

ADÃO SOARES DE MACEDO

**VIABILIDADE ECONÔMICA, SOCIAL E AMBIENTAL NA
UTILIZAÇÃO DE AQUECIMENTO SOLAR EM SUBSTITUIÇÃO
AOS CHUVEIROS ELÉTRICOS CONVENCIONAIS**

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

ADÃO SOARES DE MACEDO

**VIABILIDADE ECONÔMICA, SOCIAL E AMBIENTAL NA
UTILIZAÇÃO DE AQUECIMENTO SOLAR EM SUBSTITUIÇÃO
AOS CHUVEIROS ELÉTRICOS CONVENCIONAIS**

Trabalho de conclusão apresentado ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fontes Alternativas de Energia, para obtenção do título de especialização.

Orientador
Prof. Carlos Alberto Alvarenga

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

ADÃO SOARES DE MACEDO

**VIABILIDADE ECONÔMICA, SOCIAL E AMBIENTAL NA
UTILIZAÇÃO DE AQUECIMENTO SOLAR EM SUBSTITUIÇÃO AOS
CHUVEIROS ELÉTRICOS CONVENCIONAIS**

Trabalho de conclusão apresentado ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fontes Alternativas de Energia, para obtenção do título de especialização.

APROVADA em _____ de _____ de _____.

Prof. _____

Prof. _____

Prof. Carlos Alberto Alvarenga
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, que me colocaram de pé, às minhas filhas Débora e Bárbara e minha esposa Vânia pelo apoio e compreensão oferecidos de modo tão espontâneo durante a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Sou grato ao Criador e Pai Celestial pelo sentido da vida, à minha família, pelo incentivo e ao meu orientador prof. Carlos Alberto Alvarenga, pela paciência e sugestões na confecção deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho visa analisar a viabilidade econômica da utilização de energia solar como fonte de aquecimento d'água para banho substituindo os chuveiros elétricos convencionais, propiciando a redução do custo da energia elétrica e conseqüentemente a redução da fatura de energia elétrica através de uma energia limpa e não poluente, contribuindo para um melhor desenvolvimento social. Especialistas comprovam que a redução do consumo de energia residencial pode chegar a 30%, quando aplicados os aquecedores solares adequados para utilização nos banhos, substituindo os chuveiros elétricos. O retorno do investimento pode girar em torno de 2 a 3 anos.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	09
LISTA DE TABELAS.....	10
1 INTRODUÇÃO.....	11-12
2 OBJETIVOS.....	13
3 FONTES DE ENERGIA.....	14
3.1 Planeta Terra.....	14
3.1.1 População.....	14-15
3.1.2 Recursos Naturais.....	15
3.1.3 Poluição.....	15
3.2 Energia do Sol.....	15-16
3.3 A Energia e o Meio Ambiente.....	16
3.4 Fontes Renováveis.....	16
3.4.1 Energia das Marés.....	16
3.4.2 Energia Geotérmica.....	17
3.4.3 Energia Solar.....	17
3.4.4 Biogás.....	17
3.4.5 Biocombustível Líquido.....	17
3.4.6 Gás Hidrogênio.....	17
3.4.7 Energia Hidroelétrica.....	17-18
3.4.8 Energia do Vento (Eólica).....	18
3.5 Fontes não Renováveis.....	18
3.5.1 Combustíveis Fósseis.....	18
3.5.2 Derivados de Combustíveis Fósseis.....	18
3.5.3 Derivados Sintéticos.....	19
3.5.4 Óleos Pesados não - Convencionais.....	19
3.5.5 Gás Natural.....	19

3.5.6 Combustíveis Nucleares.....	19
3.5.7 Fusão Nuclear.....	19-20
3.5.8 Depósitos Geotérmicos Confinados.....	20
4. Perspectiva Energica Mundial.....	21-21
5. Aquecedor Solar.....	21
5.1 Coletor Solar.....	21-22
5.2 Reservatório.....	23
5.3 Princípio de Funcionamento do Aquecedor Solar.....	24-25
6. Panorama do Aquecimento Solar no Brasil.....	28
7. Análise de Viabilidade do Aquecedor Solar.....	29-35
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	36
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	37-38

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Coletor Solar.....	21
Figura 02 – Reservatório Térmico.....	22
Figura 03 – Instalação Termossifão em Nível.....	24
Figura 04 – Instalação Termossifão em Desnível.....	25
Figura 05 – Mapa – Radiação Solar no Brasil - Média Anual.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Comparativo de custos por banho.....	28
Tabela 02 – Análise técnica e comercial para aquecedores solares.....	29
Tabela 03 – Chuveiros elétricos x aquecedor solar.....	30

1 - Introdução

Constantemente ouvimos falar dos problemas energéticos enfrentados pelo país e não é nenhum segredo que a falta desse insumo inviabiliza a produção, conseqüentemente limita o crescimento do país. A matriz energética brasileira está à beira de um colapso, segundo alguns especialistas se não houver investimentos, principalmente em linhas de transmissão, já em 2011 se cogitam novos “apagões”. Falando de apagão, quando fomos forçados a contribuir com a redução do consumo de energia em cada residência, percebemos que o brasileiro se sensibilizou e fez sua parte. Baseado nessa linha de pensamento observamos que a utilização racional da energia é essencial, pois além do efeito econômico, ocorre menor agressão ao meio ambiente, portanto cada cidadão pode e deve contribuir.

Dentro do contexto de preservação e conservação de energia, conseqüentemente do meio ambiente, uma grande e potencial fonte alternativa de energia é a energia solar que temos disponível de forma abundante e gratuita durante a maior parte do ano. Um aquecedor solar aproveita a radiação do sol para aquecimento de água e essa poderá ser utilizada para aplicações variadas nas residências, indústrias, agriculturas, etc. Segundo MÁXIMO 1997, a identificação do calor como uma forma de energia, ocorrida na segunda metade do século XIX, foi um grande passo para o surgimento da termodinâmica, ciência que se baseia na idéia de conservação de energia e analisa a conversão de calor em trabalho e de acordo com SOUZA, 1996,

“A radiação solar, ao atravessar a atmosfera terrestre, sofre o processo de absorção e espalhamento, causado pelos constituintes atmosféricos. A componente da radiação, que chega diretamente à superfície do solo, é denominada radiação direta, e a parcela, que chega ao solo após ser difundida na atmosfera, constitui a radiação difusa. A soma dessas duas parcelas corresponde à radiação global. Para fins de aproveitamento da energia solar, por meio de células fotovoltaicas e sistemas concentradores, a componente da radiação solar de maior interesse é a direta. Assim, no que se refere à radiação direta, o conhecimento de suas distribuições temporal e espacial é de suma importância para a determinação do potencial energético solar de uma região”, (SOUZA, 1996 – P.3).

A energia solar é medida por instrumentos denominados Piranômetros, Solarímetros ou Radiômetros, normalmente operados por instituições de pesquisa científica. A potência solar instantânea que incide em determinado ponto é normalmente medida em W/m^2 (potência /área) e o total de energia em um dia que atinge este ponto é normalmente medido em $kW/m^2.dia$ (energia/área/dia). O Máximo de potência instantânea incidente em

qualquer local da terra é de cerca de $1000\text{W}/\text{m}^2$. A média anual de energia incidente na maior parte do Brasil varia entre $4\text{kW}/\text{m}^2.\text{dia}$ e $5\text{kW}/\text{m}^2.\text{dia}$, (CRESESB, 2005).

Um melhor aproveitamento da incidência dos raios solares sobre os coletores solares é obtido através do direcionamento dos coletores para a posição norte, observando a latitude do local de instalação, podendo ser utilizado na instalação Termossifão em desnível ou em nível.

Em Pirapora, situada no estado de Minas Gerais, com $17^{\circ}21'$ de latitude sul, e $44^{\circ}56'$ de longitude oeste e 489m de altitude, com predominância de clima quente em sua maior parte do ano, há um potencial latente para a utilização do sistema de aquecimento solar, objetivando redução no consumo de energia elétrica, com menor impacto ambiental e maior economia.

É do conhecimento de todos que um dos maiores “vilões” do alto consumo de energia elétrica residencial é o chuveiro e em algumas residências ocorre o excesso no tempo necessário para o banho, onerando ainda mais a conta. Se considerarmos um chuveiro de 4000W , funcionando para 4 (quatro) pessoas com banhos de aproximadamente 15(quinze) minutos/dia, teríamos: $4 \text{ pessoas} \times 15 \text{ minutos} = 60 \text{ minutos}$ para um banho por dia, é o mesmo que $1\text{h}/\text{dia}$ de banho para essas quatro pessoas, ou $30\text{h}/\text{mês}$. Considerando a potência do chuveiro de 4000W ou 4kW , o consumo estimativo de energia mensal será de $4\text{kW} \times 30\text{h}/\text{mês} = 120\text{kWh}$ em um mês. Esse consumo é relativamente alto e implicaria em uma fatura de energia também relativamente alta, sem considerar as demais cargas ligadas na residência.

Baseado nessa analogia observa-se que é necessária uma melhor conscientização dos consumidores, bem como adotar dispositivos que favoreçam a redução desse consumo, pois qualquer quantidade de energia economizada, será benéfica, tanto para o consumidor (usuário), como para o meio ambiente.

2 – OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade econômica na utilização de energia solar como fonte de aquecimento de água para utilização em chuveiros, resultando na redução do custo de energia elétrica residencial, ainda pouco difundida.

3 – FONTES DE ENERGIA

3.1 – Planeta Terra

Estudiosos da área ambiental, como MILLER (1985) e BRAGA (2002), nos chamam a refletir sobre nosso planeta, fazendo uma comparação a uma astronave que se desloca no espaço sideral, sem possibilidade de parada para reabastecimento, mas dispendo de um eficiente sistema de energia solar e de reciclagem de matéria. Considerando que atualmente há nessa astronave, ar, água e comida capaz de satisfazer seus passageiros. Mas o progressivo aumento do número desses passageiros de forma acelerada e a falta de pontos para reabastecimento, pode-se imaginar, a médio e longo prazo, sérios problemas para manutenção dessa população. Os resíduos de matéria, bem como o uso de energia, ou seja, os resíduos energéticos provocam a degradação do meio ambiente no interior da astronave. Os passageiros, usando da inesgotável energia solar, processam por meio de sua tecnologia e de seu metabolismo, os recursos naturais finitos, gerando algum tipo de poluição. Sendo assim a qualidade de vida no planeta, dependerá do equilíbrio entre **população, recursos naturais e poluição**.

Não havendo esse equilíbrio harmonioso, a crise ambiental é certa, também considerando esses três aspectos básicos: crescimento populacional, demanda de energia e de materiais e geração de resíduos, ou seja, poluição.

A poluição ambiental é conhecida desde tempos remotos quando o homem descobre o fogo e passa a ser capaz de impulsionar máquinas e realizar trabalho, possibilitando um enorme avanço tecnológico. Para esse desenvolvimento é necessária maior quantidade significativa de resíduos, tanto em termos de matéria significativa de resíduos, tanto em termos de matéria, como em forma de energia.

3.1.1 - População

Segundo dados da ONU (UM, 1998) a população mundial que era 2,5 bilhões em 1950 passou para 6 bilhões no ano de 2000 e atualmente a taxa de crescimento gira em torno de 1,3 por cento ao ano. De acordo com a analogia da astronave, isso significa que atualmente ela transporta 6 bilhões de passageiros e a cada ano, outros 78 milhões de passageiros nela embarcam. É como se os habitantes dos países desenvolvidos fossem passageiros de primeira classe, enquanto os demais viajam no porão. Devido às altas taxas de crescimento

populacional que hoje somente ocorrem nos países menos desenvolvidos, essa situação de desequilíbrio tende a se agravar ainda mais (BRAGA, 2002).

3.1.2 – Recursos Naturais

É qualquer insumo que os organismos, populações e ecossistemas necessitam para sua manutenção. Portanto, recurso natural é algo útil. Existe um envolvimento entre recursos naturais e tecnologia, uma vez que há a necessidade da existência de processos tecnológicos para utilização de um recurso (BRAGA, 2002).

Os recursos naturais são classificados em:

- a) Renováveis: oriundos da água, ar, biomassa e vento.
- b) Não Renováveis: - Minerais não energéticos como o fósforo, cálcio, etc.
 - Minerais energéticos como os combustíveis fósseis, urânio, etc.

3.1.3 – Poluição

Conforme BRAGA (2002), como resultado da utilização dos recursos naturais pela população surge a poluição. A poluição é uma alteração indesejável nas características físicas, químicas ou biológicas da atmosfera, litosfera ou hidrosfera que causa ou pode causar prejuízo à saúde, à sobrevivência ou as atividades dos seres humanos e outras espécies, ou ainda deteriorar materiais.

3.2 - Energia do Sol

Quase toda energia utilizada na terra tem como fonte as radiações recebidas do sol (luz solar). O sol é considerado um gigantesco reator de fusão nuclear com diâmetro aproximadamente 110 vezes maior do que a terra e de massa 329.400 vezes a do nosso planeta. Lá continuamente se processam reações de fusão entre átomos de hidrogênio, o que origina átomos de hélio e libera energia em forma de ondas eletromagnéticas, gerando uma potência média de 3.29×10^{26} W. Essa radiação tem um espectro de comprimento de onda que abrange valores extremamente pequenos (raios X e gama) até valores elevados (ondas de rádio) (BRAGA, 2002).

Toda a vida na terra depende da energia proveniente do sol, e a distribuição das diversas formas de vida é consequência da variação de sua incidência e intensidade. Por isso

regiões de intensa incidência de radiação apresentam flora e fauna totalmente diversas das regiões de fraca incidência. Essa variação de incidência é o principal fator que gera as diferenças climáticas entre as diversas regiões do mundo (BRAGA, 2002).

A radiação solar influi diretamente na vida do planeta, uma vez que é ela a fonte de energia para a realização dos seres vivos. Apenas uma pequena parcela dessa energia é absorvida pelos vegetais fotossintetizantes e transformada em alimento para si próprio e para os demais seres incapazes de sintetizar seu próprio alimento (BRAGA, 2002).

3.3 - A energia e o meio ambiente

O sol é considerado um enorme gerador de energia da terra, cerca de 99 por cento da energia térmica utilizada no ecossistema é proveniente do sol. O restante da energia consumida na esfera provém de outras fontes, denominadas fontes primárias de energia. Essas são convertidas pelo homem em outras formas de energia, ou seja, energia elétrica, energia química, energia térmica e energia mecânica. Os recursos energéticos ditos primários são classificados em renováveis e não renováveis (BRAGA, 2002).

As fontes renováveis provêm direta ou indiretamente da energia solar, vindo paulatinamente sendo desenvolvidas. Hoje em dia a radiação solar direta é utilizada para atividades domésticas, principalmente para aquecimento de água e ambientes, bem como para geração de eletricidade. As fontes renováveis ditas indiretas, tais como o vento e a vazão dos rios, são limitadas pela variação da quantidade de energia disponível no tempo.

3.4 - Fontes renováveis:

3.4.1 - Energia das marés

Obtida pela variação do nível da água dos oceanos (energia potencial) para conversão em energia mecânica. Apenas é viável onde a variação dos níveis da maré (alta e baixa) seja significativa.

3.4.2 - Energia Geotérmica

Obtida pelo calor gerado a partir dos elementos radioativos presentes em depósitos subterrâneos e do magma existente no interior da terra.

3.4.3 - Energia Solar

Obtida pela radiação solar, podendo ser utilizada para o aquecimento de água em residências e similares, bem como para geração de energia através de células fotoelétricas.

3.4.4 – Biogás

Obtido através do gás resultante de decomposição anaeróbia dos compostos orgânicos (geralmente estrume, resíduos domésticos, etc.).

3.4.5 – Biocombustível Líquido

Obtido através da fermentação e decomposição anaeróbia de vários tipos de massa, como a cana-de-açúcar, lixo orgânico e os óleos vegetais extraídos de algumas plantas. O aproveitamento de energia desse tipo de combustível também se dá pela sua queima.

3.4.6 – Gás Hidrogênio

Combustível gasoso produzido por processos eletroquímicos, a partir principalmente, da eletrólise da água. O aproveitamento da energia gerada também se dá pela queima do gás hidrogênio gerado (BRAGA, 2002).

3.4.7 – Energia Hidroelétrica

Através de um gerador de energia, acionado via turbina hidráulica, transforma energia cinética da água que passa pela turbina em energia elétrica. A movimentação da turbina do gerador se dá basicamente em função da vazão do rio e desnível da água. No Brasil

e na Noruega a hidroeletricidade é responsável por 92% da produção total de energia e é um dos sistemas menos oneroso na produção de eletricidade. São inúmeras as vantagens da geração de energia pela hidroeletricidade, porém o reservatório (represa) provoca impactos ambientais tanto na fase de construção como na fase de operação.

3.4.8 – Energia do Vento (Eólica)

Utilizada em locais onde a velocidade do vento varia de 25 a 50 km/h produzindo energia a custo razoável. Desde a década de 70 pequenas e modernas turbinas têm sido implantadas. A grande desvantagem dessa energia é que os centros de geração necessitam de um sistema alternativo para períodos com menores incidências de ventos; uma das alternativas seria suprir essa energia com células solares ou minicentraís hidroelétricas. As turbinas também podem interferir na migração de pássaros e no paisagismo da região.

3.5 – Fontes não renováveis

3.5.1 - Combustíveis fósseis

É a própria energia solar armazenada na forma de energia química sob o solo há vários anos a partir da decomposição de vegetais e animais submetidos a altas temperaturas e pressões na crosta terrestre. Os mais conhecidos são o petróleo, o gás natural e carvão mineral.

3.5.2 – Derivados de combustíveis fósseis

Obtidos através do refinamento do petróleo extraindo produtos como: gasolina, óleo diesel, querosene e outros.

3.5.3 – Derivados Sintéticos

Oriundos por liquefação ou gaseificação de carvão, produzindo o óleo cru sintético e o gás natural sintético.

3.5.4 – Óleos pesados não – convencionais

A partir de depósitos subterrâneos de consistência asfáltica que podem ser extraídos de depósitos de petróleo bruto convencionais por métodos de recuperações forçadas, rochas sedimentares oleosas (xisto) e depósitos arenosos (areias com alcatrão), obtém-se o óleo cru.

3.5.5 – Gás natural

Encontrado em depósitos subterrâneos profundos em camadas arenosas, rochas sedimentares devonianas e veio de carvão. Pode ser encontrado também dissolvido em depósito profundo de água salgada, a altas temperaturas e pressões (zonas geopressurizadas).

3.5.6 – Combustíveis Nucleares

Elementos que podem sofrer fissão nuclear, como o urânio e o tório, que podem ser encontrados em depósitos naturais. O processo de fissão nuclear deve ocorrer de maneira controlada, a energia presente no núcleo desses materiais é utilizada para geração de vapor a alta pressão, no qual aciona uma turbina acoplada a um gerador elétrico. A energia liberada do núcleo desses materiais físséis (ex. urânio) ocorre quando esses capturam um nêutron que desestabiliza o núcleo do átomo, fazendo com que ele se divida e libere uma grande quantidade de energia, além de outros nêutrons que irão manter a reação em cadeia.

3.5.7 – Fusão Nuclear

É o processo no qual dois átomos de elementos leves (principalmente os isótopos do hidrogênio) se unem dando origem a um elemento mais pesado. Para que o processo de fusão ocorra é necessário uma grande quantidade de energia para aproximar os núcleos dos elementos que participam da reação. No entanto quando o processo de fusão ocorre, a energia liberada é muitas vezes a energia que foi utilizada para promover o processo de fusão e pode

ser aproveitada para geração de energia elétrica. Processo ainda não viável tecnicamente em maior escala.

3.5.8 – Depósitos Geotérmicos Confinados

Constitui-se em calor de baixa temperatura depositado em zonas subterrâneas de vapor seco, água quente ou numa mistura de vapor e água quente. O calor é liberado por substâncias radioativas encontradas no manto de rochas parcialmente derretidas, localizadas abaixo da crosta terrestre ou pelo próprio magma.

4. – Perspectiva Energética Mundial

Existem hoje no mundo duas correntes que defendem estratégias opostas para enfrentarem a crise energética do futuro. Uma delas segue a linha de conduta mais tradicional, a chamada “trajetória severa” ou “modelo do mundo em crescimento”, a outra é chamada de “trajetória branda” ou “modelo de crescimento sustentável” (BRAGA 2002).

Os membros da linha do mundo em crescimento, “trajetória severa” enfatizam de imediato a necessidade de medidas de incentivos para que as companhias de energia aumentem seus suprimentos de combustíveis não-renováveis: petróleo, gás natural, carvão e urânio. Além disso, defendem a construção de grandes usinas termoelétricas (a carvão e combustível nuclear) para atender a demanda nos próximos 25 anos. Após 2020 entrariam em funcionamento os reatores Breeder em substituição aos reatores de fissão, prolongando as reservas do urânio por pelo menos mais mil anos. Após o ano 2050 haveria uma gradual mudança para a total dependência das usinas a fusão nuclear.

A linha do crescimento sustentável, “trajetória branda” argumentam que os caminhos mais rápidos, eficientes e barato para prover a energia necessária para o futuro é uma combinação das seguintes medidas:

- 1) aumentar a eficiência no uso da energia;
- 2) diminuir o emprego de óleo, carvão e gás natural não-renovável;
- 3) eliminar as usinas nucleares, pois, estas seriam anti-econômicas, inseguras e desnecessárias;
- 4) aumentar o emprego de recursos energéticos solares diretos e indiretos.

As casas e os edifícios seriam aquecidos por sistemas que aproveitariam a luz solar direta; a eletricidade seria gerada por usinas térmicas existentes (devidamente equipadas para não

lançar resíduos para atmosfera), por co-geração nas indústrias, por geradores acionados pela força do vento, pela restauração de antigas hidroelétricas e, finalmente, por células fotoelétricas. O calor de alta temperatura seria obtido por caldeiras alimentadas por gás natural, restos vegetais e lixo urbano. O resíduo de calor dessas caldeiras poderia ser usado para co-geração. Para o transporte continuaria o emprego da gasolina com a introdução de bio-combustíveis como o álcool. Este seria obtido a partir de culturas feitas em terras improdutivas para não comprometer a produção de alimentos. Outro combustível a ser empregado seria o gás hidrogênio, isso se for viável o desenvolvimento de sistemas de decomposição da água a partir da energia solar.

Um dos maiores desafios energético do próximo milênio é equalizar o impasse do desenvolvimento tecnológico versus consumo de energia. MILLER (1985) aponta algumas sugestões para o aumento da eficiência no uso da energia, possibilitando a ampliação de energia disponível:

- Mudança de hábito: andar a pé ou de bicicleta em pequenos percursos, utilizar transporte de massa em vez de automóvel, manter luzes apagadas, reduzir o consumo de produtos descartáveis e outras medidas similares.
- Aumentar a eficiência no consumo usando menos energia para realizar a quantidade de trabalho. Ex.: maior isolamento térmico das casas e edifícios, manter o motor do carro regulado, aumentar a eficiência dos carros, de equipamentos de refrigeração, de lâmpadas e de processos industriais.
- Empregar menos energia para realizar mais trabalho, desenvolvendo equipamentos de baixo consumo, ex.: células solares para geração de eletricidade, veículos aerodinâmicos para diminuir o consumo, equipamentos mais eficientes para aquecimento e refrigeração.

5 - Aquecedor Solar

5.1 - Coletor Solar:

A conversão da radiação solar em energia térmica pode ser feita usualmente por dois tipos principais de coletores solares: planos e concentradores. Os coletores planos são mais utilizados para se obter calor em baixas temperaturas (inferiores a 100° C), enquanto os coletores concentradores podem produzir calor em temperaturas mais altas, necessárias em muitos processos industriais (ALVARENGA, 2001).

O uso de coletores solares planos em substituição aos chuveiros elétricos têm demonstrados serem uma excelente alternativa quando vista do ângulo da sociedade como um todo, já que os investimentos totais necessários são normalmente inferiores aos despendidos para o aquecimento elétrico da água, ou seja, quando o consumidor instala um sistema solar de aquecimento d'água está evitando investimentos elevados em geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e portanto beneficiando toda a coletividade. É como se o consumidor construísse em sua própria casa um sistema de geração e acumulação de energia que se soma à energia produzida pelas usinas elétricas das concessionárias. O coletor solar plano é constituído basicamente de um gabinete com isolamento térmica na parte inferior, normalmente uma serpentina de cobre fixada sobre uma base de fundo preto-fosco, formando uma chapa absorvedora, a tampa é construída em vidro transparente. O princípio de funcionamento do coletor solar plano baseia-se na absorção da radiação solar de ondas curtas pela chapa preta absorvedora, energia essa transformada em calor que pelo efeito estufa é aprisionada no interior do coletor e transferida ao fluido. Os vitrais colocados sobre as aletas absorvedoras servem tanto para evitar o efeito convectivo do ar ambiente quanto para impedir a saída da radiação infravermelha de ondas curtas, produzindo o efeito estufa e proporcionando um aumento da eficiência da conversão (ALVARENGA 2001). O vidro deve possuir espessura adequada (entre 3 a 4mm) e impedir a penetração de sujeira ou impurezas no interior do coletor auxiliando ainda no aquecimento da água no interior da serpentina de cobre.



Figura 01 – Coletor Solar (Fonte: Soletrol)

5.2 - Reservatório:

Funciona como se fosse um acumulador de água quente dimensionado para sua demanda pelos coletores, mantendo a água aquecida através de sua forma construtiva e pelo revestimento térmico mesmo em dias nublados e de baixa insolação e até mesmo a noite. Em determinadas situações é necessário um sistema alternativo de retaguarda para manter a água aquecida, esse sistema pode ser via energia elétrica, gás, óleo, lenha e etc. O mais utilizado é a instalação de resistores para aquecimento de água no reservatório, controlado por um termostato regulado para um nível mínimo de temperatura que permita uma utilização confortável e econômica baseada no sistema convencional do chuveiro elétrico.



Figura 02 – Reservatório Térmico (Fonte: Soletrol)

5.3 - Princípio de funcionamento do aquecedor solar:

O sistema com termossifão funciona pelo princípio de corrente de convecção, que acontece em virtude da diferença entre as densidades das partes mais quentes e mais frias do líquido e pelo princípio de transferência de calor por radiação, que acontece por meio das ondas eletromagnéticas (raios infravermelhos), que podem se propagar mesmo na ausência de um meio material como o vácuo (MAXIMO, 1999). O Sistema com termossifão pode ser aberto ou fechado; no primeiro o fluido de trabalho é a própria água que sai da caixa d'água (nível inferior), podendo passar também pela parte inferior do reservatório e deverá ser conduzida pela tubulação até as placas coletoras instaladas a um desnível mínimo de 60cm. A medida que a água esquentar nos coletores, ela sobe para a parte superior do reservatório,

pressionada pela água fria, baseado na diferença de densidade da água; esse processo ocorrerá enquanto houver radiação solar ou mormaço.

Da parte superior do reservatório, a água aquecida será enviada para os pontos de consumo, como chuveiros, torneiras e outros. Nesses pontos de consumo, deve ser previsto um sistema de mistura com água fria para otimizar o consumo e evitar acidentes.

No sistema termossifão fechado, o líquido aquecido (um óleo fino, por exemplo), passa por um trocador de calor, localizado no interior do reservatório de água quente, onde então a água é aquecida (Alvarenga, 2001). Portanto, a água tem um aquecimento da radiação solar funcionando também por convecção e por condução.

Se o trocador de calor receber água fria ou outro fluido esfriado, funcionará num processo inverso do aquecimento, caracterizando assim um resfriador que é bastante utilizado nas indústrias.

Instalação Termossifão em Nível

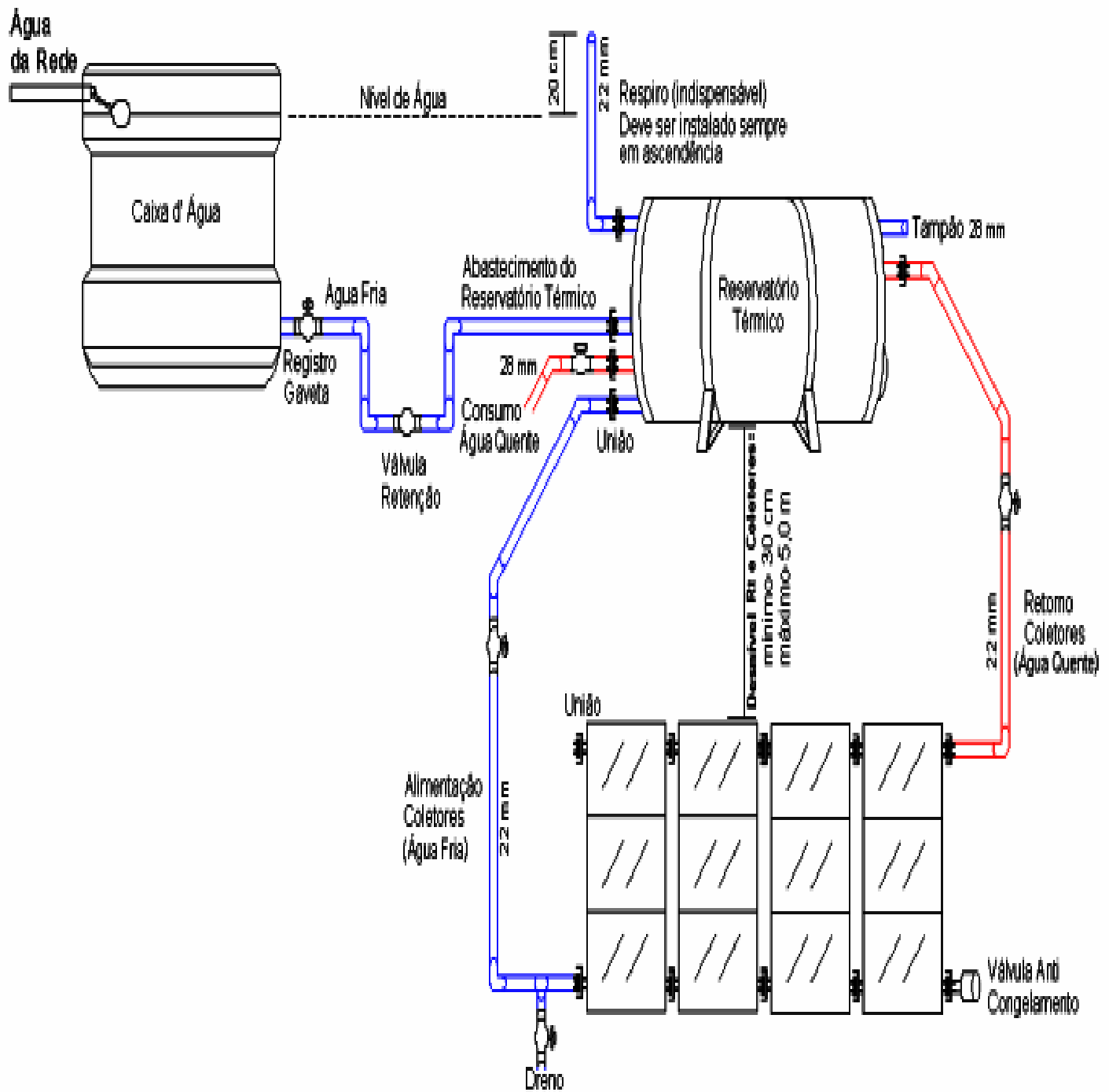


Figura 03 – Fonte Soletrol

Instalação Termossifão em Desnível

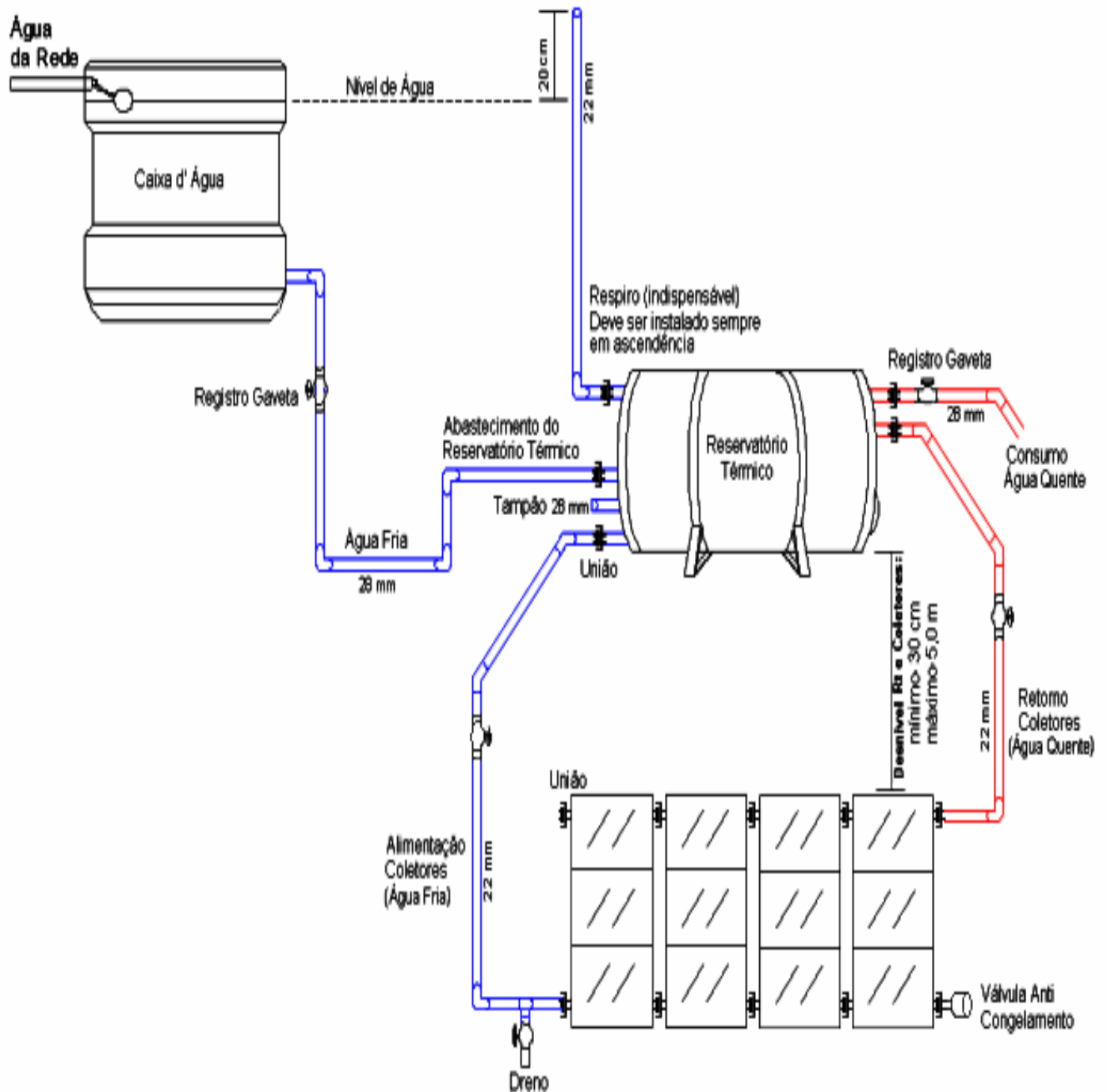


Figura 04 – Fonte Soletrol

6. - Panorama do Aquecimento Solar no Brasil

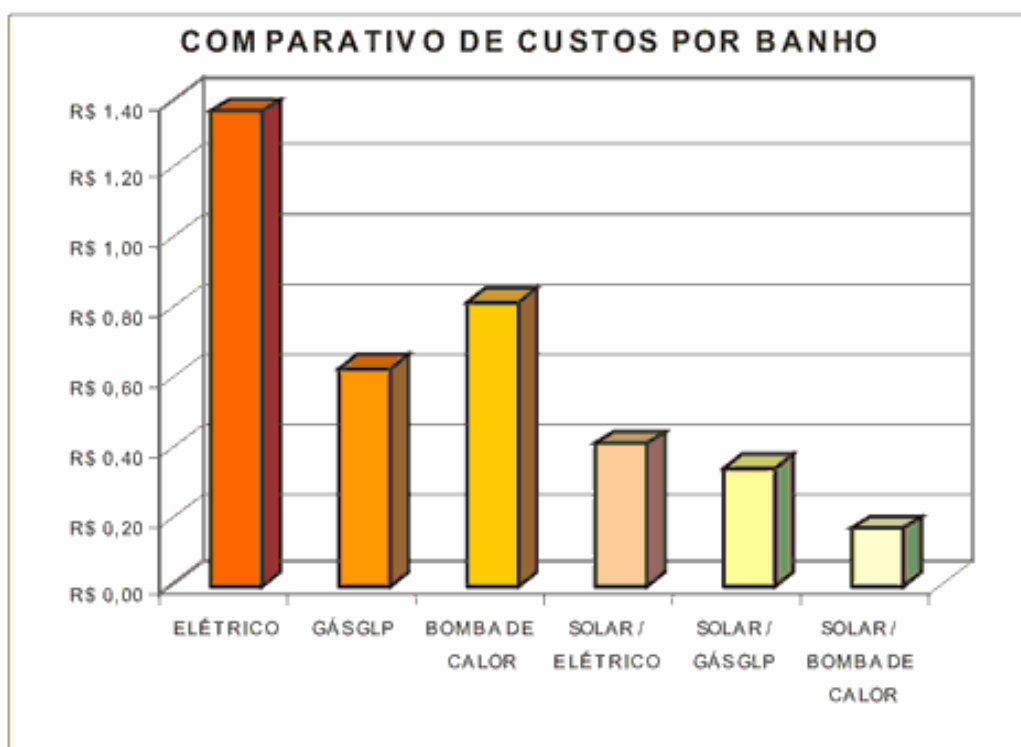
Embora há abundância de raios solares gratuitamente, os projetos e instalações de sistema de aquecimento solar no Brasil ainda são tímidos, restringindo-se às classes A e B, ou seja, com melhor poder aquisitivo, mesmo assim o custo é considerado alto e a quantidade de residências contempladas muito baixas. Acredita-se que uma nova configuração para o mercado energético no país será inevitável e muito provavelmente a tarifação de energia para os consumidores residenciais será semelhante aos já estabelecidos na grande maioria das indústrias. Sendo cobrado além do consumo que foi gasto em horário de ponta (maior pico de consumo) e fora de ponta (menor pico de consumo), também a demanda, ou energia baseada na potência real instalada, considerando ainda os períodos úmido e seco, ou seja, períodos que é mais favorável ou não a produção de energia pelas hidroelétricas. Portanto é provável que a tarifação diferenciada onerará mais o consumidor devido aos altos custos de produção, transporte e distribuição de energia via hidroelétrica ou termoelétrica, acarretando, portanto uma maior procura para a utilização dos aquecedores solares no Brasil, bem como outras alternativas de menores custos.

7. – Análise de viabilidade do Aquecedor Solar

Há um esforço concentrado entre engenheiros, técnicos, academias e associações ligadas ao setor energético e de meio ambiente e já consolidam os primeiros passos em direção a utilização de energia alternativa menos agressiva ao meio ambiente, como a energia solar e até mesmo o sistema de aquecimento solar, que é oriundo de uma fonte absolutamente limpa, gratuita e inesgotável, os raios solares.

Empresas de engenharia e construção civil, bem como o mercado imobiliário, apontam como ponto positivo a valorização do imóvel que utiliza o sistema de aquecimento solar.

Em dados apresentados pelo site da Enalter, na página de economia, é demonstrado um gráfico comparativo de custos por banho e uma tabela de investimento durante 10 anos com algumas opções de energia em aquecimento para banhos. Segundo a Enalter é possível obter uma economia de até 70% no consumo de energia com a utilização de seus coletores solares, e cada 1m² de coletor instalado, permite evitar a inundação de cerca de 56 m² para geração de energia elétrica, economizar 55kg de glp/ano, economizar 66 litros de diesel/ano, afastar a utilização indesejada da energia nuclear, favorecer maior geração de empregos, economizar 73 litros de gasolina/ano, eliminar anualmente o consumo de 215 kg de lenha e economizar com o gasto de energia.



*Energia estimada em banho médio de 80 litros

Tabela 01 – Comparativos de Custos por Banho

Tempo em anos	Solar/elétrico	Resistencia elétrica	Gás	Bomba de calor
Investimento inicial	R\$ 2.500,00	R\$ 800,00	R\$ 1.000,00	R\$ 4.000,00
Gasto 1º ano	R\$ 1.100,00	R\$ 3.828,00	R\$ 1.914,00	R\$ 1.530,00
Gasto 2º ano	R\$ 1.100,00	R\$ 3.828,00	R\$ 1.914,00	R\$ 1.530,00
Gasto 3º ano	R\$ 1.100,00	R\$ 3.828,00	R\$ 1.914,00	R\$ 1.530,00
Gasto 4º ano	R\$ 1.100,00	R\$ 3.828,00	R\$ 1.914,00	R\$ 1.530,00
Gasto 5º ano	R\$ 1.100,00	R\$ 3.828,00	R\$ 1.914,00	R\$ 1.530,00
Gasto 6º ano	R\$ 1.100,00	R\$ 3.828,00	R\$ 1.914,00	R\$ 1.530,00
Gasto 7º ano	R\$ 1.100,00	R\$ 3.828,00	R\$ 1.914,00	R\$ 1.530,00
Gasto 8º ano	R\$ 1.100,00	R\$ 3.828,00	R\$ 1.914,00	R\$ 1.530,00
Gasto 9º ano	R\$ 1.100,00	R\$ 3.828,00	R\$ 1.914,00	R\$ 1.530,00
Gasto 10º ano	R\$ 1.100,00	R\$ 3.828,00	R\$ 1.914,00	R\$ 1.530,00
Gasto total	R\$ 13.500,00	R\$ 39.080,00	R\$ 20.140,00	R\$ 19.300,00

*Valores comparativos referentes a um sistema de 600 litros (8 banhos diários)

Fonte: www.enalter.com.br/Produtos-aqsol-economia.html

Em matéria capturada do site da Solar Minas, em 07/10/07 o Sr. Luís Augusto Mazzon, vice-presidente de marketing e relações governamentais da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado, Ventilação e Aquecimento (Abrava) e o Engenheiro Eletricista Augustin Woelz do Centro Incubador de Empresas Tecnológicas (Cietec), afirmam que os aquecedores podem significar uma redução de até 35% na conta de luz e esse número varia conforme o número de pessoas em cada residência e o hábito de utilização do chuveiro elétrico. De acordo com dados da Abrava os aquecedores solares disponíveis no mercado custam em média, de R\$ 800,00 a R\$ 4.000,00 e o mercado brasileiro de aquecimento solar vem crescendo a uma taxa anual de 50%. Hoje o setor tem cerca de 400 mil sistemas instalados em residências brasileiras.

Na cidade de Pirapora, norte de Minas Gerais, com 53.219 habitantes, com o PIB em torno de 585 milhões de reais e PIB per capita de 11.179 reais (IBGE, 2006), embora tenha um clima favorável, quase não há instalação de aquecedores solares. O índice de radiação solar baseado no Atlas de Irradiação Solar é de aproximadamente 6kWh/m².dia (média anual), sendo considerada região de destaque.

TABELA 02 – ANALISE TECNICA E COMERCIAL PARA AQUECEDORES SOLARES

Características	Soletrol	JMS	Solarminas
Reservatório (R\$)	1272,00 (300 litros)	975,00 (200 litros)	860,00 (200 litros)
Área coletora	3 x 1,02 m ²	Não informado	2,00 m ²
Coletor (R\$)	1047,00	500,00	624,00
Condições de pagamento	10 vezes	Ent./30/60 dias	6 vezes
Total a pagar	2319,00	1475,00	1484,00
Prazo de entrega	30 dias	15 dias	20 dias
Frete	FOB, São Manuel S.P.	FOB, Contagem M.G.	A combinar
Temperatura média	55°C	Não informado	55°C
Apoio elétrico	3,5 kW	Não informado	3,0 kW
Financiamento	Próprio ou outro	Não informado	Construcard (CEF)
Garantia	05 anos	Não informado	05 anos

Na NBR 7198/82, indica que o consumo diário de água quente para ocupação residencial é de 45 litros/dia por pessoa, portanto em uma residência com três pessoas, haverá um consumo de água quente em torno de 135 litros/dia, então um reservatório de 200 litros atenderia esse número de pessoas.

Tabela 03

CHUVEIRO ELÉTRICO X AQUECEDOR SOLAR

Descrição	Chuveiro	Aquecedor Solar
Custo médio do equipamento (R\$)	35,00	1759,00
Potência (kW)	4,5	-
Preço de energia (R\$)	0,684135	-
Número de usuários	03	03
Tempo estimado de banho por pessoa (minutos)	10	10
Tempo de banho (horas/mês)	15	15
Consumo de energia mês (kWh)	67,5	-
Custo de energia mês (R\$)	46,18	-
Retorno de investimento em meses	-	38

De forma genérica, será possível economizar por mês o custo relativo ao do consumo do chuveiro elétrico, portanto o retorno do investimento considerando o custo médio do aquecedor solar R\$ 1.759,33 e o consumo mensal do chuveiro elétrico R\$ 46,18 será em torno de 38 meses. Considerando o custo para produção, transporte e distribuição de energia elétrica bem como seus impactos ambientais, o que se deixará de consumir com o chuveiro é

bastante significativo. Alguns especialistas afirmam que para cada 1kW de energia gerada, a concessionária de energia gastou em torno de U\$ 1.000,00 e se em cada residência houvesse uma redução do consumo máximo de energia os benefícios seriam a favor de todos.

O apóio elétrico, normalmente utilizados pelos fabricantes nos Aquecedores solares, para manter uma determinada temperatura em dias frios ou nublados, poderá ser evitado, ou até mesmo substituído por outra fonte se for o caso; para não comprometer o investimento, visando sempre um baixo consumo de energia elétrica. Outra opção para esses dias é a utilização do próprio chuveiro elétrico, porém com potência reduzida, possibilitando auxílio ao aquecimento da água para o banho, atenuando o consumo de energia elétrica.

Segundo Luís Augusto Mazzon, vice-presidente de marketing e relações governamentais da Associação Brasileira de Refrigeração, Ventilação e Aquecimento (Abrava), em dias nublados o aquecedor funciona normalmente, pois o mormaço também fornece calor, apesar de em menor proporção. Isto proporciona a temperatura ideal para um banho agradável, mesmo no inverno e nos dias de chuva, a pessoa que possui um aquecedor também toma banho quente. Gasta um pouco de energia elétrica para a complementação, mas nem tanto como se tivesse apenas o chuveiro elétrico.

É importante ressaltar que mesmo as regiões com menor índice de radiação apresentam grande potencial de aproveitamento energético. O coletor solar deve ser instalado voltado para o norte, com ângulo de inclinação similar ao da latitude local mais 10 a 15 graus, para se ter um melhor aproveitamento do sistema de aquecimento solar.

A análise dos dados apresentados é considerado para a cidade de Pirapora em Minas Gerais, região do Alto Médio São Francisco com índice de radiação solar bastante favorável, a 17°21' de latitude sul onde maior parte do ano é ensolarado. Com todo esse potencial energético, quase não há utilização de aquecedores solares na cidade e região, bem como não há divulgação dessa tecnologia que efetivamente poderia estar contribuindo para a sociedade, o meio ambiente, o país e até mesmo para o planeta.



Fonte: INMET & LABSOLAR, 1998 (adaptado)

Figura 05 – Radiação solar no Brasil – média anual típica (Wh/m².dia)

Segundo informações da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA, 2000), existe até recentemente cerca de 250.000 coletores solares residenciais instalados no Brasil, o que corresponde a somente 0,6% dos cerca de 40 milhões de domicílios brasileiros. Na região norte mineira não há estatística sobre aquecimento solar, nem empresas especializadas no ramo. Estudos revelam que entre 18 e 19 horas cerca de 50% dos aparelhos são usados simultaneamente (FERRARI, 1996) e estima-se que o chuveiro elétrico contribui com 12,8% da demanda do sistema elétrico brasileiro, correspondendo a aproximadamente 6.800MW de potência instalada, só para se ter uma idéia, toda capacidade de Itaipu é de 12.600MW. Segundo o Idec, a substituição dos chuveiros por aquecimento solar possibilitará a diminuição de 30 a 50% da conta de energia

do consumidor residencial. A energia elétrica para aquecimento de água corresponde a 6% do consumo nacional, o dobro do que é destinado à iluminação pública.

Há inúmeros estudos que comprovam a viabilidade em se instalar o sistema de aquecimento solar. Mesmo porque é um aproveitamento da energia através da radiação solar que pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica direcionada a várias aplicações impactantes no sistema energético como os chuveiros elétricos residenciais, oriunda de fonte renovável e limpa. Algumas cidades como São Paulo, Belo Horizonte e Porto Alegre já vêm desenvolvendo no legislativo leis para a utilização de energia alternativa, principalmente em novas instalações. Embora o custo de aquisição dos equipamentos da tecnologia de aquecimento solar seja considerado uma das principais desvantagens, (principalmente para famílias de baixa renda), há de se considerar que haverá um retorno do investimento. Atualmente a Caixa Econômica Federal dispõe de uma linha de crédito para aquisição de aquecedores solares.

A criação e a regulamentação da Lei federal 10.295 de 17 de outubro de 2001 que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e uso racional de energia tem favorecido estudos e implantação de tecnologias para redução de custo de energia com menor impacto ambiental.

8. – Conclusões e Recomendações

Considerando o potencial de energia solar disponível gratuitamente em nosso país e algumas regiões sendo privilegiadas com maior índice de radiação solar, como o caso do norte de Minas Gerais, uma energia saudável ao meio ambiente e ainda observando os baixos investimentos em geração, distribuição e principalmente em transmissão de energia elétrica comprometendo o desenvolvimento do país, há de se admitir que o investimento em aquecimento solar é viável e aconselhável. O investimento pode ser considerado alto num primeiro momento, devido à tecnologia aplicada. Portanto uma visão imediatista do retorno deste investimento poderá dispersar a análise de viabilidade com seus efeitos que vão além do aspecto socioeconômico.

Há uma grande expectativa dos fabricantes, distribuidores e associações voltadas ao aquecimento solar que a demanda por esses equipamentos seja ampliada em virtude do nível de conscientização da sociedade priorizando a responsabilidade com o meio ambiente. As linhas de créditos como a da Caixa Econômica Federal, favorece o investimento para os consumidores que não possuam recursos imediatos, embora as taxas de juros ainda sejam consideradas altas, prolongando ainda mais o retorno do investimento. Alguns fabricantes e distribuidores têm incentivado aos interessados em suas tecnologias de aquecimento solar e proporcionado parcelamento com menor burocracia, porém com taxas de juros que devem ser observadas e negociadas.

Observa-se também que o apóio e incentivo dos órgãos governamentais têm caminhado positivamente favorecendo estudo e implantação de tecnologias para redução de consumo de energia com menor impacto ambiental, como a lei federal 10.295, que dispõe sobre a Política nacional de conservação e uso racional de energia e dá outras providências, dentre outras ações.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

ABRAVA – Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-condicionado, Ventilação e Aquecimento [On line]. São Paulo. Disponível na Internet via [WWW.URL: http://www.abrava.com.br/index.php](http://www.abrava.com.br/index.php) . Acesso em 30 de julho de 2007.

ALVARENGA, Carlos Alberto. **Energia Solar** / Carlos Alberto Alvarenga. Lavras: UFLA / FAEP, 2001.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Energia Solar** [On line]. Disponível na Internet via [WWW.URL: http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/pdf/03](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/pdf/03) . Acesso em 22 de agosto de 2007.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Benedito Braga et al – São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. Disponível na Internet via [WWW.URL: http://www.cemig.com.br](http://www.cemig.com.br) . Acesso em 18 de agosto de 2007.

Cidades Solares. **BHSolar** [On line]. Disponível na Internet via [WWW.URL: http://www.cidadessolares.org.br](http://www.cidadessolares.org.br) . Acesso em 28 de agosto de 2007.

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Disponível na Internet via [WWW.URL: http://www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br) . Acesso em 27 de maio de 2007.

ENALTER. **Produtos aquecedor Solar** [On line]. Disponível na Internet via [WWW.URL: http://www.enalter.com.br](http://www.enalter.com.br) . Acesso em 07 de outubro de 2007.

IDEC – Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. **Aquecimento Solar de Água** [On line]. Disponível na Internet via [WWW.URL: http://www.idec.org.br](http://www.idec.org.br) . Acesso em 26 de agosto de 2007.

MAXIMO, Antônio. **Física**: volume único / Antônio Máximo, Beatriz Alvarenga. – São Paulo :Scipione, 1997.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001** [On line]. Disponível na Internet via www.mme.gov.br . Acesso em 22 de agosto de 2007.

SOLAR MINAS. **Aquecedor solar pode reduzir até 35% na conta de luz** [On line]. Disponível na Internet via [WWW.URL: http://www.solarminas.com.br](http://www.solarminas.com.br). Acesso em 07 de outubro de 2007.

SOLENERG. **Monografias / Aquecedor Solar** [On line]. Disponível na Internet via [WWW.URL: http://www.solenerg.com.br/monografias.htm](http://www.solenerg.com.br/monografias.htm) . Acesso em 18 de abril de 2007.

SOLETROL. **Aquecedor Solar** [On line]. Disponível na Internet via [WWW.URL: http://www.soletrol.com.br](http://www.soletrol.com.br). Acesso em 11 de abril de 2007.

SOUZA, Maria José Hatem de. **Irradiância Solar Direta: desenvolvimento e avaliação de modelos, e sua distribuição espacial e temporal para o Estado de Minas Gerais** / Maria José Hatem de Souza – Viçosa: UFV, 1996, 128p. – Tese (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa.

UNISOL – Aquecedores Solar. **Aquecedores Solar** [On line]. Disponível na Internet via [WWW.URL: http://www.unisolaquecedores.com.br/dicas.html](http://www.unisolaquecedores.com.br/dicas.html). Acesso em 26 de agosto de 2007.