

# SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR VISANDO A SECAGEM DE GRÃOS

**Uilhan F. da Silva**

Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica. Universidade de Passo Fundo  
99603@upf.br

**Adans I. Marroquín**

Professor da Faculdade de Engenharia e Arquitetura. Universidade de Passo Fundo  
adans@upf.br

**Resumo.** *Visando o desenvolvimento de uma metodologia de projeto de coletores solares, este trabalho, utiliza-se de cálculos para determinar a fração de energia solar fornecida pelo sistema de aquecimento. Logo, o estudo será realizado para a secagens de grãos e como fonte complementar surge o aquecimento de ar através do coletor solar, pois o mesmo depende da incidência da radiação, que varia conforme as estações. Os materiais de construção do coletor solar são de baixo custo. O sistema proposto é uma alternativa energética ecologicamente correta. Esse equipamento solar representará uma contribuição significativa à política de desenvolvimento sustentável, não emitindo poluentes, assim contribuindo para uma melhoria das condições ambientais com uso de materiais baratos. É apresentado um protótipo para tal finalidade.*

**Palavras-chave:** *Aquecedor solar. Secagem de grãos. Conservação de energia.*

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo de tecnologias que utilizam fontes de energias renováveis e limpas, é uma necessidade para àqueles que desejam estar preparados para o futuro panorama de utilização de recursos energéticos do planeta. Por ser abundante, e de fácil obtenção, a

utilização da energia solar como fonte complementar, desperta grande interesse para a sociedade, contudo, a principal causa da utilização deste tipo de energia é possibilitar uma redução na queima de combustíveis fósseis, reduzindo os impactos ambientais.

A maioria dos produtos agrícolas é colhida com teor de umidade superiores ao recomendado para uma armazenagem segura. O que desencadeia vários processos de pós-colheita que tem esse objetivo, mas é a secagem que apresenta maior simplicidade de operação e menor custo, assim pode-se ser feita através da energia solar.

Para secagem de grãos é preciso uma temperatura moderada (até 100°C), o coletor solar plano se encaixa perfeitamente a essa necessidade e possui uma construção simples, constituído apenas por uma placa absorvedora de radiação solar, paredes em seus lados e uma cobertura, que deve ser transparente a radiação solar e opaca à radiação emitida pela placa coletora para que gere um efeito estufa.

Basicamente no projeto existem custos iniciais de montagem de equipamento, esses custos serão compensados pela economia resultante no consumo de energia proveniente da fonte solar.

## 2. COLETOR SOLAR

O coletor solar é um dispositivo onde pode-se verificar a transmissão de calor

através dos três processos: condução, convecção e radiação. A energia solar que incide por radiação é absorvida pelas placas coletoras. Estas transmitem a parcela absorvida dessa energia para o fluido a ser aquecido, outra pequena parte é refletida para o ar que envolve o coletor.

## 2.1 Coletor Solar Plano

Um coletor solar plano é aquele em que a energia solar incide em uma superfície plana. Esta superfície normalmente é pintada com tinta preta de alta absorvidade, uma parte da energia incidente coletada é transferida ao fluido e outra acaba sendo perdida para o ambiente. É um equipamento de operação simples, sendo utilizado em sistemas de aquecimento de ar e de água.

Genericamente, as principais partes constituintes de um coletor solar são as seguintes:

- Superfície absorvedora de energia solar.
- Dutos em contato com a superfície absorvedora, por onde circula o fluido.
- Isolamento nas laterais e no fundo do coletor, para evitar perdas térmicas.
- Uma ou mais coberturas, transparentes à radiação solar e situadas sobre a placa absorvedora, que visam minimizar as perdas por convecção e criar um efeito estufa.

O primeiro estudo detalhado da eficiência de coletores de energia solar de placas planas baseado nos balanços de energia e nas medições experimentais nos equipamentos foi realizado por Hottel e Woertz (1942).

Os cálculos das perdas de energia feitos por estes autores foram feitos através do uso de novas correlações para transferência de calor por convecção entre duas placas planas, incluindo também valores para emissividade dos vidros. Estas correlações permitiram estimar perdas de energia no coletor com superfícies seletivas,

pois pelo método anterior não eram obtidos resultados satisfatórios.

## 3. METODOLOGIA

O objetivo fundamental deste trabalho é o desenvolvimento de um projeto de um coletor solar para o aquecimento de ar para secagem de grãos, visando o aproveitamento da energia gerada pelo sol. Reduzindo assim, a queima de combustíveis fósseis, conseqüentemente os impactos ambientais. Conhecidas as informações necessárias ao desenvolvimento de um coletor solar, partiu-se para a definição e estudo do mesmo, como sua descrição, caracterização, definindo seu esboço, para assim, dar início aos cálculos necessários para atingir o objetivo do projeto.

### 3.1 Definição do Sistema

Enquanto uns métodos e definições de dimensionamento para sistema de aquecimento de água têm recebido bastante atenção, o mesmo não ocorre com o aquecimento de ar para a secagem de grãos.

Com o desenvolvimento do projeto, o sistema proposto é o aquecimento solar como fonte auxiliar para a secagem convencional, pois a energia solar depende da incidência da radiação solar, como a mesma varia conforme o clima não é viável atribuir ao coletor solar cem por cento da demanda. Será visada para pequenos produtores, assim tendo uma fonte auxiliar que ajuda na secagem de grãos.

O sistema considerado é um típico sistema de secagem (ventilador, aquecedor convencional e câmara de secagem) com um coletor solar acoplado na câmara de secagem, assim auxiliando o aquecedor convencional do ar.

### 3.2 Descrição do coletor

A descrição do coletor solar foi baseada em conseguir criar um coletor de

baixo custo, e com boa eficiência. O leito armazenador de energia será composto por uma camada de pedras britadas de 200 mm, separando-a do solo por uma lona plástica na sua parte inferior, e o espaço entre o leito armazenador e a camada de vidro é de 50mm, a figura abaixo ilustra o sistema.

A principal razão para utilizar esse sistema, é que devido a maior área superficial e à turbulência no escoamento do ar ocorre um aumento na transferência de calor. Em qualquer tipo de aquecedor solar de ar, um alto coeficiente de transferência de calor invariavelmente está associado a uma elevada perda de carga no sistema. Se por um lado é necessária uma perda de carga através do leito para garantir uma boa distribuição do fluxo, por outro quanto maior for a diferença de pressão maior será a energia necessária para o bombeamento do fluido.

### 3.3 Esboço do Coletor Solar

De acordo com análise de todas as condições feitas, as dimensões do coletor, serão representadas posteriormente através das áreas resultantes dos cálculos realizados, mas para fins de estudo neste momento, será ilustrada com a medida de 2 m x 1 m, assim totalizando uma área do coletor de 2m<sup>2</sup>. O mesmo possui aletas divisórias, para definir a trajetória do fluxo do ar, essas divisórias têm como objetivo aumentar a permanência do ar no interior do coletor, assim podendo receber mais calor.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi calculada a radiação solar absorvida pelo coletor, conforme é demonstrado na tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Radiação Absorvida pelo Coletor (W/m<sup>2</sup>).

$S = I (\tau \alpha)$	$S = 623$
Radiação solar incidente (W/m <sup>2</sup> )	$I = 700$
Transmitância do vidro	$\tau = 1$
Absortância da placa	$\alpha = 0,9$

Nota-se que o fluxo de radiação solar incidente, a transmitância do vidro e a absortância da placa descritos acima, são valores tabelados.

O coeficiente global de perdas térmicas é apresentado a seguir pela tabela 2 (DUFFIE e BECKAMAN, 1997).

Tabela 1 - Coeficiente global de perdas térmicas (W/m<sup>2</sup> °C)

$U_L = U_c + U_B + U_F$	$U_L = 8,3$
Perdas pela cobertura (W/m <sup>2</sup> °C)	$U_c = 4,78$
Perdas pelo fundo (W/m <sup>2</sup> °C)	$U_f = 3,5$
Perdas pelas bordas (W/m <sup>2</sup> °C)	$U_B = 0$

Ressaltando que os valor atribuído ao coeficiente global pela fundo é por condução e é referente a brita. E para o calculo do coeficiente global pela cobertura foi considerado 20°C e a temperatura de saída do coletor foi considerada 50°C. O coeficiente de transferência de calor devido ao vento é tabelado retirado da IFSC (Instituto de Física de São Carlos), e a inclinação do coletor solar é devido a latitude da região, conforme a técnica de acertar ângulos de coletores solares.

O coeficiente global de perdas pelas bordas foi considerado zero, por não haver perdas significantes pelas bordas,

Após calcular os coeficientes e a radiação absorvida pelo coletor, foi obtidos resultados da taxa de calor útil fornecida pelo coletor, conforme a mudança da área do coletor sua taxa de calor útil varia, conforme é mostrada na tabela 3 abaixo.

Tabela 2 - Taxa de calor útil fornecida pelo coletor (W)

$Q_u = A_c \cdot (S - U_L (T_{ar} - T_{amb}))$							
Ac (m <sup>2</sup> )							
	1	2	4	5	10	20	30
$Q_u$	465,6	931,3	1863	2328	4656	9313	13969

O coletor solar proposto, apresenta uma eficiência térmica instantânea de 66,52%.

O próximo passo foi calcular a quantidade removida de água na secagem do grão. Baseando-se o trabalho na secagem do soja, o grão mais colhido na região, chega ao secador à uma umidade ( $U_i$ ) de 24 % b.u e necessita deixá-lo a uma umidade final ( $U_f$ ) de 13 % b.u.

De acordo com (BROOKER et al., 1992) para cada kg removido de água na secagem são necessários em média 5000 kJ de energia.

Sabe-se a taxa de energia que o coletor gera para cada área, assim foi calculado a energia gasta, e o tempo gasto que o coletor solar proposto leva pra secar uma determinada quantidade de soja, assim pode-se saber qual a quantidade de grãos que o mesmo mais se adéqua para secar.

Tabela 3 - Tempo de Secagem (h)

Quant. Grãos (kg)	Área (m <sup>2</sup> )				
	1	4	5	10	20
	Tempo (h)	Tempo (h)	Tempo (h)	Tempo (h)	Tempo (h)
1	0,6	0,1	0,1	0,1	0
5	2,8	0,7	0,6	0,3	0,1
10	5,6	1,4	1,1	0,6	0,3
50	28,4	7,1	5,7	2,8	1,4
100	56,7	14,2	11,3	5,7	2,8
200	113,4	28,4	22,7	11,3	5,7
500	283,5	70,9	56,7	28,4	14,2
1000	566,9	141,7	113,4	56,7	28,4

Foi levantado o custo para a construção do coletor solar armazenador de energia, sendo para a construção do coletor de 1 m<sup>2</sup>, chegando a um valor em média de 190 reais.

## 5. CONCLUSÕES

Em vista dos cálculos e a literatura apresentados percebe-se que o coletor solar armazenador de energia, atuando como fonte complementar na secagem de grãos pois

depende da radiação solar e a mesma varia conforme o clima e as estações, demonstrou-se que se adapta (variando a área e quantidade de grãos) para secagem de pequenas quantidades de grãos, ou seja para pequenos produtores.

Também pode-se dizer que o sistema tem um enorme potencial, pois utiliza energia não poluidora (solar), sem necessidade de mão de obra especializada, com baixo custo de implantação e operação, possuindo uma boa quantidade de energia captada, levando em conta que é uma fonte de energia renovável, ecologicamente correta, sem afetar o meio ambiente.

Entende-se também que devido à elevada inércia térmica, este tipo de coletor demonstrou-se adequado para utilização na secagem de produtos agrícolas por não apresentar picos de temperatura, amenizando as variações de radiação solar incidente, não gerando a queima do grão, assim mantendo a qualidade do mesmo intacta.

## 6. REFERÊNCIAS

- BECKMAN, W. A.; KLEIN, S. A.; DUFFIE, J. A. Solar heating design by the f-chart method. Nova Iorque: John Wiley, 1977.
- BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. Drying and storage of grain and oilseeds. Nova Iorque: Van Nostrand Reinhold, 1992.
- HOTTEL, H. C.; WOERTZ, B., B. The performance of flat-plate solar heat collectors. Transactions ASME, v.64, p.91-103, 1942.
- IFSC - Instituto de Física de São Carlos . Disponível [http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/c/c6/Transmissao de Calor em Edificacoes.pdf](http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/c/c6/Transmissao_de_Calor_em_Edificacoes.pdf).
- SILVA, J.S. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000.