torno de 80%, ou seja, com 20% a mais com despesas de energia, a economia com a energia estaria por volta de 40%.

5.7.2 – Avaliação Experimental

Na parte experimental verificou-se uma certa dificuldade no primeiro acionamento do aparelho, como mostra a Figura 77, visto que há demora para a entrada do sistema em funcionamento, visto que inicialmente teve que ser acionada a chama piloto para, posteriormente, acionar a chama do queimador, o que gera certa preocupação ao usuário, pois a visão da chama é dificultada pela posição do queimador, que fica situada na parte inferior do aparelho.

Depois de acionado o queimador verificou-se que o ponto de equilíbrio térmico se deu após uma hora, conforme regulado, iniciando a coleta de dados cuja temperatura de água fria observada no dia da coleta (06/05/2002) era de 24°C, em um dia de outono bastante quente.

O comportamento apresentado pelo aparelho durante a simulação um banho de ducha comum, foi a vazão de aproximadamente de 6 litros/minuto no ponto de chuveiro (vazão considerada nesse tipo de instalação) devido à dificuldade de leitura dos hidrômetros e cronômetro simultaneamente. Os valores observados foram próximos aos dados teóricos, devido a temperatura de água fria ser um pouco elevada, conseguindo um rendimento próximo na recuperação de calor, conforme apresentada no gráfico da Figura 80.

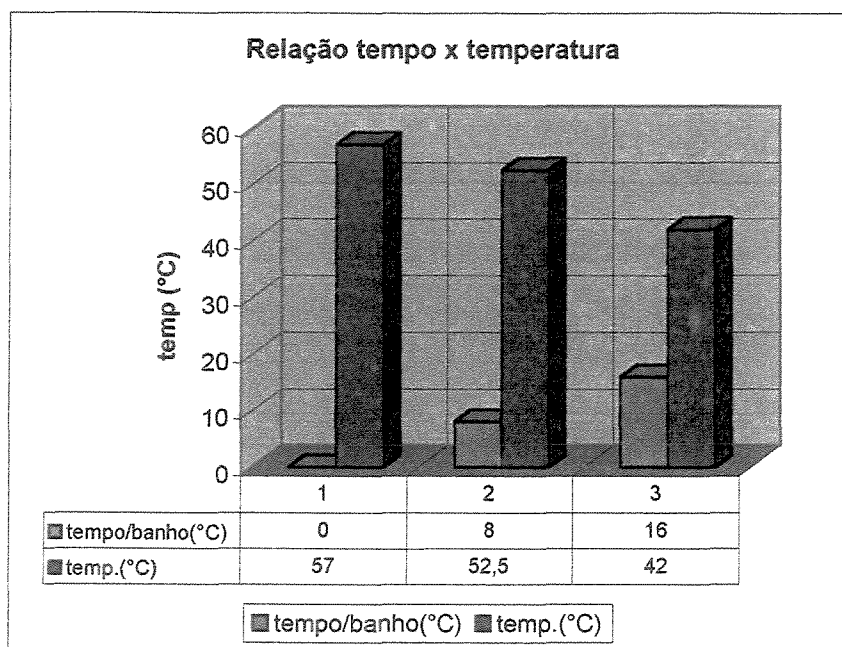


Figura 80 – Desempenho Experimental do Aq. GLP de 85 litros

Em relação ao consumo de energia, GLP, os valores coletados possuem uma margem de erro, pois o sistema mecânico de relojoaria do medidor de gás apresentar alguma dificuldade de leitura, como também devido ao pequeno mostrador em movimento, pois a coleta foi registrada visualmente, com erros de paralaxe, cuja anotações das leituras foram realizadas simultaneamente do registrador e do cronômetro, onde foram constados valores bem próximos dos valores do consumo teórico, apresentada na Tabela 18.

Tabela 18 – Consumo Experimental do Aq.de GLP de 85 litros

Consumo/mês (kg)	1995 (R\$)	2001(R\$)
17,55	9,75	23,16

Os resultados apresentados na tabela 19 demonstram que em termos de custos de energia, ainda que o equipamento tenha um rendimento em torno de 80% neste tipo de aparelho, é mais econômico que o de energia elétrica gerando uma economia em termos reais em torno de 40%, e ainda assim seu poder de recuperação de calor dentro do reservatório se faz mais rapidamente, devido ao seu alto poder calorífico de 11.000 kcal/kg, resultando em menor tempo de espera e conseqüentemente maior conforto ao usuário.

Por outro lado esse equipamento requer cuidados especiais, como uma manutenção periódica preventiva, a correta escolha do equipamento, instalação e localização com ventilação permanente, gerando maior confiança do sistema que é bastante seguro, desde que observados esses critérios.

A viabilidade de substituição deste equipamento pelo outro de acumulação elétrico, se justifica não apenas pela economia de energia, mas também pela possibilidade de utilização das mesmas instalações hidráulicas, havendo a necessidade de pequenas adaptações na localização do aparelho e nas tubulações de gás. Com a economia gerada pela substituição da energia elétrica pelo gás combustível o retorno financeiro se dará num curto prazo, atrelado à política energética vigente no país, visto que o insumo se trata de um combustível derivado de petróleo, mas o ganho real na recuperação de calor é mais evidente, o que justificaria a troca.

Cabe salientar que neste tipo de aparelho o tempo de espera para recuperação é menor, e se o usuário utilizar menor volume de água para o seu banho, em torno de 6 litros/minuto, com o queimador em operação, essa espera praticamente não será necessária, onde outros usuários praticamente tomariam seu banho, um após o outro sem espera.

5.8 – Aquecedor de Passagem a Gás GLP de 6 litros

O aquecedor instantâneo de passagem a gás (GLP) de 6 litros, é um equipamento com uma característica particular, sendo um dos poucos equipamentos de aquecimento de água a gás combustível oferecidos no mercado, que podem ser instalados dentro do local de banho, o denominado “fluxo balanceado”, onde o oxigênio utilizado na queima do combustível é retirado do meio externo, e o gás, produto da combustão, é lançado para fora sem contato de um com o outro, em dutos distintos.

Esse equipamento tem uma tecnologia incorporada, onde seu acionamento se faz através de ignição elétrica de acionamento manual, com pilha grande comum de 1,5 V, responsável pela ignição que aciona a chama piloto, servindo de ignição do queimador principal, responsável pelo aquecimento do aparelho.

A abertura da válvula de admissão de gás combustível se faz através da abertura do registro de água quente, liberando o gás no queimador principal, acionando a chama que esquentar uma chapa metálica, em contato com uma serpentina de cobre, onde percorre a água fria, que através da troca térmica recebe calor aquecendo a água que circula dentro dela.

Esse equipamento, apresentado na Figura 81, é dotado de alguns mecanismos de segurança, como dispositivos que desligam o gás quando houver superaquecimento ou apagamento da chama, falta de água e gás, além de possuir o invólucro totalmente vedado, impedindo a saída de gases tóxicos no ambiente.

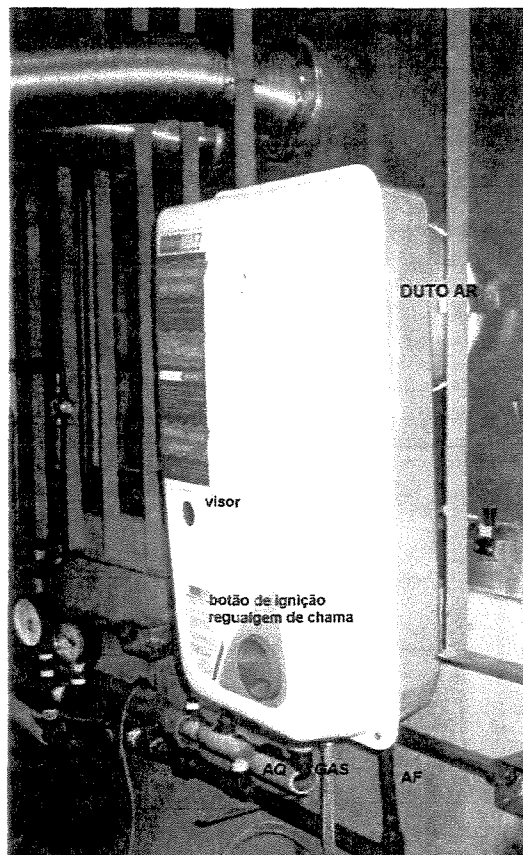


Figura 81 – Aquecedor de Passagem de GLP de 6 litros.

Esse equipamento é montado no Brasil, com tecnologia da Argentina, distribuído em diversos Estados brasileiros, principalmente nos Estados do Sul e Sudeste, sendo encontrado em grandes lojas de materiais de construção e lojas de aquecedores, com um preço aproximado de R\$ 500,00 para o varejo.

Possui uma certa vantagem sobre o outro equipamento de acumulação central, porque seu sistema somente entra em operação somente no instante da utilização de água quente, aquecendo quase que instantaneamente, gerando cerca de 30% de economia de gás combustível sobre o outro equipamento, com a vantagem de manter uma vazão constante de água quente de até 6 litros, podendo abastecer vários pontos de uma residência, com a restrição de um ponto de cada vez.

Sua configuração interna, do queimador, do botão de regulagem de vazão de gás combustível e acionamento de ignição, do sistema de troca de calor, e do sistema de entrada e saída dos gases estão apresentados na Figuras 82 a 84.



Figura 82 – Sistema Interno do Aq. de 6 litros “FB”de GLP

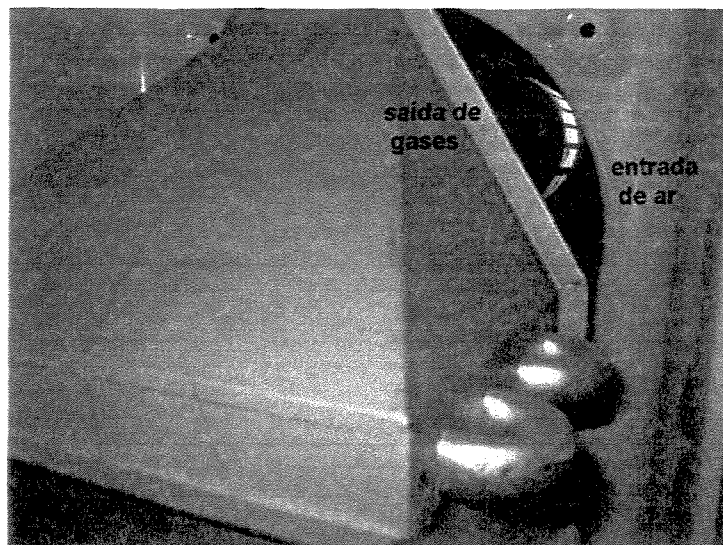


Figura 83 - Detalhe Interno do Sistema de Fluxo Balanceado "FB"

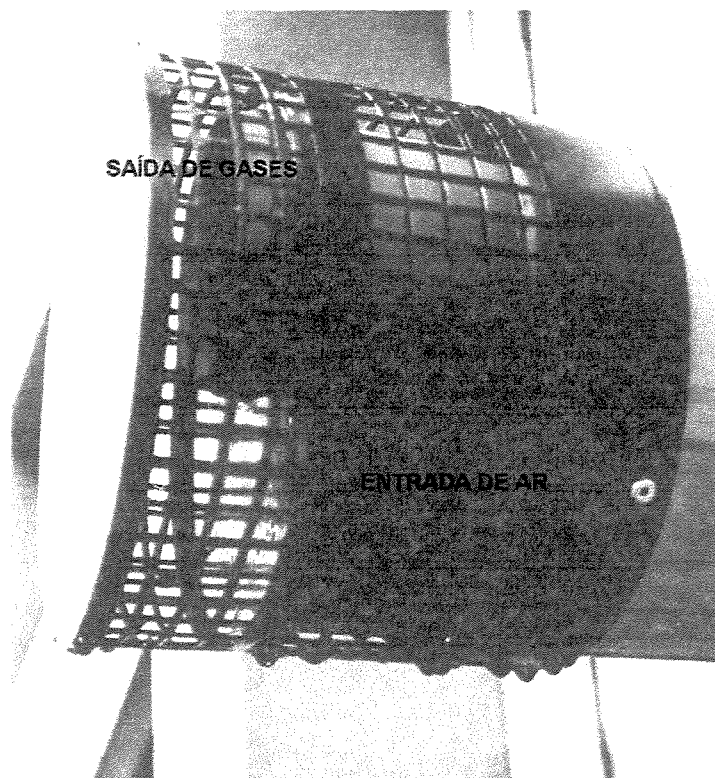


Figura 84 – Detalhe Externo de Entrada de Ar e Saída de CO.

Esse sistema apresenta uma particularidade: antes de utilizar o equipamento, deve-se acionar a chama piloto através da rotação do botão de controle de vazão do gás, onde inicialmente deve-se apertar esse botão para acionar a ignição da chama piloto, que permanecerá acesa até que se abra alguma válvula (registro) de água quente, liberando gás combustível no queimador, colocando o sistema em funcionamento.

Uma observação nem sempre percebida pelos instaladores diz respeito à restrição de pressão do aparelho, que devido às suas características internas, devem ser instalados em residências e apartamentos que possuam uma pressão mínima de 2,0 m.c.a, além do ambiente onde se instalará o equipamento ter uma face para o lado externo, devido ao sistema de exaustão mostrado na Figura 82, sendo recomendada a instalação de pressurizadores em condições de baixas pressões, como mostra a Figura 85.

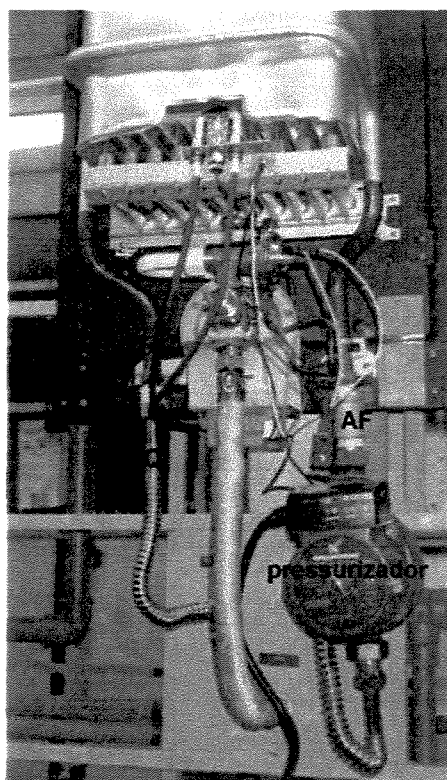


Figura 85 – Detalhe de Pressurizador na Entrada de AF

Essa opção também possibilita a instalação desse tipo de aparelho em sistema de aquecimento central elétrico ou solar, cujo reservatório possui uma resistência elétrica

conectada a um termostato, que neste caso será desconectado e o pressurizador será acionado pelo termostato sempre que, sob determinada condição de temperatura, liga o sistema de recirculação, passando a água do reservatório pelo aquecedor de passagem a gás onde é aquecida, retornando ao reservatório até que se estabeleça o equilíbrio térmico dentro do reservatório, desligando o sistema de recirculação, eliminando assim a atuação da resistência elétrica. Esse sistema tem a vantagem de recuperar o calor mais rapidamente que o sistema elétrico, com economia de energia sem comprometer o sistema.

5.8.1 – Avaliação Teórica

Esse tipo de aparelho pode substituir os similares elétricos com vantagem econômica sobre o custo energético, visto que seu rendimento embora menor que a energia elétrica, tem uma potência de 9.500 kcal/h, ou seja 11,00 kWh de energia elétrica, devido ao maior poder calorífico do GLP em relação a energia elétrica.

A instalação desse tipo de aparelho de aquecimento instantâneo de passagem a gás GLP deve seguir os mesmos critérios da instalação hidráulica do aquecedor elétrico de passagem, tendo duas redes distintas, uma de água quente e outra de água fria, com misturadores, além do sistema de alimentação de GLP, com abertura de passagem da tubulação de entrada e saída de ar na parede junto do aparelho, eliminando o sistema elétrico de alimentação, fiação, eletrodutos e dispositivos de proteção.

Os custos da instalação da tubulação de gás GLP e do aparelho de aquecimento são menores que a instalação elétrica de um aparelho de aquecimento de água de passagem elétrico, pois a tubulação de gás individualizada, pode ser executada em tubos de cobre com diâmetro reduzido, vendidos em rolo moldável eliminando conexões e soldas, reduzindo consideravelmente a mão de obra da tubulação de gás, dando maior segurança aos usuários contra vazamentos. Já o custo de implantação do sistema elétrico é maior, havendo necessidade de eletrodutos embutidos na parede ou teto, com circuito independente e fiação apropriada, e dispositivo de proteção DR, representando uma economia de cerca de 30% na instalação na instalação de gás.

Com relação ao custo energético, o consumo de GLP segundo o fabricante é cerca de 0,78 kg/h, representando um consumo de 15,60 kg/mês de GLP, apenas para o banho de 40 minutos/dia como em outros aparelhos, uma elevação de temperatura $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$ com vazão máxima de 6,0 l/min.

Tabela 19 – Consumo Teórico Aq. GLP de 6 litros

Consumo (kg GLP)	1995 (R\$)	2001 (R\$)
15,6	8,69	20,91

As mesmas considerações do aparelho de aquecimento de passagem elétrico apresentado anteriormente, foram aplicadas neste aparelho a gás combustível, verificando-se uma economia de energia bastante significativa, acima de 50% desses valores, o que não representa a realidade, pois a variação do custo do energético está vinculada às variações cambiais e da política governamental.

5.8.2 – Avaliação Experimental

Com relação a avaliação experimental, verificou-se que os dados teóricos não coincidem com a prática, visto que as condições de leitura estão sujeitas a erros de paralaxe em relação ao pequeno mostrador, com o hodômetro em funcionamento, registro de dados e cronômetro de tempo simultaneamente, além de constatação da chama piloto estar constantemente ligada durante a operação, gerando um pequeno acréscimo no consumo, gerando um consumo total de 15,67 kg/mês de GLP. Esses dados poderiam ser mais confiáveis se no medidor tivesse um sistema de coleta de dados acoplados a um computador, onde os erros cometidos pela falha humana poderiam ser eliminados, dando mais confiabilidade à medição.

Tabela 20 – Consumo Experimental Aq. GLP de 6,0 litros.

Consumo (kg GLP)	1995 (R\$)	2001 (R\$)
15,67	8,74	20,68

Com relação ao desempenho desse aparelho, procurou-se avaliar seu comportamento relacionado à vazão de água, diferença de temperatura e perda de carga (pressão), visto que a vazão do gás se apresentava na potência máxima, ou seja, conforme apresentado na tabela acima.

A regulagem da vazão de água quente, não foi precisa (6,0 l/min.) devido à dificuldade apresentada nesse tipo de válvula (registro) de pressão, sendo que os mais indicados para esse tipo de regulagem milimétrica, seriam as válvulas de agulha que permitem uma melhor ajustagem de vazão.

Esse comportamento relacionado ao conforto está apresentado no gráfico da Figura 86 onde verificou-se a relação de vazão x temperatura x perda de pressão, cuja temperatura inicial no dia da avaliação 04/06/2002 era $T = 23,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, utilizando-se a máxima vazão de gás liquefeito de petróleo, GLP.

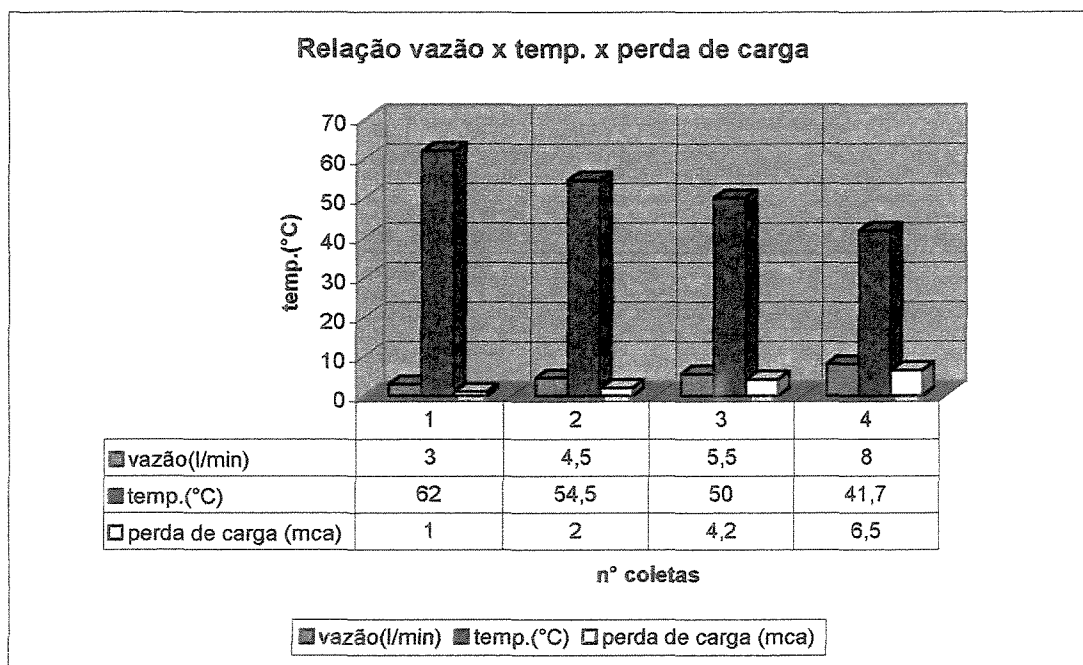


Figura 86 – Desempenho Experimental do Aquecedor GLP de 6 litros.

Analisando o gráfico da Figura 86, verifica-se que o equipamento atende as expectativas do usuário, com relação ao conforto, cuja temperatura inicial de $23,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ foi determinante com relação ao seu desempenho, com uma vazão de 8,0 litros/min de água com um

$\Delta T = 18,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, atingindo uma temperatura de $41,7^{\circ}\text{C}$, acima da temperatura ideal de banho no período de inverno, possivelmente teria que se utilizar da mistura de água fria, onde talvez, numa condição mais severa (maior vazão) com menor temperatura inicial, não atendesse tão satisfatoriamente.

5.9 – Aquecedor de Passagem à Gás GLP de 30 litros

Esse equipamento é considerado um dos mais complexos encontrados em nosso mercado, com uma vazão de 30 l/min de água quente com Potência de 41.000 kcal, o equivalente a 47,67 kWh, vazão suficiente para abastecer até três pontos simultâneos, pois incorpora uma série de tecnologias que auxiliam no bom desempenho desse sistema, com processador eletrônico monitorando o sistema de temperatura, nível de CO, modulação da chama, superaquecimento do sistema, etc, portanto um dos mais sofisticados, com o custo aproximado de R\$ 3.500,00 (importado) nas grandes lojas de materiais de construção, representantes e instaladoras.

A grande vantagem desse sistema é que pode substituir o equipamento de aquecimento de acumulação central numa residência ou apartamento, ocupando pequeno espaço, porém devem ser observados os critérios de dimensionamento correto do seu sistema de alimentação de gás, que apresenta um consumo de até 3,47 kg/h de GLP, segundo o fabricante, quando em plena carga (30 l/min de água quente).

Esse tipo de aparelho tem sido utilizado como sistema de apoio a gás combustível em geradores de água quente com volumes acima de 2.000 litros, acoplando-se dois ou mais equipamentos em paralelo ao tanque, abastecendo o todo edifício, com grande economia de energia sobre os sistemas individualizados, sendo aplicado em condomínios de apartamentos de luxo, hotéis, hospitais, shopping centers, etc, acoplados a um sistema de recirculação atendendo vários pontos de água quente na edificação.

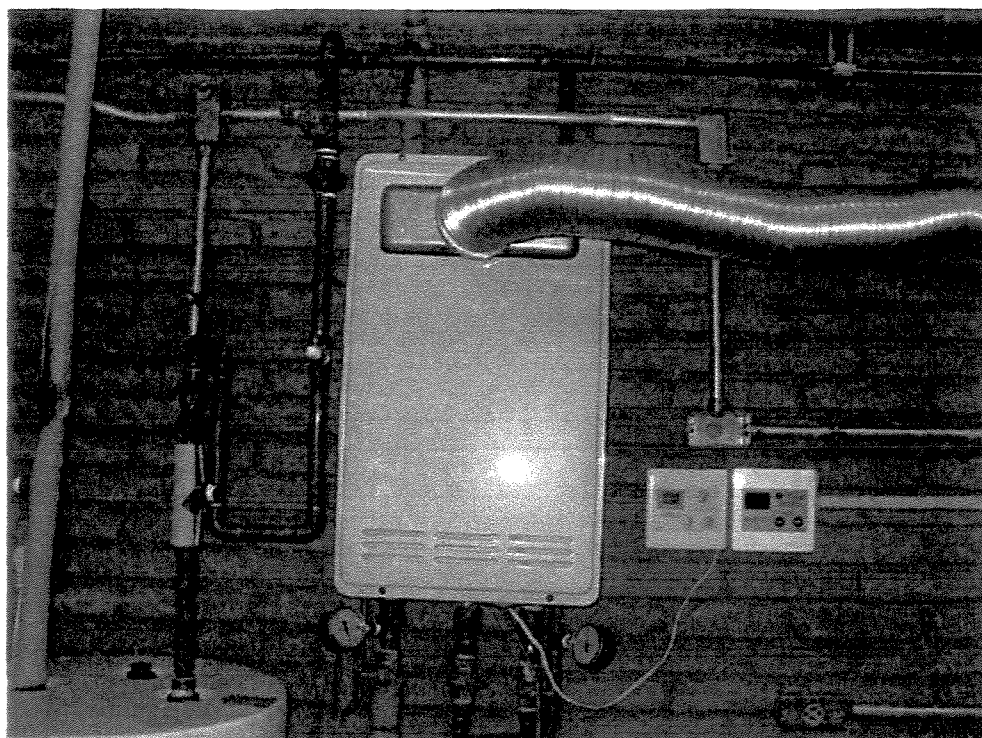


Figura 87 – Aquecedor Instantâneo de Passagem GLP de 30 litros

O aparelho da Figura 87 tem um complexo sistema de monitoramento eletrônico através de um painel digital, possibilitando a escolha da temperatura desejada, que através do processador libera a quantidade de chama necessária para atender as variações de vazão solicitadas pelo usuário.

Esse painel pode ser instalado dentro do banheiro, sendo recomendada a instalação do aparelho fora do banheiro, em área de serviço com ventilação permanente ou externa devidamente protegida das intempéries.

O fabricante desse aparelho também recomenda uma pressão de água inicial entre 10 e 50 m.c.a, com uma vazão de 2,7 l/min, além da necessidade de conexão de energia elétrica para o seu sistema de monitoramento.

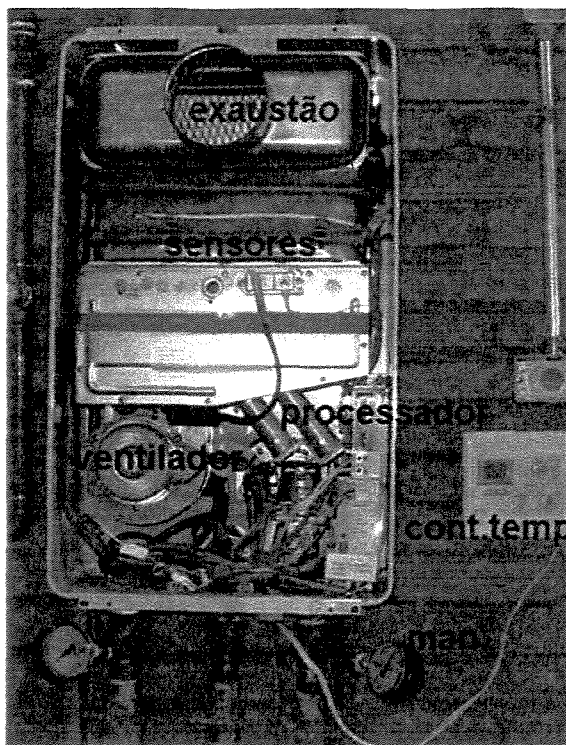


Figura 88 – Vista Interna do Aquecedor GLP de 30 litros

A Figura 88 mostra o sistema interno de controle e sensores para monitoramento de temperatura, de níveis de CO, vazão de água, de entrada de Oxigênio, gás de alimentação, sistema de modulação de chama, que varia conforme a solicitação do sistema, além de manômetros instalados para monitorar as perdas de carga durante a operação do sistema.

Observa-se também que neste aparelho, a saída de gases de exaustão se faz na parte frontal, sem atender a altura mínima vertical (60cm) da tubulação de saída dos gases da combustão, devido ao seu sistema de ventilação forçada, comandada pelo processador que aciona o ventilador depois de iniciada a operação. Esse aparelho também é dotado de sistema monitoramento de nível de CO, onde constatada qualquer anomalia do sistema de combustão, desliga o aparelho é desligado dando maior segurança ao usuário.

5.9.1 Avaliação Teórica

Conforme suas especificações nota-se que esse aparelho atende aos mais exigentes usuários, permitindo uma vazão de até 30 litros/minuto, ou até três pontos de uso simultâneo, substituindo o aquecedor central de acumulação a gás, com vantagem econômica, atendendo todos os pontos de água quente como no aquecedor de acumulação com economia de espaço, onde o aquecimento é instantâneo com grande volume de água quente, porém com custo operacional proporcional ao desempenho.

Ao contrário do se imagina, ao considerar a utilização desse equipamento em plena carga, ou seja, fornecendo 30 l/min. de água quente, pode-se dizer que esse equipamento fornece a mesma quantidade de água quente para 5 pessoas tomando banho de 6 l/min (Orbis 6 litros) simultaneamente, resultando numa maior economia do equipamento de 30 litros do que 5 equipamentos do modelo anterior funcionando simultaneamente, que apresenta um consumo mensal de 13,88 kg GLP/mês, enquanto que o equipamento anterior seu consumo, conforme o fabricante e a simulação do estudo, o consumo mensal foi de 15,60 kg GLP/mês, conforme apresentação na Tabela 22.

Tabela 21 – Consumo teórico de Aquecedor de GLP de 30 litros

Consumo (kg GLP)	1995 (R\$)	2001 (R\$)
13,88	7,73	18,59

5.9.2 – Avaliação Experimental

As mesmas considerações na leitura dos mostradores foram observadas também neste equipamento, onde foi constatada uma variação em torno de 30% com relação aos dados teóricos, devido a dificuldade encontrada na leitura, erro de paralaxe, registrador em movimento, cronometragem e anotações, onde na vazão de 6 l/min foi verificado um consumo de 0,0106 kg/min de gás liquefeito de petróleo. Apresentando um consumo mensal para a família

considerada nesse estudo, apenas para o banho de cinco pessoas (20 horas/mês) de 12,72 kg/mês de GLP, como mostra a Tabela 23.

Tabela 22 – Consumo de GLP experimental com vazão de 30,0 litros/min.

Consumo (kg GLP)	1995 (R\$)	2001 (R\$)
12,72	7,08	17,05

Avaliou-se neste aparelho a possibilidade de manutenção de temperatura programada em 50°C, observando seu comportamento quanto à variação de vazão observando as perdas de carga e consumo de GLP correspondentes, como mostra o gráfico das Figuras 89 e 90.

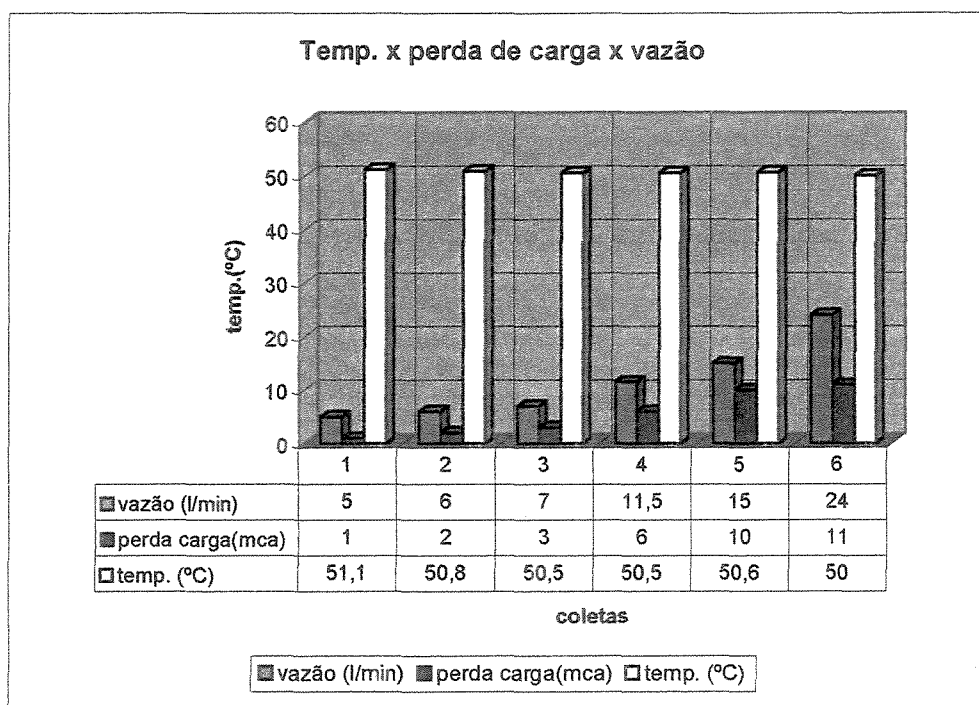


Figura 89 – Desempenho do Aquecedor GLP de 30 litros

Nessa avaliação, verificou-se uma variável adicional com relação ao modelo anterior, que possuía chama limitada, enquanto que neste aparelho a chama é variável, daí a necessidade de verificação do consumo de GLP, pois esse equipamento possui um dispositivo de chama automodulável, modulando a chama conforme a solicitação, através de um sinal emitido pelo

processador que libera o gás combustível na quantidade necessária para que atinjisse a temperatura determinada.

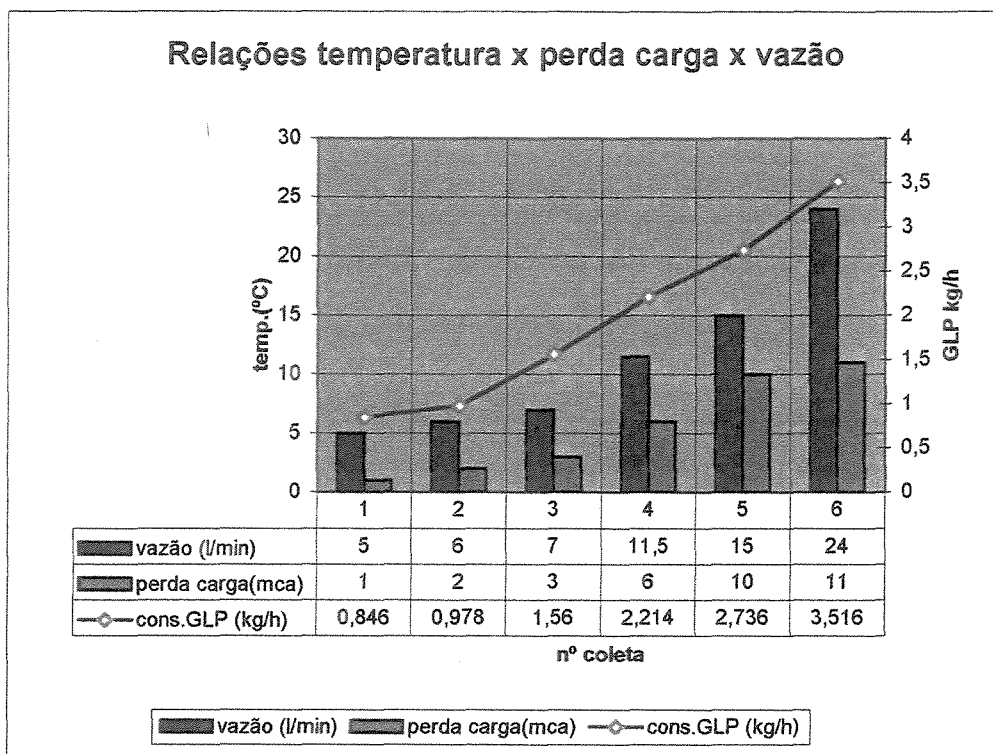


Figura 90 – Comportamento do consumo com relação à vazão e perda de carga

Esse aparelho foi submetido ao limite de vazão máxima permitida pela instalação, onde apresentava uma pressão dinâmica de 21 m.c.a na entrada do aparelho, provocando uma perda de pressão 11 mca dentro do aparelho, conseguindo chegar a 24 l/min com um consumo de 0,0586 kg/h de GLP, a uma temperatura fixada no painel digital de 50°C.

Essa vazão corresponderia ao consumo de 3 pontos simultâneos de consumo de água quente com 8 l/min, onde certamente necessitaria da mistura de água fria para que atingisse a temperatura ideal de banho, em torno de 37°C, demonstrando com isso que esse equipamento pode substituir o aquecedor central de acumulação, com a vantagem de não desperdiçar gás combustível quando em desuso, além de permitir o controle de temperatura através do painel digital.

Uma observação sobre este aparelho é que, geralmente no dimensionamento padrão de uma rede de gás GLP ou GN, de um prédio de apartamento residencial, não é considerado aparelho com essa capacidade de vazão em todos os apartamentos, devido ao seu alto consumo de gás combustível, o que exigiria um aumento dos diâmetros das tubulações de gás e que dificilmente atenderiam a vários aquecedores simultaneamente, considerando-se suas potências máximas, mas isso é possível porque dificilmente atingem esse estágio, e devido as suas características técnicas nem sempre é adequado ao tipo de apartamento, além de seu alto custo de aquisição.

6 – Análise dos resultados

Diante dos resultados das avaliações, verificou-se que cada aparelho tem seu público alvo, visto que todos equipamentos tem determinadas características importantes que devem ser consideradas pelos projetistas, construtores, e usuários antes de ser adquiridas e instaladas, evitando prejuízos e constrangimentos posteriores.

Tabela 23 – Resumo dos consumos energéticos dos aparelhos de aquecimento de água.

Equipamento	Custo (R\$)	Pot. (kWh)	Pot. (kcal)	Tub.AQ	Misturador	Cons.(20h) kWh	Cons.(20h) kcal GLP
Chuv. "modelo popular"	20,00	4,4	3.748	Não	não	88	6,88
Ducha Eletrônica	250,00	6,5	5.590	Não	não	130	10,16
Aq.Pas.Elet."I"	500,00	9,1	7.826	Sim	sim	182	14,23
Aq.Pas.Elet."II"	650,00	10,56	9.082	Sim	sim	211	16,44
Aq.AC. Elet. De 135 l	1.200,00	1,5	1.290	Sim	sim	281	22,01
Aq.AC. GLP de 85 l	900,00	7,06	6.069	Sim	sim	224,6	17,56
Aq.Pas.GLP de 6 l	500,00	11,05	9.500	Sim	sim	200	15,67
Aq.Pás.GLP de30 l	3.300,00	47,67	41.000	Sim	sim	162,7	12,72

Na tabela 23 procurou-se retratar algumas características importantes ao usuário, procurando demonstrar a equivalência energética dos equipamentos avaliados, de energia elétrica (kWh) e GLP (kcal/h), onde são apresentados os valores médios dos aparelhos e seus respectivos consumos energéticos, de acordo com as 20 horas de banho, ou seja, cinco banhos de 8 minutos por dia (período médio de permanência no banho) durante o mês, visto que os energéticos têm tido grandes oscilações, devido à defasagem cambial, visto que mesmo a energia gerada no país é comprada em dólares e repasse é inevitável, pois os contratos da Usina de Itaipu e o gás natural da Bolívia são o chamado *Take or Pay*.

Uma particularidade interessante observada neste estudo foi com relação ao consumo apresentado nos aparelhos de aquecimento de passagem a gás, onde o aparelho de 30 litros/min. é mais econômico que o aparelho de 6 litros/min., conforme a avaliação com a mesma vazão de 6 l/min. Isto se deve principalmente devido aos dispositivos incorporados no aparelho, onde seu processador monitora os níveis de combustível e oxigênio de acordo com a temperatura e vazão pré-estabelecida, através da ventilação forçada, ou seja, a chama aumenta ou diminui conforme a

vazão solicitada, o que aumenta a eficiência do sistema proporcionando maior economia de combustível.

Na tabela 23 foram apresentados os custos aproximados de aquisição apenas dos equipamentos (novembro/2002) e não da mão de obra e material agregado da instalação, visto que esses valores variam conforme a configuração e da dimensão do ambiente, da residência ou apartamento, das necessidades do usuário e *lay out* dos banheiros, cozinhas, ou até áreas de serviço, do número de aparelhos abastecidos com água quente, além de uma infinidade de modelos, fabricantes e preço de misturadores (metais) encontrados no mercado, mas nota-se que com a economia de energia proporcionada pelo equipamento a gás combustível em relação à energia elétrica, a troca do equipamento torna-se viável.

Como exemplo, podemos citar dois aparelhos similares: o aquecedor elétrico de passagem instantâneo da “II” e o aquecedor a gás combustível de passagem de GLP de 6 litros, que atendem o mesmo tipo de usuário, cujas características necessárias para suas instalações são semelhantes, necessitam de uma rede de água quente e outra de água fria após o aparelho.

Com relação ao consumo energético, nota-se um desempenho semelhante, onde o aparelho de aquecimento de água elétrico “II” de 10,56 kWh de potência ou 9080 kcal/h, cujo consumo apresentado é cerca de 211 kWh/mês, ou seja, cerca de R\$ 60,56 de energia elétrica, R\$ 0,287/kWh com ICMS (julho/2002), e no aparelho de aquecimento a gás combustível de 6 litros com potência de 9500 kcal/h ou 11,05 kWh, consome cerca de 15,67 kg/mês de GLP ou seja, cerca de R\$ 31,07 de GLP, ou R\$ 1,98/kg GLP (julho/2002), o que representa cerca de 50% de economia em relação à energia elétrica.

Outra vantagem proporcionada pelo aparelho a gás é o benefício fornecimento de uma temperatura constante e uma vazão maior, limitado de acordo com as características do aparelho de passagem a gás, sendo que no sistema elétrico a vazão é bastante comprometida em relação à temperatura e volume.

Isto vem confirmar a viabilidade de substituição de um aparelho de aquecimento elétrico pelo aparelho de aquecimento de água a gás combustível, principalmente onde é utilizado como sistema de aquecimento central de um determinado banheiro ou cozinha, onde os custos de uma instalação nova praticamente se equivalem.

Quanto à instalação do sistema, desde que prevista anteriormente, os custos de implantação estão cada vez mais acessíveis, devido a diversidade de produtos e materiais, tanto de aparelhos de aquecimento, acessórios e tubulações assim como emprego de equipamentos e mão de obra especializada cada vez mais presente na construção civil.

7- Conclusões

Ao analisar os equipamentos avaliados, verificou-se que todos os aparelhos apresentam determinadas características importantes, do ponto de vista técnico-financeiro, com vantagens e desvantagens ao usuário.

No ponto de vista do usuário em relação ao conforto, os aparelhos de aquecimento central de passagem, a gás combustível, atendem melhor as expectativas com maior economia de energia, proporcionando maior volume de água quente que os similares elétricos, porém com algumas restrições em suas instalações.

Já os aparelhos de aquecimento elétrico de passagem, devido às suas características construtivas não atendem totalmente essas expectativas, pois para que tenham o mesmo desempenho que seus similares a gás combustível exigiriam um aumento desproporcional de sua potência, inviabilizando o emprego em determinadas instalações domésticas, devido a necessidade de um dimensionamento correto das instalações elétricas com fiações maiores e conseqüentemente mais caras.

Quanto ao valor financeiro dos insumos energéticos, viu-se que as variações apresentadas nos últimos anos estão vinculadas aos interesses públicos e de companhias privadas que exploram os setores de energia elétrica e de gás combustível (GLP ou GN), estando este último atrelado às variações do petróleo no mercado mundial e as variações cambiais, onde apenas nos últimos anos, o preço do gás de cozinha chegou aos R\$ 2,00/ kg de GLP (agosto de 2002) representando um aumento real de cerca de 400% desde o início do Plano Real (1994), em praticamente oito anos, onde em agosto de 2002 houve uma intervenção do governo federal, nos preços das refinarias e distribuidores.

Assim como a energia elétrica, que teve seu preço bastante aumentado, cerca de 180% no Plano Real, em decorrência da política adotada pelo governo federal, onde os subsídios são aplicados às famílias de baixa renda, com consumo abaixo de 200 kWh, recaindo sobre os

consumidores de faixa superior, onerando ainda mais a classe média brasileira, quem geralmente paga essa conta.

Considerando-se apenas o valor energético, em valores atualizados (**julho/2002**) na qual o custo da energia elétrica é em torno de R\$ 0,287/kWh (CPFL), e o gás liquefeito de petróleo GLP, média de 1477 distribuidores (**julho/2002**) de R\$ 25,78 no Estado de São Paulo (www.gasbrasil.com.br/mercado/glp/preço - acessado 06/08/2002) e o gás natural GN de R\$ 9,12/m³ (valor fixo até 5,0 m³) da COMGÁS (www.cspe.sp.gov.br - acessado 08/06/2002). A quantidade de energia produzida por 1 kWh = 860 kcal = 0,092 m³ GN = 0,07 kg GLP, onde o rendimento da energia elétrica é em torno de 90% e do gás combustível em torno de 80%, podemos verificar que:

$$1 \text{ kWh} = \text{R\$ } 0,287 \times 1,11 = \text{R\$ } 0,318$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ GN} = \text{R\$ } 1,82 \times 0,11 = \text{R\$ } 0,2002 \text{ (37\% de economia em relação e.e.)}$$

$$1 \text{ kg GLP} = \text{R\$ } 1,98 \times 0,09 = \text{R\$ } 0,178 \text{ (44\% de economia em relação e.e.)}$$

Esse estudo serviu para demonstrar que a utilização de gás combustível para aquecimento de água residencial, é perfeitamente viável com vantagens econômicas aos usuários visto, cuja maioria da população desconhece o real benefício do energético, proporcionando uma melhor participação do gás combustível na matriz energética brasileira, pois parte da produção nacional de gás natural é reinjetada e até queimada sem nenhum aproveitamento, desperdiçando uma energia térmica num país tão carente como este.

Serviu também no esclarecimento do melhor aproveitamento do gás combustível como insumo energético no aquecimento de água de uso doméstico e comercial, como uma das alternativas energéticas disponíveis. Propiciando o alívio do sistema elétrico brasileiro em cerca de 20% no horário de ponta, possibilita a melhor utilização principalmente no setor de produção e serviços essenciais, gerando recursos a nação, minimizando os riscos de *blecaute*.

Esta é uma destinação viável, pelo menos a curto prazo, para o gás combustível, pelos consumidores de pequeno porte, já que o contrato estabelecido com a GAS BOLIVIANO e a

PETROBRÁS é o chamado “*Take or Pay*”, onde o gás é faturado mesmo sem ser consumido, com um contrato de 30 milhões de m³/dia e poderá ser aumentado de acordo com a necessidade, e também a interligação do gasoduto a Argentina pelo sul do país, formando uma rede de fornecimento sustentável e confiável durante um bom período.

Este estudo teve uma certa dificuldade em indexar os valores equivalentes em dólares americanos, devido ao fato que a partir de 1999 o governo brasileiro deixou a moeda brasileira com câmbio flutuante, o que provocou uma desvalorização em torno de R\$ 2,30 = US\$ 1,00 (na criação do Real em 1994, moeda brasileira era cotada a R\$ 0,85 = US\$ 1,00, e o salário mínimo de R\$ 70,00) tornando impossível a manutenção de alguns aparelhos de aquecimento de água residencial e insumos importados em valores equivalentes a moeda americana, pois o consumidor não absorveria tanto aumento.

Já no ano 2002 no período de conclusão deste trabalho, o valor do dólar americano oscilava muito, devido a instabilidade e recessão econômica nos Estados Unidos devido à queda dos edifícios “*World Trade Center*” de Nova York, e conseqüentemente a mundial, e no Brasil estar em período eleitoral, com a tendência da esquerda assumir o poder fez com que em determinado período pré-eleitoral a moeda americana chegasse a R\$ 4,00, que é considerado um valor irreal para atualidade e o salário mínimo de R\$ 200,00.

Neste estudo verificou-se que o equipamento residencial de aquecimento a gás ainda está um pouco distante da população mais carente, aparelhos que incorporam algum mecanismo de segurança, visto que o chuveiro a gás não apresenta nenhuma segurança, já que o oxigênio utilizado na combustão é o mesmo do ambiente confinado, e este não é homologado.

Então uma sugestão deste trabalho, seria no desenvolvimento de um equipamento que apresentasse as características do aquecedor a gás de 6,0 litros (Fluxo Balanceado) que pudesse ser instado diretamente no ponto de utilização (ponto do chuveiro), sem dificuldades na instalação e custos razoáveis.

Referências Bibliográficas

- ANEEL. **Tarifas Médias por Classe de Consumo Regional e Brasil**. Tarifas referentes de 1995 a 2001. http://www.aneel.gov.br/Tarifa/Tarifas_Praticadas/Default_Aplicacao_TarifaMedia.cfm acessado 28/01/2002
- ANP - **Indústria Brasileira de Gás Natural: Regulação Atual e Desafios Futuros**.II. Rio de Janeiro 2001;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **Instalações internas de gás natural (GN) – Projeto e execução - NBR 13933**, São Paulo – 1997;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **Instalações internas de gás liquefeito de petróleo (GLP) – Projeto e execução - NBR 13932**, São Paulo – 1997;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **Instalações internas para uso alternativo dos gases GN e GLP – Projeto e execução – NBR 14570**, São Paulo – 2000;
- BAJAY, S.V., **Energia no Brasil: os próximos 10 anos**. Unicamp,2002. Anais. Campinas. Mídia eletrônica; <<http://www.cgu.unicamp.br/energia2020>>;
- BATTAGLINI, F.J. , et al. **Proposta de otimização do aquecimento de água par uso doméstico. 4º SEMINÁRIO TÉCNICO DAS EMPRESAS DE ENERGIA DE SÃO PAULO**, Anais São Paulo - 1991– Vol.2, Fontes Alternativas e conservação de energia – pg 1-10;
- Boletim Informativo da Federação Nacional dos Engenheiros/FNE** – Ano III – nº 12 – Abril/2001, pg. 4;
- CAVALCANTE, V., **Apagão atinge 70 milhões**. Jornal da Tarde, São Paul, 22, janeiro, 2002. Caderno Economia, pg. 12 A;

- REG expande atuação em gás natural <<http://www.gasnet.com.br/reportagens>- acessado em 02/09/2001
- COMGÁS. Boletim Conjuntura Energia. <http://www.energia.sp.gov.br/Merag.htm>-acessado 28/01/2002
- REDER, H. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**, Rio de Janeiro, LTC, 5 ed., 1995
- REDER, H. **Instalações Elétricas**, Rio de Janeiro, LTC, 14 ed, 2000
- SPE – **Distribuição Setorial da Comgás** < <http://www.energia.sp.gov.br/Merag.htm> – acessado 15/02/2002;
- EITOSA, E. A. **Energia Eólica no Brasil: Situação atual e Perspectivas. SUSTENTABILIDADE NA GERAÇÃO E USO DE ENERGIA NO BRASIL: OS PRÓXIMOS VINTE ANOS**. Anais UNICAMP –2002 <<http://www.cgu.unicamp.br/energia2020>
- RAIDENRAICH, N. **Tecnologia Solar no Brasil. Os próximos 20 anos. SUSTENTABILIDADE NA GERAÇÃO E USO DE ENERGIA NO BRASIL: OS PRÓXIMOS VINTE ANOS**. Anais UNICAMP –2002 <<http://www.cgu.unicamp.br/energia2020>
- IONSALVES, O. M. et al, **Sistemas prediais de água quente**. São Paulo, EPUSP, 1996. (Texto Técnico. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/09);
- BGE – **Censo 2000** - <<http://www.ibge.net/home/estatistica/população/censo2000/telebrasil111.shtm> – acessado 15/10/2001;
- OSHIMOTO, E. **Formulação de metodologia para análise de projetos de sistemas de gás combustível**. São Paulo, 1990. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo;
- OSHIMOTO, E., **Sistema predial de água quente – RINNAI Equipamentos**, São Paulo;
- LAVASSAKI, Y. et al. **Sistemas prediais de água quente e a substituição de energéticos**. In **SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTALAÇÕES PREDIAIS: “INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS III”**, Vol.7, Anais, USP, 1989, pg 219-235.
- USHINAMI, R. I.; PERAZZA, A. A. **Aspectos metodológicos do estudo de mercado nos segmentos residencial, comercial e industrial, do projeto de conversão para gás natural da rede**

existente na cidade de São Paulo. In: **SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE GÁS NATURAL**, Vol.3., São Paulo, 1991. Anais. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ. P. 108-18.

La bactéria de la legionella se halla em ambientes acuáticos <<http://www.iespana.es/veteri/saude.htm> – acessado 16/10/2001

Legislação Sobre Utilização de Gás Combustível em Edifícios e Construções em Geral no Município de São Paulo. Lei nº 11.228, de setembro de 1992, Decreto nº 24.757, de 14 de Outubro de 1987;

LINDNER, G - **O perigo está no ar** <<http://www.na.com.br/1998/abr/21/Ocid.htm> - acessado em 16/10/2001;

MACYNTIRE, A. J. **Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias**, Rio de Janeiro, LTC, 1990;

MACYNTIRE, A.J. **Instalações Hidráulicas – Prediais e Industriais**, Rio de Janeiro, LTC, 1996.

MALCOOM, B., Lowe, R. “ **Energy efficient modernization of housing: a UK case study**” *Energy and buildings*, 32 (2000) 267-280;

Manual de Instalação – Aquecedor Central Digital KDT;

Manual de Instalação Uso e Manutenção- Aquecedores de Passagem ORBIS;

Manual de Instruções - Aquecedor Central CARDAL;

Manual de Instruções - Ducha Eletrônica CARDAL;

Manual de Instruções (Instalação e utilização) RINNAI Digital 20 e 30;

Manual do Acumulador de Água a Gás SAIAR;

Manual do Acumulador de Água Elétrico SAIAR;

Mariotoni, C.A., Gomazako, M.S. – **O Gás Natural na Produção de Energia Elétrica e Outros Insumos Industriais através da Cogeração. IX CONGRESSO BRASILEIRO DE**

ENERGIA, IV SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE ENERGIA.Vol.II , Rio de Janeiro, 2002, Anais, Rio de Janeiro.P.609-15;

ÆLLONI, E., Comgás quer substituir chuveiros. GAZETA MERCANTIL, São Paulo, 25, out. 1996;

ÆLLONI, E., Governo Federal tem novo inimigo: o chuveiro elétrico. GAZETA MERCANTIL, São Paulo, 22, out. 1998;

ÆING, C. Números alarmantes, Jornal da Tarde, São Paulo, 18de julho de 2000. Artigos, pg.2.A;

ÆOURA, B., et al. O país no escuro. Revista Época, ano III nº 156, 14 de maio de 2001, pg. 82-86;

Joqueira, L. A. H. Perspectiva na Produção e Processamento de Petróleo e Gás Natural no Brasil. SUSTENTABILIDADE NA GERAÇÃO E USO DE ENERGIA NO BRASIL: OS PRÓXIMOS VINTE ANOS, Unicamp,2002. Anais. Campinas. Mídia eletrônica;

IOGUEIRA,E., Conta de luz deve aumentar pelo menos 33% neste ano. Jornal Agora, 12, fevereiro, 2002, Caderno Grana, pg. 5 A;

ØNO, M. et al – Introdução da Utilização da Bomba de Calor, viando a Conservação de Energia. 4º SEMINÁRIO TÉCNICO DAS EMPRESAS DE ENERGIA DE SÃO PAULO. Vol.2, São Paulo, Anais, São Paulo.1991. P 1-18;

ØRSOLON, M. SINAL VERDE para economizadores de energia. Revista ANAMACO, ano X – nº 110, julho 2001, pg. 34-52;

Petrobrás - **Energia Eficiente e Limpa** – Informe Publicitário. Revista Super Interessante. Ed. 178- julho 2002, pg. 58;

Petrobrás, **Matriz Energética Brasileira 2000**, Catálogo Informativo, Gás Natural- Um Negócio de Bilhões de Dólares - 30/04/2002;

PIEROBONM,E.; et al. **Estudos anteriores ao apagão.**
www.gasbrasil.com.br/tecnicas/artigos/109/index.htm- acessado 8/11/2001;

Poluição Ambiental <<http://www.gasbrasil.com.br/atualidades/boletins/4> acessado em 18/01/2002;

RADO, R.T.A. , GONÇALVES, O.M. **Water heating through shower and energy demand.** Energy and Building , n.29, p. 77- 82, 1998;

RADO, R.T.A., GONSALVES, O. M. **Demanda de energia elétrica e seu controle em edifícios residenciais.** Boletim Técnico da EPUSP, Depto. De Engenharia de Construção Civil, São Paulo;

ROCOBRE, **Instalações de Gás em Cobre** – Catálogo informativo –2000;

Produção Diária de Gás Natural no Brasil. Revista Brasil Energia, nº 259, junho 2002, pg 93;

Projetos de Termelétrica no Brasil <<http://www.gasnet.com.br/mapas>, acessado em 15/05/2001;

Rede de gasoduto da América do Sul, < <http://www.gasnet.com.br/mapas>, acessado em 15/05/2001;

Regulamento para as Instalações Prediais de gás no Estado do Rio de Janeiro, a cargo da companhia Estadual de Gás do Rio de Janeiro – CEG . Decreto “E” nº 5.525 – de 23 de Junho de 1972; Decreto nº 616 – de 25 de fevereiro de 1976; Decreto ° 23.317 de 10 de Julho de 1997;

USPOLI, I.A.G., Estudo do aproveitamento da energia solar para aquecimento de água em edificações unifamiliares de baixa renda. Campinas, 2001. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas;

SIMÕES, J., Ex-Ministro aposta em aumento de tarifa. Jornal da Tarde, São Paulo, 16, maio,2001. Caderno Cidade, pg. 9^A;

SYGMA, C. A poluição das hidrelétricas. Revista Veja. Ano 35, nº3 , 23 janeiro 2002, pg. 28;

VENÂNCIO, J.F.M., Energia – princípios básicos. “Curso de gás combustível” 2001, Liceu de Artes e Ofício, São Paulo;

VENÂNCIO, J.F.M., Fontes de energia. Tecnologia na Utilização do Gás Combustível Para Sistemas Prediais. Ciclo de Palestras. 1995, Cefet-SP ,São Paulo;

Vendas de Gás Natural no Brasil por segmento-< [http :// www.gasbrasil.com.br/mercado/gn-](http://www.gasbrasil.com.br/mercado/gn-) acessado 20/06/2002;

ANEXOS

1- Fundamentos Teóricos

1.1- Petróleo

O petróleo e seus derivados são compostos formados por átomos de carbono e o hidrogênio é um resultado de uma mistura de hidrocarbonetos em acumulações subterrâneas, e os gases podem ser encontrados na forma de gás naturais ou através do refino do petróleo.

Os hidrocarbonetos com 1,2,3 ou 4 átomos de carbono, à temperatura ambiente e à pressão atmosférica, encontram-se em estado gasoso. O GN (gás natural) é composto basicamente por metano (CH_4) e etano (C_2H_6). Já o GLP (gás liquefeito de petróleo) é formado basicamente por propano (C_3H_8) e butano (C_4H_{10}). Esses dois gases são aqueles usualmente utilizados no abastecimento predial, comercial e industrial onde não existe rede de gás natural.

1.2-TIPOS DE GASES

Define-se gás combustível como sendo qualquer gás ou mistura de gases com características adequadas para ser utilizado como combustível em instalações industriais, comerciais e residenciais.

As principais modalidades são:

1.2.1-Gás Natural

É uma mistura de hidrocarbonetos leves, no estado gasoso, encontrado em camadas superiores de poços de petróleo (gás associado ao petróleo) ou em poços de gás (gás não associado ao petróleo).

Composição Típica do Gás Natural Processado nas UPGN

Componentes	Fórmula	Composição em Volume (%)
METANO	CH ₄	89,35
ETANO	C ₂ H ₆	8,03
PROPANO	C ₃ H ₈	0,78
I. BUTANO	C ₄ H ₁₀	0,04
N. BUTANO	C ₄ H ₁₀	0,03
N. PENTANO	C ₅ H ₁₂	0,01
DIÓX. CARBONO	CO ₂	0,48
NITROGÊNIO	N ₂	1,28

É constituída através da decomposição de matéria orgânica animal e vegetal em um período muito longo, em ambiente carente de oxigênio, e sob condições extremas de pressão e temperatura.

O transporte de gás natural da região produtora para os centros consumidores é feita através de gasodutos onde são pressurizados para que possa vencer grandes distâncias, devido as perdas sofridas ao longo do caminho. Por esta razão, além de estações de compressão instaladas em determinados pontos, são colocadas estações recompressoras de gás. Ainda há outro tipo de transporte, quando a distância entre o centro produtor e o centro consumidor está muito distante, ele é feito através de navios metaneiros, e posteriormente com caminhões tanques, onde o gás natural é transformado em forma líquida (GNL – Gás Natural Liquefeito), sendo resfriado a uma temperatura de 160°C negativos.

Chegando aos centros consumidores, a pressão é rebaixada nas estações redutoras de pressão, os chamados citgates (analogamente as subestações de energia elétrica), passando a condição de transporte para a distribuição.

1.2.2-Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)

Trata-se de um derivado de petróleo obtido através de destilação. Teoricamente são constituídos por propano ou butano ou ainda uma mistura destes. Na prática, o GLP é constituído por hidrocarbonetos que são produzidos durante os processamentos de gás natural ou durante os processamentos convencionais de refino de petróleo.

Os hidrocarbonetos predominantes no GLP são gasosos à pressão atmosférica mas se liquefazem facilmente, ao serem aplicadas pressões relativamente baixas. Ao ser liquefeito, o gás tem reduzido o seu volume , o que facilita o seu transporte em vasilhames.

Composição Típica do Gás Liquefeito de Petróleo

Componentes	Fórmulas	Composição em Volume (%)
ETANO	C_2H_6	0,03
PROPENO	C_3H_6	30,47
PROPANO	C_3H_8	14,34
BUTENOS	C_4H_8	31,76
BUTANOS	C_4H_{10}	23,33
PENTANOS	C_5H_{12}	0,07
TOTAL		100,00

São distribuídos em vasilhames de 13kg, de 45kg, de 90kg e em tanques estacionários que ficam próximo ao local de consumo.

1.2.3- Gás Manufaturado

Trata-se de misturas gasosas constituídas por hidrogênio, metano, monóxido e dióxido de carbono e em menor escala, oxigênio, nitrogênio, hidrocarbonetos superiores e

impurezas. Ele é manufaturado por intermédio de processos de gaseificação (contínuo a alta pressão e cíclicos a baixa pressão).

Várias matérias primas podem ser utilizadas para a sua fabricação, tais como o carvão (em desuso), a nafta (desativado pela COMGÁS tendo em vista o utilização do gás natural) e o próprio gás natural atualmente em uso no Rio de Janeiro , São Paulo, Mato Grosso do Sul, Bahia, outros estados do nordeste e sul do país.

1.2.4 - Biogás

Trata-se de um gás obtido a partir da digestão anaeróbica de resíduos vegetais e animais, tais como estrume de animais, galhos, gramas, outros resíduos vegetais, etc. Seu emprego se justifica economicamente como uma solução localizada, de pequeno porte, como é o caso de fazendas de criação de animais (porcos, gado, aves) , conciliando a necessidade de geração de energia com a destinação de dejetos orgânicos. Na China e Índia os biodigestores (equipamentos onde se processa a biodigestão para a produção de gás) são amplamente empregados.

1.2.5 – Sistema de Ar Propanado

Trata-se de um sistema de injeção de ar ao sistema com GLP. O sistema consiste no fornecimento de uma mistura de GLP, que tem composição variável em propano e butano, com o ar atmosférico, de maneira a fornecer em regime contínuo e constante no queimador, uma mistura com poder calorífico de aproximadamente 12.000 kcal/Nm³, o que pelo número de Wobbe, equivalente ao Gás Natural.

A implantação desse sistema foi considerada uma antecipação do Gás Natural, onde este sistema estará disponível em breve, que será ligado diretamente ao sistema de alimentação da rede da indústria, sem que haja necessidade de efetuar qualquer alteração do sistema de consumo, servindo como reserva estratégica do consumidor industrial e comercial. (AgipLiquigás – 1998)

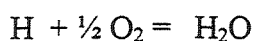
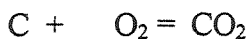
2 - Combustão

Combustão pode ser definida como uma combinação, geralmente rápida, entre duas substâncias, combustível e comburente, que libera uma quantidade grande de calor onde se denomina:

Combustível: todo material que se queima, liberando calor.

Comburente: Oxigênio oriundo do ar atmosférico (onde representa cerca de 21%), através da aspiração pelo jato de gás para o interior do queimador, como é o caso de equipamentos para uso doméstico, ou através de injeção forçada de ar em excesso (ventiladores).

As principais reações químicas no processo de combustão são:



3 - Poder Calorífico

É a quantidade de calor liberada na combustão pela unidade de massa do combustível (ou de volume para combustíveis gasosos) . É expresso em kcal/kg (para sólidos) e em kcal/m³(para gases).

3.1 – Poder Calorífico Superior (PCS)

É aquele cuja determinação leva em conta o acréscimo de calor oriundo da condensação da água (água resultante da combinação do hidrogênio dos combustíveis com o oxigênio da atmosfera e que exala na combustão em forma de calor).

3.2 - Poder Calorífico Inferior (PCI)

É aquele cuja determinação não leva em conta o acréscimo de calor oriundo da condensação da água referida no item anterior.

Poder Calorífico dos Gases Combustíveis

Tipos de Gás	PCS Kcal/Nm³	PCI Kcal/Nm³	PCI Kcal/Kg	PCI Kcal/Kg
Gás Natural	9.675	8.710	13.100	11.800
Gás de Nafta	4.750	4.220	6.410	5.700
Gás Carvão	4.715	4.195	6.500	5.800
GLP	27.725	25.282	12.075	11.025

4 – Toxidez de um Gás

A toxidez de um gás está diretamente relacionada com a porcentagem de monóxido de carbono (CO) nele contido, o qual tanto pode estar presente na composição química do gás, como também entre os produtos de combustão cuja queima não foi completa.

Trata-se de um gás inodoro, insípido, não detectável pelos nossos sentidos, altamente tóxico e explosivo quando misturado com o ar. Seu efeito letal no organismo humano resulta do fato da hemoglobina do sangue absorvê-lo mais rapidamente do que o oxigênio, provocando assim a morte do indivíduo devido a falta de oxigênio. Um ambiente que contenha 1% de CO é quase que instantaneamente letal ao organismo humano.

5 – Densidade Absoluta de um Gás

É a relação entre a massa e o volume do gás. As unidades mais utilizadas para medir esta propriedade são kg/cm^3 , kg/l , etc. Quando for medida nas condições normais de temperatura e pressão é denominada densidade absoluta normal (unidades kg/Nm^3 , kg/Nl , etc.)

5.1- Densidade Relativa de um Gás

É a relação entre a densidade absoluta de um gás e a densidade do ar nas mesmas condições de temperatura e pressão, ou a relação entre a massa desse gás e a massa de igual volume de ar nas mesmas condições de temperatura e pressão, trata-se portanto de um número adimensional.

Os gases naturais e manufaturados são mais leves que o ar, enquanto que os gases manufaturados têm densidade relativa variando entre 0,4 e 0,8 , enquanto que os gases liquefeitos de petróleo têm densidade maior que 1.

6- Velocidade de Chama

Velocidade de chama é a velocidade na qual a chama atravessa uma mistura ar-gás. É também chamada de Velocidade de Queima ou Velocidade de Ignição.

A estabilidade da chama, importante no que tange à segurança, está relacionada à segurança, e à velocidade de propagação. Assim sendo, se a velocidade de propagação da mistura ar-gás na saída do queimador for inferior à velocidade de propagação da chama ocorrerá o “retorno de chama”, e no caso inverso ocorrerá o “deslocamento de chama”, ambos configurando-se em situações de risco.

7 – Número de Woobe

É a relação entre o poder calorífico superior e a densidade relativa do gás

$$W = \frac{PCS}{\sqrt{d}}$$

Esta grandeza é utilizada no dimensionamento de queimadores e no estudo de intercambialidade dos gases.

8- Redes de distribuição

São tubulações com seus acessórios, situada dentro do limite da propriedade dos consumidores, destinada ao fornecimento de gás, constituída pelas redes de alimentação primária e secundária:

Rede primária: trecho da instalação situado entre o regulador de primeiro estágio e o regulador de segundo estágio.

Rede secundária: trecho da instalação situado entre o regulador de segundo estágio ou estágio único e os aparelhos de utilização.

Para que as tubulações sejam executadas de forma correta e segura devemos obedecer aos seguintes critérios:

1. A rede de distribuição pode ser embutida, enterrada ou aparente, devendo receber o adequado tratamento para proteção superficial, quando necessário;
2. Toda tubulação aparente de gás, deve ser pintada na cor amarela conforme padrão 5Y8/12 do sistema Munsell, conforme a NBR 12694;
3. Toda instalação interna deve ter um registro geral de corte situado na rede de distribuição. O registro geral de corte deve ser identificado e instalado em local de fácil acesso;

4. A tubulação da rede de distribuição não deve passar no interior de:

- a) dutos de lixo, ar-condicionado e águas pluviais
- b) reservatórios de água;
- c) dutos incineradores de lixo;
- d) poços de elevadores;
- e) compartimentos de equipamentos elétricos;
- f) compartimentos destinados a dormitórios;
- g) poços de ventilação capazes de confinar o gás proveniente de eventual vazamento;
- h) qualquer vazio ou parede contígua a qualquer vão formado pela estrutura ou alvenaria ou por estas e o solo, sem a devida ventilação. Ressalvados os vazios construídos e preparados especificamente para este fim (shafts), os quais devem conter apenas as tubulações de gás, líquidos não inflamáveis e demais acessórios, com ventilação adequada nas partes superior e inferior, sendo que estes vazios devem ser sempre visitáveis e previstos em áreas de ventilação permanente e garantida;
- i) qualquer tipo de forro falso ou compartimento não ventilado, exceto quando utilizado tubo-luva conforme descrito em 7;
- j) locais de captação de ar para sistema de ventilação;
- k) todo e qualquer local que propicie o acúmulo de gás vazado;
- l) paredes construídas com tijolo vazado, observando a ressalva de 4 h.

5. As tubulações não devem passar por pontos que as sujeitem a tensões inerentes a estrutura da edificação;

6. As tubulações aparentes devem ter:

- a) um afastamento mínimo de 0,30m dos condutores de eletricidade com eletroduto, ou 0,50 m se sem;

- b) ter afastamento das demais tubulações o suficiente para ser realizada a manutenção das mesmas;
- c) ter afastamento no mínimo de 2,0 m de pára-raios e seus respectivos pontos de aterramento, ou conforme a NBR 5419;
- d) em caso de superposição de tubulações, a tubulação de GLP deve ficar em abaixo das outras, e a tubulação de GN acima.

9 - Tubo-luva:

Tubo no interior do qual a tubulação de gás é montada e cuja finalidade é impedir o confinamento de gás em locais não confinados, e quando for utilizado, deve:

- a) ter no mínimo duas aberturas situadas nas suas extremidades, sendo que as duas devem ter saída da projeção horizontal da edificação, em local seguro e protegido contra a entrada de água, animais e outros objetos estranhos. Opcionalmente, pode ser previsto dispositivo ou sistema que garanta a exaustão do gás eventualmente vazado;
- b) nos casos em que não for possível a extremidade inferior estar fora da projeção horizontal, possuir abertura captada de algum ambiente permanentemente ventilado;
- c) no caso de dutos, manter um afastamento mínimo de 25 mm entre a tubulação e as suas paredes internas;
- d) ter resistência mecânica adequada a possíveis esforços decorrentes das condições de uso;
- e) estar convenientemente protegidos contra corrosão;
- f) não apresentar vazamentos em toda a sua extensão;
- g) ser executado de material incombustível e resistente a água;
- h) estar adequadamente suportado.

10 – Testes de Estanqueidade

As tubulações depois de instaladas, devem ser aplicadas testes de estanqueidade e estar desobstruídas:

1. devem ser aplicados dois tipos de ensaios, o primeiro na montagem com a rede aparente e em toda a sua extensão, o segundo na liberação para o abastecimento de GLP ou GN;
2. os ensaios na tubulação da rede de distribuição devem ser feito com ar comprimido ou gás inerte, com a pressão mínima de quatro vezes a pressão de trabalho máxima admitida para condução de na GLP nas redes;
3. as pressões máximas admitidas são:
 - para rede primária: 150 kpa (1,53 kgf/cm²)
 - para rede secundária: 5 kpa (0,051 kgf/cm²)
4. as redes devem ficar submetidas a pressão de ensaio por um período não inferior a 60 minutos, sem apresentar vazamentos. Devem ser usados manômetros com fundo de escala até 1,5 vezes a pressão de ensaio, com sensibilidade de 20 kpa (0,20 kgf/cm²) e diâmetro de 100 mm.

11 – Purga

Purga é a limpeza total da tubulação ou parte de um equipamento, de forma que todo material nele contido seja removido. É também a expulsão do ar contido no mesmo, tendo em vista a admissão de gás combustível, de forma a evitar uma combinação indesejada.

Iniciada a admissão do gás na tubulação, deve-se drenar todo ar ou gás inerte contida na tubulação, abrindo-se todos os registros dos aparelhos de utilização. Durante a operação os ambientes devem permanecer amplamente arejados, onde não é permitida a permanência de pessoas não habilitadas e qualquer fonte de ignição.

Deve-se verificar a inexistência de vazamento de gás, sendo proibido o emprego de chamas para essa finalidade.

Anexo 2 – Pesquisa dos alunos, servidores e docentes do CEFET/SP

FEDERAL - 165 pessoas

1. Tipo de aquecimento de água

Especificação	Quant.	Porcentagem
chuveiro elétrico	151	92%
aquecedor central elétrico	4	2%
aquecedor passagem (Elétrico/GLP/GN)	7	4%
aquecedor central GLP/GN	2	1%
aquecedor solar	1	1%
outros	0	0%

2. Nº de equip. de aquecimento. (Chuv., Torn. Elétrica, Aquec. Passagem/acumulação)

Especificação	Quant.	Porcentagem
1 equipamento	75	46%
2 equipamentos	50	30%
3 equipamentos	20	12%
4 equipamentos	12	7%
5 ou mais equipamentos	8	5%

3. Tempo de duração do banho

Especificação	Quant.	Porcentagem
0 a 10 min	69	42%
11 a 15 min	51	31%
16 a 20 min	28	17%
mais de 21min	17	10%

4. Horário do banho

Especificação	Quant.	Porcentagem
17h às 18h	11	7%
18h01min às 19h	11	7%
19h01min às 20h	17	10%
20h01min às 21h	49	30%
outros	77	46%

5. Quantos pontos de aquecimento

Especificação	Quant.	Porcentagem
chuveiro	124	76%
chuveiro/bidê	0	0%
chuveiro/lavatório	7	4%
chuveiro/lavatório/pia da cozinha	30	18%
outros	4	2%

6. Renda familiar (salário mínimo)

Especificação	Quant.	Porcentagem
Até 10	65	39%
11 a 15	45	27%
16 a 20	19	12%
21 a 30	25	15%
mais de 30	11	7%

7. Número de pessoas na residência

Especificação	Quant.	Porcentagem
2	27	16%
3	22	13%
4	62	38%
5	36	22%
mais de 5	18	11%

8. Tipo de habitação

Especificação	Quant.	Porcentagem
apartamento	45	27%
casa	118	72%
outros	2	1%

9. Idade da moradia (anos)

Especificação	Quant.	Porcentagem
até 2	15	9%
2 a 5	20	12%
5 a 10	32	19%
10 a 20	52	32%
mais de 20	46	28%

10. Satisfação do usuário em relação ao equipamento de aquecimento

Especificação	Quant.	Porcentagem
ótima	33	20%
boa	83	51%
satisfatório	45	27%
ruim	4	2%

Abstract

A significant portion of the electric power consumed at the country it is attributed to the residential sector corresponding to 24% the national demand, the systems of heating water passage and accumulation, predominantly electric, are responsible for about 6% the national consumption, that have been provoking serious problems of supply in the sectors industrial, commercial and essential services, mainly due to the concentration in the schedule of tip. The present study has as objective presents a technician-economical comparative analysis of equipments residential water of heating that use electric power and combustible gas. In that way it is looked for to analyze the use the gas (NG or LPG) as possible energy alternative in residential equipments, comparing them traditionally with electric equipments used. With the worsening of the Brazilian electric sectors in the last years and with the increase of the offer the combustible gas through several sources, saw himself the need cultural dissemination of the use the energy in systems of heating water in the residential sector, avoiding with that leaves that energy after having processed it is wasted, reinjetada or burned.

Key words: heating of water, electric power, combustible gas, cultural dissemination.