

**IVINA CARLOS DE ASSIS**

**ENERGIA SOLAR PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA E EXPURGO  
MICROBIOLÓGICO DE SOLOS**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Fontes Alternativas de Energia, para a obtenção do título de especialista em Fontes Alternativas de Energia.

Orientador

Prof. Carlos Alberto Alvarenga

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2004

**IVINA CARLOS DE ASSIS**

**COLETOR SOLAR**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Fontes Alternativas de Energia, para a obtenção do título de especialista em Fontes Alternativas de Energia.

APROVADA em        de                    de

Prof. \_\_\_\_\_

Prof. \_\_\_\_\_

Prof. \_\_\_\_\_

UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

## **RESUMO**

A presente investigação refere-se ao estudo detalhado do aquecedor solar estabelecendo os principais conceitos da termodinâmica, avaliando a eficiência do aquecimento solar como fonte alternativa de energia, através de um estudo quantitativo e qualitativo. Refere-se também à redução no custo e a viabilidade de se instalar coletores solares residenciais com materiais de fácil acesso a população de baixa renda.

É apresentada também a utilização do coletor solar na agricultura para tratamento do solo, técnica que elimina microorganismos causadores de doenças.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>05</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>06</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>03</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>07</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. Coletor Solar .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.1. Coletor solar de placa plana .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2. Característica do coletor .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.1. Circulação da água .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.2. Disposição do boiler .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.3. Especificação dos coletores .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.4. Escolha do local de instalação .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.5. Inclinação dos coletores .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.6. Cuidados na instalação .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3. Representação de um módulo do coletor solar alternativo .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4. Outra aplicação do coletor solar .....</b>	<b>25</b>
<b>2.5. Considerações finais a respeito do coletor solar .....</b>	<b>26</b>
<b>3. CONCLUSÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>31</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Efeito estufa .....	13
Figura 2 : Esquema do coletor de placa plana .....	14
Figura 3: Esquema de Construção de um Coletor Solar .....	15
Figura 4: <i>BOILER</i> .....	16
Figura.5: Ligação <i>Boiler</i> -Coletores .....	17
Figura 6: Instalação através do Sistema de Termosifão .....	18
Figura 7: Vista em perspectiva de uma instalação de Termosifão .....	18
Figura 8: Circulação Forçada .....	19
Figura 9: Instalação de um <i>Boiler</i> de Nível .....	20
Figura 10: Fixação dos Coletores .....	23
Figura 11: Interligação dos Coletores .....	23
Figura 12: Representação de um módulo do coletor solar alternativo .....	24
Figura 13: Coletor solar na agricultura .....	26

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção de Coletores Solares de alguns Países (m <sup>2</sup> ) .....	9
Tabela 2: Volume de água quente de acordo com o consumo .....	20
Tabela 3: Consumo total de água quente .....	21
Tabela 4: Latitudes de algumas Cidades Brasileiras e a Inclinação dos Coletores ..	22

## 1. INTRODUÇÃO

Diariamente o sol transmite uma grande quantidade de energia através das ondas eletromagnéticas, e é essa energia que gera todos os processos naturais, como a fotossíntese que combina energia luminosa do sol com o dióxido de carbono da atmosfera para armazenar energia nas plantas em forma de hidrocarbonos. O aquecimento de água para fins pessoais é um dos grandes problemas atuais de energia que o Brasil está enfrentando, ou seja, o chuveiro elétrico é considerado o vilão no consumo de energia elétrica. Só para se ter uma idéia, 67,6% dos domicílios possuem chuveiro, totalizando 18 milhões de unidades. O Brasil é um dos poucos países que ainda utilizam o chuveiro elétrico para o aquecimento de água. Nos países do primeiro mundo<sup>1</sup>, o uso da energia solar está completamente difundido, totalizando mais de 80% das residências, tanto para aquecimento quanto para geração de energia elétrica. Nos EUA<sup>2</sup>, Israel, Itália, França, Grécia, Alemanha, Austrália e Japão a energia solar para aquecimento de água é usada em massa e em alguns desses países o equipamento de aquecimento solar tem parte significativa doada pelo governo ou pela companhia energética. Em Israel seu uso é obrigatório. O papel do governo é fundamental para divulgar o uso da energia solar como também a conscientização da população quanto às vantagens dessa energia abundante que é o sol. Com relação ao custo de uma instalação de aquecimento solar, houve uma queda considerável nos últimos anos. Atualmente, possuir esse tipo de aquecimento não é privilégio apenas das classes altas, também a classe média já é favorecida, o que torna o aquecimento solar uma tendência a crescer praticamente em todas as camadas sociais.

---

<sup>1</sup> [www.cefetsp.br](http://www.cefetsp.br)

<sup>2</sup> [www.soletrol.com.br](http://www.soletrol.com.br)

A tecnologia do aquecedor solar já vem sendo usada no Brasil desde a década de 60, época em que surgiram as primeiras pesquisas. Em 1973, empresas passaram a utilizá-la comercialmente. Estima-se que mais de dois milhões de pessoas já se beneficiam com a tecnologia do aquecedor solar, sendo aquecidos cerca de 200 milhões de litros de água para banho diariamente. Em Belo Horizonte já são mais de 950 edifícios que contam com este benefício e, em Porto Seguro 130 hotéis e pousadas. Aumenta também sua aplicação em conjuntos habitacionais e casas populares, como nos projetos Ilha do Mel, Projeto Cingapura, Projeto Sapucaias em Contagem, Conjuntos Habitacionais SIR e Maria Eugênia (COHAB) em Governador Valadares.

O crescimento médio no setor, que já conta com aproximadamente 140 fabricantes e possui uma taxa histórica de crescimento anual de aproximadamente 35%, foi acima de 50% em 2001. Em 2002, foram produzidos no país 310.000 m<sup>2</sup> de coletores solares e espera-se um crescimento de 10% deste valor para o ano de 2003.

Apesar do setor apresentar expressivas taxas de crescimento nos últimos anos, os dados que o DASol (Departamento Nacional de Aquecimento Solar) dispõe demonstram que o nosso país, apesar das inúmeras condições favoráveis ao uso dessa tecnologia, ainda ocupa uma tímida posição no mercado internacional.

Em 1999, a produção de coletores solares de alguns países apresentava-se da seguinte forma:



*Tabela 1 – Produção de Coletores Solares de alguns Países (m<sup>2</sup>)*

<b>País</b>	<b>Área coletora (m<sup>2</sup>)</b>
China	4.000.000
Índia	2.000.000
Japão	1.000.000
Alemanha	420.000
Brasil	194.000
Grécia	160.000
Áustria	141.000

Os fatores que contribuíram para o crescimento do mercado foram: a divulgação dos benefícios do uso da energia solar; a isenção de impostos que o setor obteve; o financiamento da Caixa Econômica Federal aos interessados em implantar o sistema; e o racionamento e incertezas no fornecimento de energia elétrica. A manutenção de um mercado de qualidade através do controle do INMETRO também tem mostrado a eficiência e credibilidade dessa tecnologia.

Os custos dos sistemas de aquecimento solar apresentaram significativa queda de valor em dólar na última década. O valor em real tem se mantido estável nos últimos anos. Como o dimensionamento dos equipamentos varia em função da região do país, a Associação recomenda uma pesquisa entre seus associados para o levantamento dos custos dos sistemas.

Atualmente, com os elevados custos energéticos, as instalações de aquecimento de água por energia solar surgiram como uma excelente opção de economia, visto que a energia solar é econômica, adequada ao clima tropical de nosso país e não poluente. Deste modo, o aproveitamento da energia solar constitui uma estratégia para o desenvolvimento sustentável.

Diversos autores destacam a importância da energia solar como estratégia para o desenvolvimento dos países: Kluppel (1974); Valdman e Dwick (1979); Dickinson e Cheremisinoff (1980); Palz (1981); Assmann (1982); Luis (1985); Anhalt (1987); Figueredo (1990),; Hirscheberg (1990); Zilles e Corbella (1990).

O presente trabalho tem como finalidade o desenvolvimento de um sistema de aquecimento de água através da utilização direta da energia solar (coletor solar clássico e alternativo).

O coletor solar é composto basicamente por uma superfície seletiva, uma superfície trocadora de calor dentro de uma caixa coletora isolada termicamente nas laterais e no fundo, e coberto por uma superfície transparente aos raios solares, favorecendo a formação do efeito estufa.

A utilização do aquecedor solar apresenta muitas vantagens. As principais são que a energia solar é uma fonte de energia inesgotável, 100% natural, gratuita, ecológica, totalmente limpa, que promove a total preservação do meio ambiente.

Para cada 1m<sup>2</sup> de coletor solar instalado, evita-se a inundação de 56m<sup>2</sup> de terras férteis na construção de novas usinas hidrelétricas. Para cada 1m<sup>2</sup> de coletor solar, permite-se economizar 55 Kg de GLP (gás de cozinha) por ano ou 66 litros de diesel por ano ou ainda 215 Kg de lenha por ano.

Além disso, esses equipamentos, mesmo em países frios, podem ser bastante úteis para a economia elétrica ou a gás, embora os resultados sendo prejudicados devido às condições climáticas.

Diante das vantagens apresentadas no uso da energia solar torna-se inquestionável a necessidade dos professores de física e ciências no aprofundamento de seus conhecimentos no assunto pois, na tarefa de ensinar e despertar nos alunos o senso crítico para transformá-los em cidadãos bem informados e participativos, precisamos avaliar e mostrar as opções para o

desenvolvimento sustentável, utilizando uma fonte de energia que preserve o meio ambiente.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Coletor Solar

O coletor solar térmico é o equipamento mais popular da tecnologia solar. Fornece água quente a temperaturas variáveis compreendidos entre 40° e 60°C, atendendo a demanda de energia térmica de residências, hospitais e hotéis utilizada basicamente em cozinhas e banheiros. No Brasil e em muitos outros países concorre com ou substitui o chuveiro elétrico, o que lhe outorga um elevado grau de competitividade.

Os coletores são a forma mais comum de captação de energia, convertem a energia solar com baixo custo e de forma conveniente. O processo geral empregado é o de efeito estufa, o nome vem da própria aplicação, em estufas, onde se pode criar plantas exóticas em climas frios, pela melhor utilização da energia solar disponível.

Assim como as cores claras refletem a radiação, as cores escuras as absorvem e esta absorção é tanto maior quanto mais próximo estas estiverem da cor negra, baseado nesta propriedade é que as placas absorvedoras dos coletores planos são pintadas de preto fosco. A propriedade da superfície negra aliada à propriedade que o vidro retém de recuperar grande parte da radiação emitida pela superfície negra quando a lâmina de vidro está colocada acima da placa absorvedora, foi aproveitada para a conversão de energia radiante em energia térmica no coletor.

Quando a temperatura da chapa aumenta, emite um incremento de calor na forma de luz infravermelha. O receptor preto tem as propriedades de corpo negro, alta taxa de absorção, mas também alto coeficiente de emissão para todos os comprimentos de onda.

A emissão aumenta com a temperatura. O princípio do funcionamento do coletor é o mesmo que se verifica em um veículo fechado e estacionado por

algumas horas em via pública sob a ação do sol. A ação da radiação solar se fez cada vez mais presente a medida em que a pintura do veículo se aproxima da cor preta ocorrendo o mesmo com o seu interior. A comparação não é a nível de forma geométrica, mas a nível de utilidade que ambos possam ter. Basicamente o coletor é uma caixa de forma geométrica retangular, hermeticamente fechada, tendo dentro dela uma chapa plana ou ondulada pintada de preto fosca, apoiada no fundo da caixa, tendo esta como cobertura uma lâmina de vidro plano transparente(figura 1).

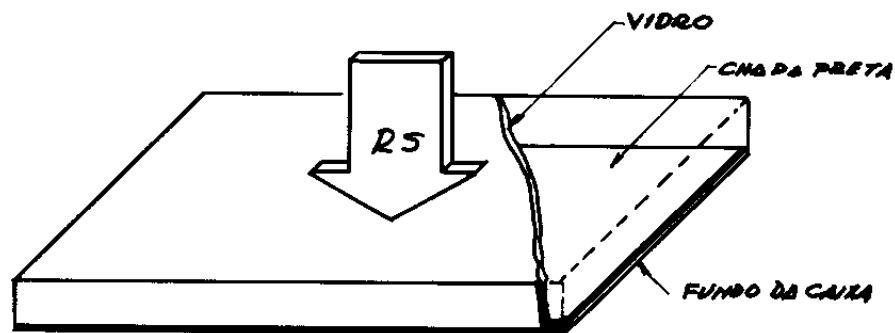


Figura 1: Efeito estufa

A radiação solar atravessará o vidro de cobertura e ao encontrar a chapa preta sofre uma alteração no seu comprimento de onda (um aumento), o que a torna impotente para atravessar, de volta, o vidro e a partir daí tem origem uma reemissão desta radiação no sentido vidro/chapa/vidro. Como a caixa se encontra hermeticamente fechada ocorre um fenômeno conhecido por efeito estufa, portanto responsável pelo aumento progressivo da temperatura da chapa pintada de preto fosca enquanto durar a ação da radiação solar.

### 2.1.1. Coletor solar de placa plana

O coletor solar de placa plana é constituído basicamente de uma caixa isolada onde se coloca uma rede de tubos de distribuição de água quente, normalmente ligados a aletas metálicas, pintadas de preto-fosco, para melhorar a condução de calor para a água. O conjunto deve receber uma cobertura transparente, visando a redução das perdas de calor por convecção e radiação para o ambiente e a própria proteção dos seus componentes em condições climáticas adversas.

Este sistema usa uma superfície absorvedora como meio de transferir energia absorvida para o fluido. As Coberturas transparentes, para radiação solar, eleva a absorção pela superfície que reduz a convecção e as perdas por radiação para a atmosfera, e o fundo isolado reduz perdas por condução (figura 2).

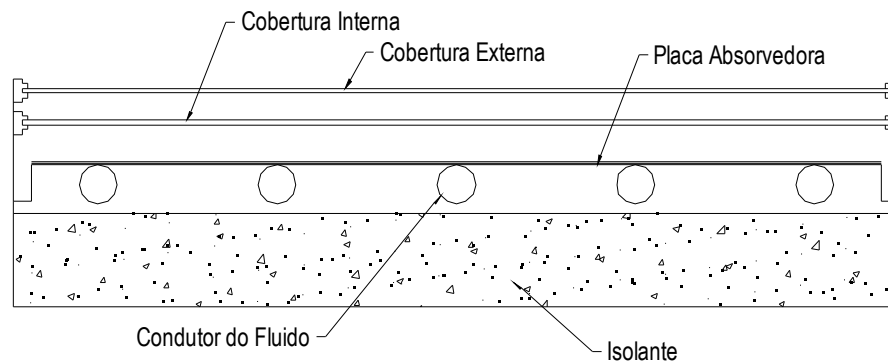


Figura 2 : Esquema do coletor de placa plana

## 2.2. Característica do coletor

### 2.2.1. Circulação da água

O princípio de funcionamento do aquecimento solar de água é bastante simples, é baseado na transmissão de calor através dos materiais que compõem o sistema. É composto por dois itens básicos: o reservatório térmico (*boiler*) e o coletor solar (placas).

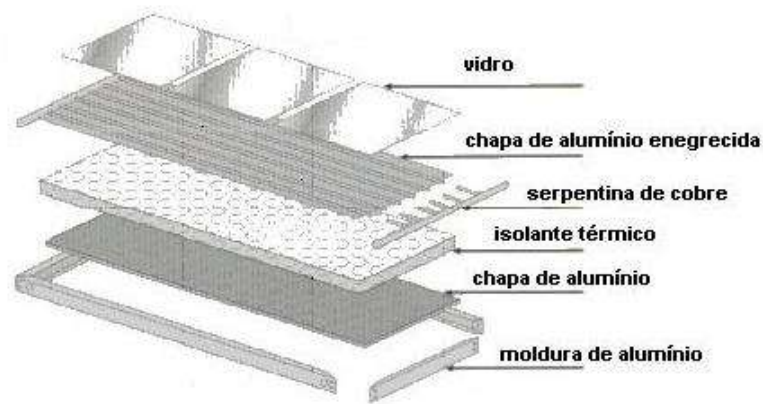


Figura 3: Esquema de Construção de um Coletor Solar

Como indica a figura 3, ele é composto pelos seguintes materiais:

**Vidro:** impede que entrem, no coletor, água de chuva, materiais sólidos, poeira etc. Tem como finalidade principal provocar o efeito estufa. Ou seja, a luz do sol, incidindo diretamente no vidro, faz com que parte dela penetre no interior do coletor, refletindo outra parcela de luz. Na reflexão, a luz é composta basicamente de raios infravermelhos que não conseguem ultrapassar a camada de vidro, provocando assim um aquecimento interno que ajudará no aquecimento da água que está circulando na tubulação de cobre.

**Tubo de cobre:** serve para conduzir a água que captará o calor do sol. O cobre, sendo um ótimo condutor de calor, absorverá todo esse calor do coletor e o transmitirá para a água que está circulando.

**Chapa de alumínio enegrecida:** tem por finalidade auxiliar no aquecimento do coletor. Pela sua cor negra, absorve melhor o calor da luz solar, transmitindo-o para os tubos de cobre e conseqüentemente para a água.

**Poliuretano expandido ou lã de vidro:** é um material que isola termicamente o coletor, impedindo que o calor captado pela luz solar escape para o ambiente.



**Figura 4:** *BOILER*

O *boiler* (figura 4), serve para armazenar água quente para consumo. É fabricado por fora de alumínio e por dentro de cobre ou aço inox. Internamente, a água quente se mistura com a fria ficando a água quente sempre na parte superior. O boiler possui resistência elétrica que aquece a água em dias em que não há luz solar suficiente. Comandada por um termostato, ela liga e desliga de acordo com a temperatura da água. Aqui também temos o poliuretano expandido, revestindo toda a parede interna do *boiler*. Em dias com grande luminosidade, a água quente pode ficar armazenada por várias horas sem precisar acionar a resistência elétrica. Existem *boilers* de alta pressão e de baixa pressão. Os de baixa pressão trabalham com até 5mca e os de alta pressão com até 20 mca. Os *boilers* podem ser de nível (colocado no mesmo nível da caixa



fria) ou de desnível (abaixo da caixa fria). A escolha vai depender da altura da cumeeira da residência (figura 5).

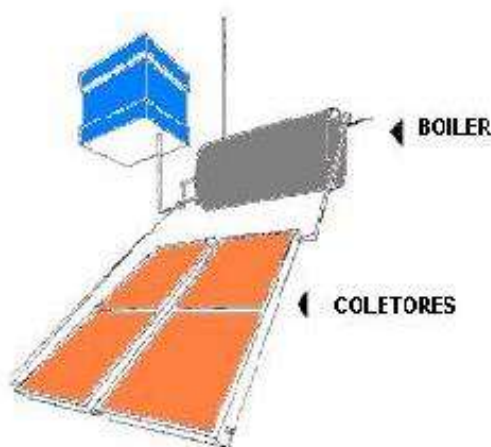


Figura.5: Ligação *Boiler*-Coletores

### **CIRCULAÇÃO DA ÁGUA**

Uma vez aquecida, a água na tubulação torna-se menos densa e se desloca para a parte superior do reservatório. Ao mesmo tempo, a água mais fria, na parte inferior do reservatório se desloca para a tubulação, formando uma corrente de convecção térmica. A água quente, pronta para o consumo, sai pela parte superior do reservatório e uma nova quantidade de água vinda da caixa d'água entra no aquecedor. A água sai da caixa d'água fria e vai para o *boiler*, seguindo depois para as placas que estão no telhado da casa. A água é aquecida ao passar pelas placas, a água quente retorna para o *boiler*, ficando armazenada até o seu consumo. A água pode circular pelos coletores através de duas maneiras: natural (termosifão) ou forçada.

**Termosifão:** a circulação ocorre devido à diferença de densidade entre a água fria e a quente. A água fria, sendo mais pesada, acaba empurrando a água quente que é mais leve, realizando a circulação. Sua vantagem é de não precisar de energia elétrica para a movimentação da água, dispensando qualquer tipo de manutenção. Para haver esse tipo de circulação, é necessário que as placas estejam no mínimo 30 cm mais baixas que a base do *boiler*, como está indicado na figura 6.

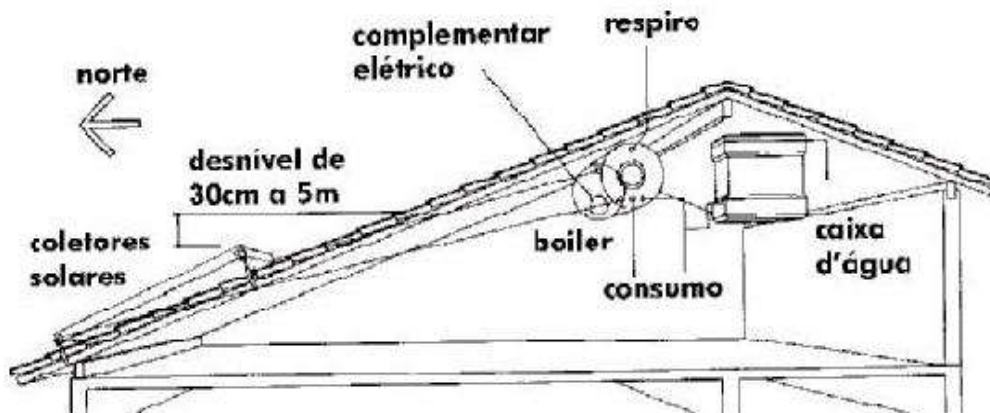


Figura 6: Instalação através do Sistema de Termosifão

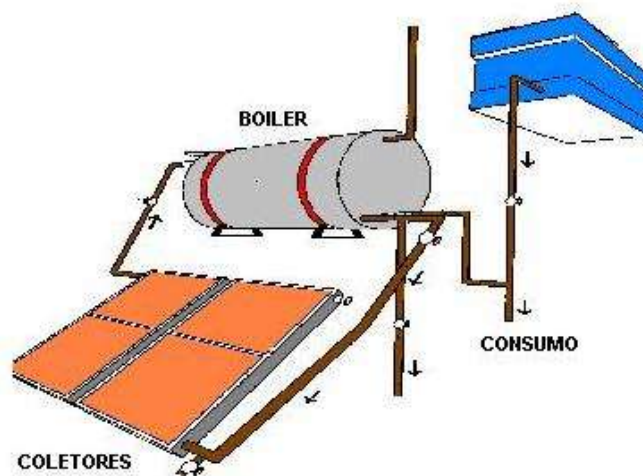


Figura 7: Vista em perspectiva de uma instalação de Termosifão

A distância máxima entre o boiler e as placas tem que ser de 5m, caso contrário a circulação por termosifão pode não ocorrer (figura 7).

**Forçada:** nesse caso a circulação da água não ocorre sozinha e sim por auxílio de uma microbomba instalada no circuito. As desvantagens nesse tipo de instalação é a dependência da eletricidade (110 ou 220 v) e a possibilidade de ocorrerem problemas na microbomba. O *boiler* poderá ficar abaixo dos coletores caso exista espaço entre a laje e a cumeeira como indica a figura 8.

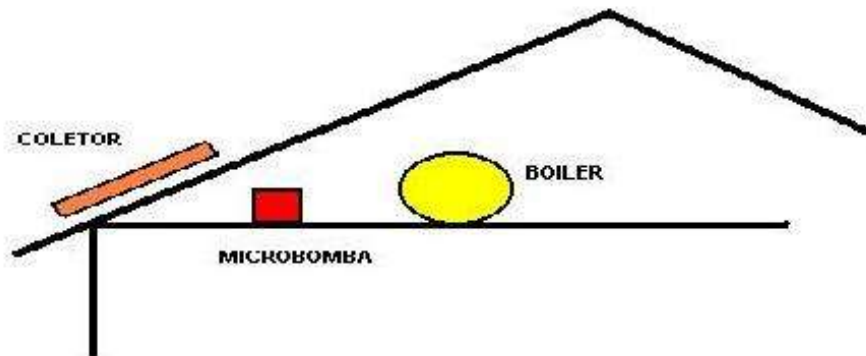


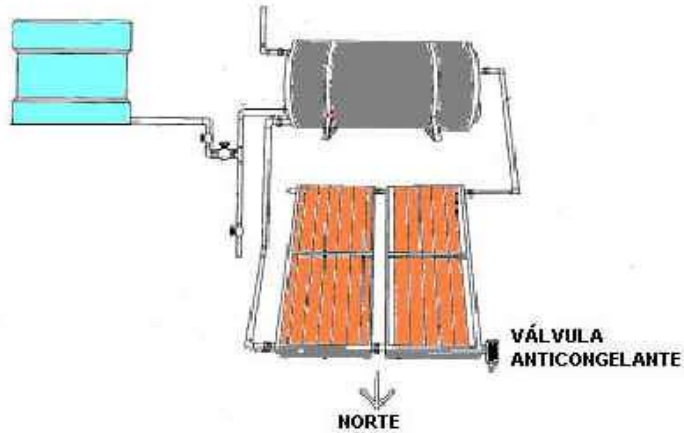
Figura 8: Circulação Forçada

### 2.2.2. Disposição do boiler

Existem duas maneiras de se posicionar o *boiler* de acordo com a caixa d'água. São elas:

**De desnível:** nesse modo o *boiler* se encontra abaixo da caixa d'água, situação que acontece quando temos espaço de folga entre a laje e a cumeeira (figura 5).

**De nível:** nessa situação o *boiler* se encontra no mesmo nível que a caixa d'água, caso em que o espaço entre a laje e a cumeeira é muito baixa (figura 9).



**Figura 9:** Instalação de um *Boiler* de Nível

### COMO DIMENSIONAR UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR

O dimensionamento correto de um sistema de aquecimento solar evita a falta de água quente para o consumo ou também o superdimensionamento que encarece a instalação. Para dimensionar-se um sistema, deve-se levar em conta o volume de água de consumo, como indica a tabela 3.

**Tabela 2 – Volume de água quente de acordo com o consumo**

<b>Componentes</b>	<b>Consumo Diário</b>
Ducha normal	40 litros por pessoa para banho de 10 min.
Lavatório	5 litros por pessoa
Bidê	7 litros por pessoa
Cozinha	20 litros por pessoa
Lavanderia	20 litros por kg de roupa seca
Banheira simples	100 litros por banho
Banheira dupla	200 litros por banho

Os cálculos são considerados para pressão de trabalho de 4 m.c.a entre o topo da caixa d'água e a saída de água quente. É aconselhável uma reserva de 100 litros para atender possíveis excessos ou emergências.

**Exemplo:** Dimensionar um aquecedor solar para uma residência com cinco moradores. A casa terá água quente na cozinha, chuveiros (2 banheiros), lavatório e uma banheira de hidromassagem simples.

Resolução: preencher a tabela e determinar o volume de água quente necessária:

***Tabela 3 – Consumo total de água quente***

<b>Componentes</b>	<b>Consumo</b>	<b>Consumo total (litros)</b>
Ducha	40 x 5	200
Lavatório	5 x 5	25
Cozinha	20 x 5	100
Banheira	100 litros 1 vez ao dia	100
<b>Reserva</b>		<b>100</b>
<b>Consumo total diário</b>		<b>525</b>

### **2.2.3. Especificação dos coletores**

No caso dos coletores, normalmente utiliza-se um m<sup>2</sup> para cada 100 litros de água quente. No exemplo anterior, teríamos que utilizar cinco ou seis m<sup>2</sup>, caso escolhêssemos um *boiler* de 500 ou 600 litros. No mercado existem vários tipos de construção de coletores, vai depender da opção do comprador querer o que melhor se encaixe a suas exigências.

### **2.2.4. Escolha do local de instalação**

Para que os coletores tenham um ótimo aproveitamento da luz solar, é recomendado o seu posicionamento ao norte geográfico. Para a sua localização correta é necessária a utilização de uma bússola. O norte geográfico está situado

sempre à direita do norte magnético e varia de acordo com o local. Para a cidade de São Paulo, o norte geográfico está a 18° à direita do norte magnético. Em geral, ele se encontra aproximadamente a 20° para o Brasil.

#### **2.2.5. Inclinação dos coletores**

A inclinação dos coletores requer muito cuidado na hora de serem instalados. Para sabermos a inclinação ideal, utilizaremos a seguinte regra:

**Latitude do local + 10°**

*Tabela 4 - Latitudes de algumas Cidades Brasileiras e a Inclinação dos Coletores*

<b>Cidade</b>	<b>Latitude (grau)</b>	<b>Inclinação (grau)</b>
São Paulo	24	34
Porto Alegre	30	40
Curitiba	25	35
Florianópolis	28	38
Rio de Janeiro	23	33
Campo Grande	20	30
Belo Horizonte	20	30
Salvador	13	23
Fortaleza*	4	14
Brasília	16	16
Manaus*	2	12
Cuiabá	16	26
Natal*	6	16
Recife*	8	18

### 2.2.6. Cuidados na instalação

**Fixação dos coletores:** os coletores devem ser fixados no telhado através de fios de cobre presos nos caibros pelas uniões, como mostra a figura 10.

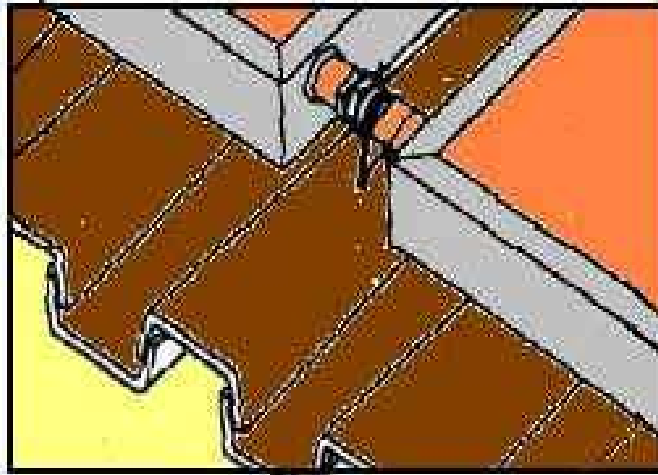


Figura 10: Fixação dos Coletores

**Interligação dos coletores:** os coletores devem ser interligados com uniões de cobre que serão soldadas umas nas outras, como na figura 11.



Figura 11: Interligação dos Coletores

### 2.3. Representação de um módulo do coletor solar alternativo

Além do coletor clássico, existe o coletor alternativo, como é mostrado na figura. Ele foi construído utilizando-se os seguintes materiais reaproveitáveis: cobertura de vidro, caixa de madeira isolada termicamente, placa de fórmica, tubos de plástico e para a superfície trocadora de calor foram experimentados os arranjos com os seguintes materiais: três latas de óleo de 900ml, três garrafas de plástico rígido de 1500ml, ou ainda três garrafas de plástico do tipo “big coke” de 2000ml, sendo que todos com a superfície externa pintada de negro. Deste três arranjos o mais eficiente é o arranjo de latas que além de não deformar apresenta fácil montagem. Como reservatório térmico isolado, utilizou-se um galão de tinta de dezoito litros revestido com lã de vidro.

Os coletores utilizados no presente trabalho foram construídos procurando-se manter a mesma proporcionalidade entre o tamanho do reservatório térmico e a superfície de incidência solar (figura 12).

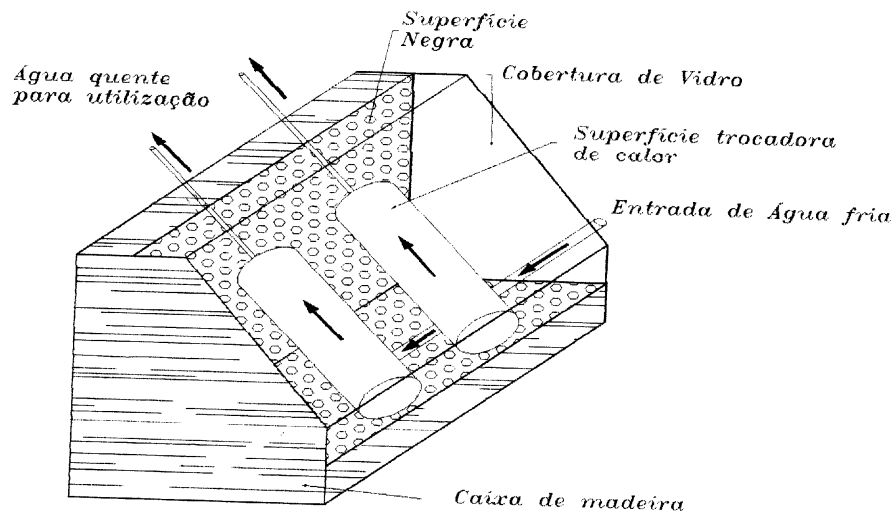


Figura 12: Representação de um módulo do coletor solar alternativo



Utilizando como referencial o coletor solar clássico, partiu-se para as avaliações e testes do coletor solar alternativo. Resultados obtidos para diversas situações durante os meses de junho e julho conduzem a um valor médio de temperatura no reservatório de 35,4°C, enquanto que para o coletor clássico obteve-se 45,5°C. Pode haver defasagem de alguns graus, tendo em vista as características construtivas dos coletores.

#### **2.4. Outra aplicação do coletor solar**

O coletor solar também pode ser usado na agricultura para tratamento do solo. A técnica elimina microorganismos causadores de doenças (figura 13).

Trata-se de um coletor solar mais barato e mais seguro do que os métodos tradicionalmente usados. O equipamento, desenvolvido pela engenheira agrônoma Raquel Ghini, do Centro de Meio Ambiente da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) em Jaguariúna (SP), possibilita a captação de energia solar para aquecer o solo. Dessa maneira, os patógenos – microorganismos prejudiciais às plantas – são eliminados pelo calor.

O processo é simples: uma caixa de madeira, coberta por plástico, colocam-se seis tubos metálicos. O solo é depositado nesses tubos, que podem atingir uma temperatura de até 80°C em dias de sol. Considera-se que com meia hora de exposição a uma temperatura de 60°C já basta para eliminar todos os patógenos. Os principais microorganismos que provocam doenças nas plantas e que morrem com o calor produzido pelo coletor são fungos, bactérias e nematóides, como o *Meloidogyne*, que afeta raízes.

O equipamento tem vantagens em relação ao tratamento químico com brometo de metila (o método tradicionalmente usado). Essa prática apresenta riscos para a planta, para o aplicador e até para a camada de ozônio, por causa da capacidade de reação do composto com o ozônio. Além disso, o brometo de metila elimina todos os microorganismos do solo, tanto os maléficos quanto os

benéficos. Já o coletor solar não é uma técnica química, não agride o aplicador, o ambiente e o solo, e nem causa fitotoxidade para a muda, além de ser fácil de fazer. A planta cultivada em solo tratado pelo coletor desenvolve taxas melhores de crescimento, por ação dos microorganismos benéficos sobreviventes. O agricultor pode fabricar seus próprios coletores a um custo muito baixo.



**Figura 13:** Coletor solar na agricultura

## **2.5. Considerações finais a respeito do coletor solar**

É preciso lembrar que a temperatura obtida na água com o uso de um aquecedor solar dependerá de fatores diversos como: região, tecnologia empregada, tipo de aplicação, época do ano, condições climatológicas e características outras relacionadas às condições de instalação. Como exemplo, uma instalação residencial no estado de São Paulo em um dia pleno de sol atingirá a temperatura de cerca de 50°C no inverno e 70°C no verão. Em todos os casos, a temperatura produzida normalmente estará acima da temperatura necessária para uso, sendo portanto necessária sua mistura com a água fria.

A instalação de mais coletores, além do padrão indicado, possibilitará uma maior velocidade de aquecimento e, conseqüentemente, poderá elevar a temperatura da água. A vantagem maior será sentida em dias em que a incidência solar esteja limitada por formações de nuvens intensas e até mesmo naqueles dias de baixas temperaturas e vento.

Em algumas instalações que a direção do telhado em relação ao norte e sua respectiva inclinação não sejam favoráveis, recomenda-se a ampliação da área de coletores solares para compensar as possíveis perdas.

Com a economia de energia proporcionada pelo aquecimento solar, tem-se o retorno do dinheiro investido no equipamento entre 24 e 36 meses, considerando um consumo mensal de cerca de 220kWh/mês (que é a média da região sudeste por residência).Justificativa:

$$\begin{array}{l} 220\text{kWh} \text{ ————— } 1 \text{ mês} \\ X \text{ ————— } 24 \text{ meses} \\ X = 5280 \text{ kWh} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 1 \text{ kWh} \text{ ————— } 0,49 \text{ (valor atual)} \\ 5280 \text{ kWh} \text{ ————— } X \end{array}$$

$X = 2.587,20$  reais (esse valor corresponde ao gasto com a energia elétrica no período de 24 meses)

Valor de um Coletor solar clássico de 400 litros = 2.611,00 reais (pesquisa realizada na Soletrol de Ipatinga no dia 29/11/2004)

Não foi considerado reajustes da tarifa de luz e do capital investido no coletor solar. Pode – se observar que os valores são aproximados.

Deve se levar em conta que a vida útil estimada dos aquecedores solares é de 20 anos.

Para a rede hidráulica de água quente os tubos mais utilizados e indicados são os tubos de cobre, que já comprovaram sua durabilidade ao longo da história. Pode-se usar também tubos de plástico para água quente.

Quando a insolação não for suficiente para o aquecimento da água, o aquecimento é completado por um sistema auxiliar elétrico, uma vez que a água já estará pré-aquecida. Esse sistema normalmente fica desligado, devendo ser acionado somente quando realmente necessário.

Em dias em que o sol não é suficiente, o tempo necessário para o auxiliador elétrico aquecer a água dependerá da temperatura que a água possa estar e da capacidade de armazenamento de água do reservatório térmico, podendo variar cerca de 1 a 3 horas, normalmente. O sistema auxiliar possui uma resistência elétrica de potência reduzida, que varia de 1,5 kW a 3,5 kW, o que dá para concluir que o consumo será de no máximo 3,5kWh a cada hora em que estiver acionado. O sistema auxiliar elétrico deve estar sempre desligado e ser acionado somente quando houver necessidade. Embora o sistema seja automático, não aconselha-se que o mesmo seja mantido ligado, justamente para evitar que seu acionamento ocorra em momentos desnecessários.

A utilização do chuveiro elétrico como alternativa de aquecimento nos dias de pouca insolação pode ocorrer desde que esteja ligado na posição “verão”, para evitar comprometer o consumo de energia do país nos horários de pico de consumo. Neste caso, o mais indicado seria a utilização de chuveiros inteligentes com controles digitais de temperatura, os quais utilizam apenas a quantidade de energia necessária para completar o aquecimento da água, evitando assim desperdícios.

A pressão da água não aumenta com o aquecimento solar, a pressão do banho é a pressão da caixa d’água existente. Para aumentar a pressão será necessária uma elevação significativa da altura das caixas d’água da residência

ou a instalação de um pressurizador. O reservatório térmico deverá ser adquirido do tipo “alta pressão”, para poder suportar tal condição.

Os vidros dos coletores do aquecedor devem permanecer limpos para não prejudicar a eficiência do equipamento. O procedimento para isto se restringe a apenas lavá-los com água e sabão neutro quando estiverem sujos, sempre no começo da manhã para evitar choque térmico e, conseqüentemente, quebra de vidro. Este procedimento é indicado para ser feito pelo menos duas vezes ao ano, nos meses de abril e de julho, época em que a radiação solar é menor.

Em dias de geada e temperaturas muito baixas pode ocorrer congelamento da água que está no interior do coletor. Isso ocasionará uma expansão da água e danificará os tubos dos coletores. É o mesmo que acontece quando se esquece uma garrafa dentro do freezer. Para evitar que isso aconteça, existe uma válvula que minimiza a possibilidade de congelamento: é a válvula anticongelamento. É uma válvula elétrica que, com a queda da temperatura, ela se abre, eliminando a água gelada contida no interior dos coletores, visando evitar o congelamento.

Não se pode usar os mesmos coletores para aquecer piscina e banhos, pois o sistema de aquecimento de piscina não possui reservatório térmico (boiler) e o de banho possui. Deve-se instalar sistemas independentes.

### 3. CONCLUSÃO

Apesar de ser um dos mais simples aproveitamentos de energia solar, o coletor solar ainda é pouco disseminado no Brasil. O maior mercado ainda é o residencial de alta renda. Uma das explicações é o custo inicial de instalação elevado. Porém ao se fazer análise a longo prazo, pode-se observar que ele se torna mais econômico que a utilização de chuveiros elétricos.

Já existe também um movimento no sentido de buscar coletores alternativos com materiais de fácil acesso a população de baixa renda.

Na agricultura o coletor solar mostra sua eficiência no controle de fitopatógenos do solo, em pequenas e médias propriedades agrícolas.

Abundante, previsível, renovável e não poluente, a energia solar poderá se tornar um suporte energético alternativo no Brasil.

É importante o professor conhecer um pouco do assunto para repassar, ensinar e despertar nos alunos o senso crítico que pode transformá-los em cidadãos bem informados e participativos. O professor deve avaliar e mostrar opções para o desenvolvimento sustentável, utilizando uma fonte de energia que preserve o meio ambiente. Essa é a nossa contribuição social.

Não há crise que seja boa viver, mais em seu duro caminho alternativas se acenam e as portas se reabrem. Buscando cumprir as metas de redução no consumo de energia elétrica – numa neurose coletiva – a colaboração nacional está diariamente mensurada, atendendo satisfatoriamente aqueles que a impingiram. No céu, poucas esperanças com chuvas. Mas com o sol, algumas voltam à cena, a mídia e a pauta do governo federal, como os sistemas solares para a geração de eletricidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SILVA, R. B. *Ar Condicionado*. Departamento de Livros e Publicações do Grêmio Politécnico. 1969
- SOLETROL. *Aquecedores solares*. 2000.
- ANHALT, J Actual performance and economic feasibility of residential solar water heaters. **Anais do IV Congresso Brasileiro de Energia**, p. 127 (1987)
- ASSMANN, P.O. Emprego de coletores de energia solar na agricultura. **Associação Promotora de Estudos da Economia**, 1982.
- DICKINSON, W.C. e CHEREMISINOFF, P.N. *Solar Energy Technology Handbook*, Part B, Applications, Systems Design, and Economics, Ed. Marcel Dekker Inc Butterworths, 1980.
- FIGUEIREDO, J.C.A. de. Performance e sistemas de aquecimento solar de água em condomínios. **Anais do V Congresso Brasileiro de Energia**, vol. I, p. 122 (1990).
- HIRSCHEBERG, J. Medidas das propriedades óticas e mecânicas dos vidros utilizados como isolantes em placas de captação solar. **Anais do V Congresso Brasileiro de Energia**, vol. I, p. 354 (1990).
- KLUPPEL, R.P. Simulação digital de um aquecedor solar de água. **Anais do II Simpósio Brasileiro de Energia**, vol. III, UFPb, p. K1 a K13 (1974).
- LUIS, A.M. *Como aproveitar a energia solar*. Ed. Edgard Blucher, 1985.
- ORLANDO, A. de F. Coletores solares: Estimativa de penetração no mercado. Anais do Seminário **“Introdução de tecnologias energéticas alternativas do Brasil até o ano 2000”**, vol. I, p. 157 (1985).
- PALZ, W. *Energias solar e fontes alternativas*. Ed. Hemus, 1981.

VALDMAN, B. e DWICK, J. Simulação dinâmica de coletores solares. **Anais do II Congresso Latino-Americano de Energia Solar**, vol. I, UFPb, p. 261 (1979).

ZILLES, R. e CORBELLA, O.D. Comparação Experimental de testes de coletores solares planos com simulador e com radiação solar. **V Congresso Brasileiro de Energia**, vol. I, p. 236 (1990).

<http://www.soletrol.com.br>

<http://www.bibvirt.futuro.usp.br>

<http://www.portalbrava.com.br>

<http://www.cefetsp.br>

FILHO, Aurélio Gonçalves e TOSCANOS, Carlos. Física para ensino médio.

SZOKOLAV, S.V. *Energia Solar Y Edificacion*. Editorial Blume, 1978.

PALZ, Wolfgang. *Energia Solar e Fontes Alternativas*. Hemus Livraria Editora Limitada, 1981.

DUFFIE , John A. *Solar Engineering of Thermal Processes*.