

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ESTUDO EXPERIMENTAL DE UM COLETOR SOLAR ASSISTIDO POR TERMOSSIFÕES

Paulo H. D. dos Santos, psantos@utfpr.edu¹
Larissa dos Santos Marquardt, l.dos.marquardt@gmail.com¹
Diógenes O. Souza, dio_ol@yahoo.com.br¹
Valquíria Yurie Sakuma Borges, valquíria.27@gmail.com¹
Thiago A. Alves, thiagoaalves@utfpr.edu.br²

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Av. Sete de Setembro, 3165 - Rebouças CEP 80230-901 - Curitiba - PR - Brasil

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Rua Monteiro Lobato, s/n - Jardim Carvalho CEP 84016-210- Ponta Grossa - PR - Brasil

Resumo: O custo elevado da energia elétrica no Brasil vem propiciando a aplicação e o desenvolvimento de coletores solares utilizados no aquecimento da água para uso doméstico. No presente trabalho é apresentado o desenvolvimento e estudo experimental de um coletor solar assistido por termossifões. Primeiramente é apresentado em detalhe todo o desenvolvimento do coletor solar aqui proposto. Em seguida é realizada uma análise experimental desse coletor a fim de verificar o seu comportamento térmico em função da variação dos seguintes parâmetros: potência aplicada ao evaporador (50 até 250 W) dos termossifões e ângulo de inclinação (9°, 17° e 25°). Observou-se que o coletor solar assistido por termossifões operou de forma satisfatória e que a eficiência térmica variou entre 59 e 74%.

Palavras-chave: Coletor solar, Termossifões, Eficiência térmica, Análise Experimental

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o aquecimento de água para uso doméstico é predominantemente feito através de energia elétrica ou pela queima direta de um combustível em um queimador a gás. Buscando viabilizar financeiramente o aquecimento de água, pesquisadores tem estudado diferentes sistemas de aquecimento, e entre eles, os coletores solares assistidos por termossifões têm sido analisados. Os pesquisadores Oliveti et al. (1996) e Hussein et al. (2004) estudaram coletores solares assistidos por termossifões de tubo reto, no qual o fluido de trabalho utilizado foi a água. Abreu et al. (2004) desenvolveram um coletor solar assistido por termossifões com o condensador apresentando uma geometria curva buscando melhorar o acoplamento entre a região e o dissipador de calor. Enquanto outros pesquisadores usaram termossifões de tubo reto.

Chien et al. (2011) realizaram um estudo teórico e experimental em relação à um coletor solar assistido por termossifões. Azad construiu três coletores solares com tubos de calor utilizando tubos de diferentes formas e comprimentos variando entre 1,55 a 1,90m e este foi testado ao ar livre no Teerã (Iran). Du et al. produziram um coletor solar assistido por vinte tubos de calor e testados ao ar livre in Nanjing (China). Deng et al. (2013) construíram e testaram um coletor solar assistido por uma sequência de micro tubos de calor fabricados em alumínio.

O objetivo do artigo é o desenvolvimento de um coletor solar compacto assistido por termossifões e comprovar experimentalmente a sua eficiência térmica para diferentes inclinações e potências.

2. EXPERIMENTO

Um procedimento experimental foi desenvolvido com o intuito de testar o coletor solar assistido por termossifões. Inicialmente foram construídos e testados cinco termossifões de forma idêntica, os quais foram acoplados no coletor solar. As informações referentes aos termossifões estão apresentadas na Tab.1. A bancada experimental utilizada para os testes do coletor solar assistido por termossifões foi composta por: três fontes de potência (uma Agilent-U8002A e duas MINIPA-POL-16E), um sistema de aquisição de dados (Agilent 34970A com 20 canais), um computador (Intel CORE I5 - 2500 3,30Ghz), uma mesa com inclinação variável, um hidrômetro e um banho térmico (Labor SP-152).

Tabela 1. Dados dos termossifões

Material	Cobre
Diâmetro interno [mm]	10,75
Diâmetro externo [mm]	12,75
Comprimento total [mm]	700
Comprimento evaporador [mm]	350
Comprimento condensador [mm]	350
Fluído de trabalho	Água deionizada
Razão Preenchimento	30% volume total

A Figura 1 apresenta essa bancada experimental e a Fig.2 apresenta o coletor solar utilizado em foco, mostrando o evaporador dos termossifões já com o isolamento térmico.

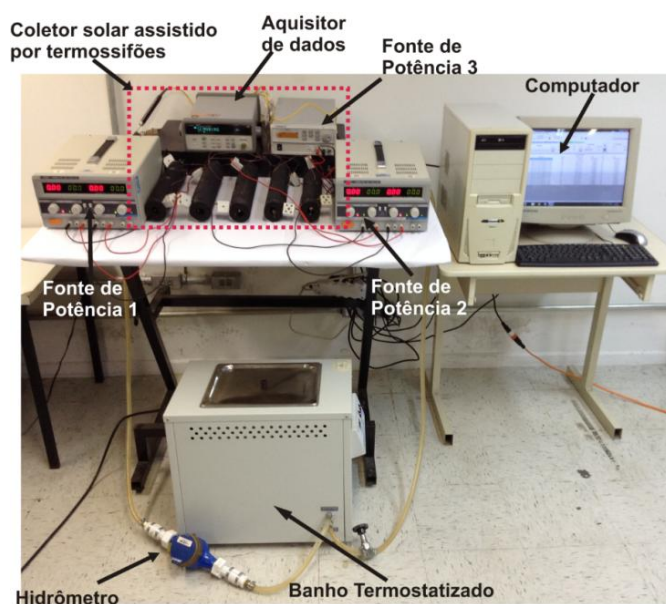


Figura 1. Montagem Experimental - Coletor Solar assistido por termossifões

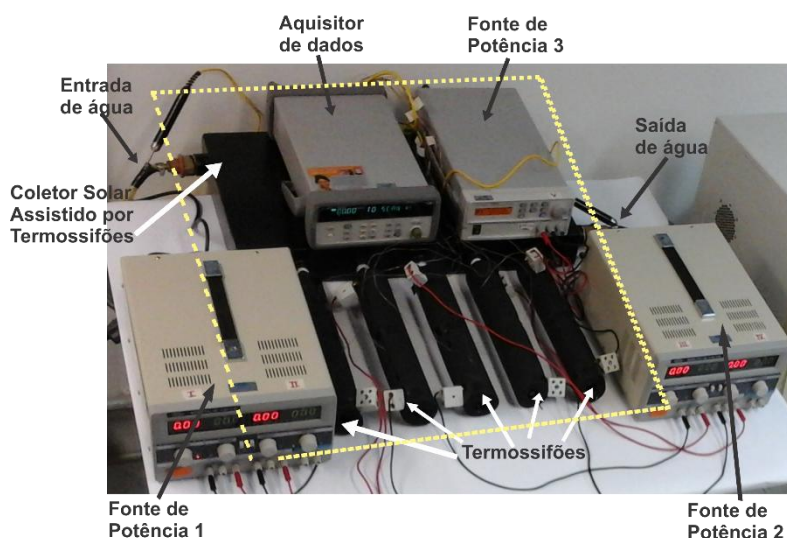


Figura 2. Detalhes do coletor solar assistido por termossifões

A bancada apresentada nas Fig.1 e Fig.2 foi construída para simular as condições de aquecimento devido a incidência de irradiação solar no coletor assistido por termossifões. Além disso, foi possível também simular através

desta bancada, diferentes inclinações de telhados onde esse coletor solar poderia ser posicionado. A mesa de suporte utilizada na bancada foi regulada em três posições diferentes, variando a angulação do coletor solar entre 9° e 25° (vide Figura 3)

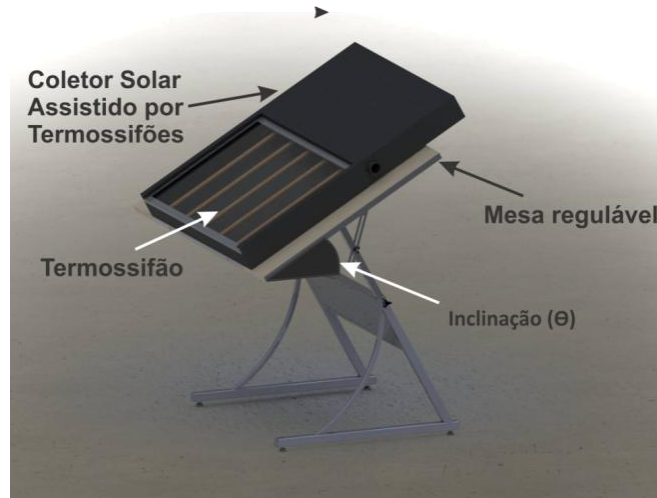


Figura 3. Bancada experimental mostrando a angulação da mesa.

Para cada termossifão utilizado, foram posicionados dois termopares tipo T na região de cada evaporador os quais foram fixados com fita Kapton. Os evaporadores foram isolados utilizando um isolamento térmico de polipropileno da marca ArmaFlex. Foram posicionados termopares do tipo K na saída e na entrada de água do coletor solar para medir a temperatura da água do coletor. O banho térmico foi programado para manter a água a uma temperatura constante e igual a 20°C durante os experimentos. A água proveniente do banho térmico circulou entre os condensadores dos termossifões realizando o arrefecimento dos mesmos. Para medir a vazão da água que circulava foi utilizado um hidrômetro na conexão de entrada de água do coletor solar. Após retirar calor dos termossifões, a água aquecida retornou para o banho térmico, onde foi refrigerada e utilizada novamente no ciclo.

3. ANÁLISE EXPERIMENTAL

Após a realização dos testes experimentais, foi possível estimar a eficiência do termossifão de forma isolada através da equação (1):

$$\eta_{TS} = \frac{q_{cond}}{q_{evap}} \quad (1)$$

Na equação (1) são necessários os valores das taxas de calor fornecido (q_{evap} em W) e retirado (q_{cond} em W) de um termossifão. O calor fornecido q_{evap} é obtido através da eq. (2), que estabelece um balanço de energia no termossifão.

$$q_{evap} = q_{resist} - q_{conv} - q_{par} \quad (2)$$

O calor fornecido pela fonte de potência através do resistor elétrico é estimado pela Equação (3):

$$q_{resist} = iV, \quad (3)$$

onde i [A] é a corrente elétrica aplicada e V [V] a tensão.

A taxa de transferência de calor perdida através do isolamento pode ser expressa pela Equação (4),

$$q_{conv} = \bar{h}_{conv,nat} A_{isol,e} (\bar{T}_{isol} - \bar{T}_{amb}), \quad (4)$$

onde $\bar{T}_{isol}$ [°C] é a temperatura média do isolamento, $\bar{T}_{amb}$ [°C] é a temperatura média do ambiente e $A_{isol,e}$ [m²] é a área superficial externa da parede do isolamento que pode ser calculada pela Equação (5):

$$A_{isol,e} = \pi d_{isol,e} L_{isol} \quad (5)$$

$\bar{h}_{conv,nat}$ [W / m².K] é o coeficiente convectivo de transferência de calor e pode ser estimado com auxílio das Eqs (6) e (7):

$$\overline{Nu}_D = \frac{\bar{h}_{conv,nat} d_{isol}}{k_{ar}} \quad (6)$$

$$\overline{Nu}_D = \left\{ 0,60 + \frac{0,387 Ra_D^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2 \quad (7)$$

$$Ra_D = \frac{g\beta(T_{isol} - T_{amb})d_{isol}^3}{\alpha\nu} \quad (8)$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} \quad (9)$$

$$T_f = \frac{(T_{isol} - T_{amb})}{2} \quad (10)$$

onde $\overline{Nu}_D$ representa o número de Nusselt, k_{ar} [W / m.K] é o coeficiente de condutividade térmica para o ar, Pr é o número de Prandtl, Ra_D é o número de Rayleigh, T_f é a temperatura de filme e β é o coeficiente de dilatação térmica.

A taxa de transferência de calor difusivo perdido axialmente pela parede (q_{par}) do tubo pode ser estimada pela Equação(11):

$$q_{par} = k_{cob} A_{par} \frac{(\overline{T}_{evap} - \overline{T}_{cond})}{L_{ef}}, \quad (11)$$

onde $\overline{T}_{evap}$ [°C] é a temperatura média do evaporador, $\overline{T}_{cond}$ [°C] é a temperatura média no condensador, $L_{ef} = \frac{L_{evap} + L_{cond}}{2}$ [m] é o comprimento efetivo do termossifão, K_{cob} [W / m.K] é o coeficiente de condutividade

térmica do cobre e $A_{par} = \frac{\pi(d_{ext}^2 - d_{int}^2)}{4}$ [m²] é a área anular da parede do termossifão.

Para o cálculo da taxa de transferência de calor que é retirado através da água, utiliza-se a Equação (12):

$$q_{cond} = \dot{m} c_{pa} (T_{sai}^a - T_{ent}^a), \quad (12)$$

onde $\dot{m}$ [kg / s] representa a vazão mássica da água c_{pa} [J / kg.K] é o calor específico da água e $T_{sai}^a - T_{ent}^a$ representa a variação da temperatura da água circula no trocador de calor.

Por fim, o cálculo do rendimento térmico do coletor solar é obtido através da equação (13):

$$\eta_{CS} = \frac{q_{cond}}{Nq_{evap}}, \quad (13)$$

onde N é número de termossifões e q_{evap} [W] pode ser calculado através da Equação (2).

4. RESULTADOS

4.1. Termossifão

Os coletores solares operam numa posição inclinada, conforme a angulação do telhado da residência, logo neste trabalho foram realizados testes variando o ângulo de inclinação (9°, 17° e 25°) a fim de verificar a influência no comportamento térmico dos termossifões de 700 mm de comprimento que serão acoplados ao coletor solar.

Para o teste realizado com a inclinação de 9°, foi utilizado um termossifão com 30% do volume total preenchido, e foi variada a potência em 30, 40, 50 e 60 W. O comportamento térmico de um termossifão com arrefecimento a água posicionado com uma inclinação de 9° é apresentado na Fig. 4.

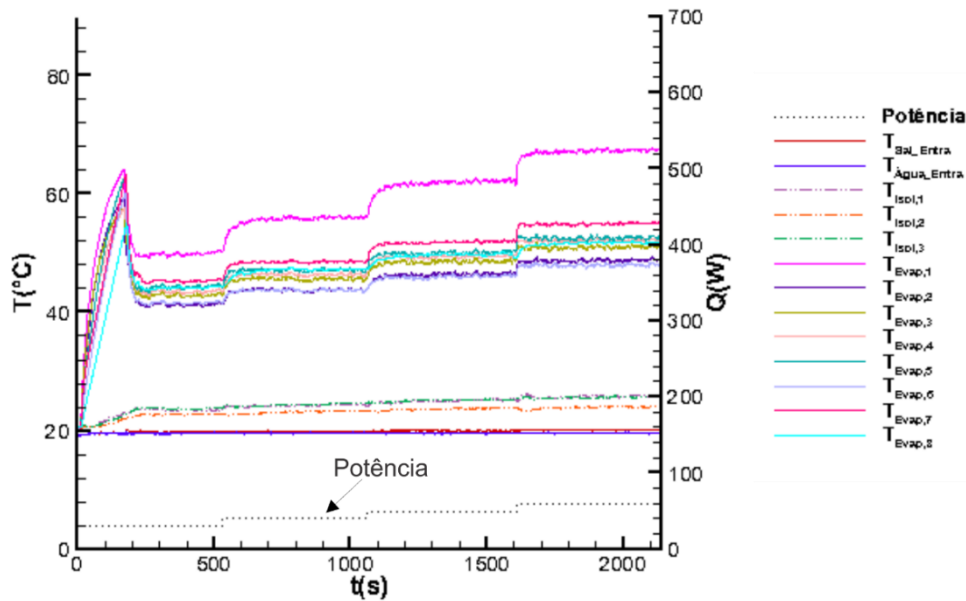


Figura 4. Termossifão refrigerado a água e preenchido com 30% do volume total, posicionado na com uma inclinação de 9° e potência variando de 30, 40, 50 e 60W.

Observou-se que o termossifão atingiu o regime permanente em 250 s para a potência de 30 W e que a temperatura máxima medida foi de 50°C. A potência foi aumentada para 40 W após 15 min de teste e a temperatura máxima medida do evaporador foi de 56°C, o regime permanente foi atingido em aproximadamente 700 s de teste. Após 30 min de teste, a potência foi aumentada para 50 W e as temperaturas do evaporador aumentaram e o regime permanente foi atingido em aproximadamente 1200 s de teste. Notou-se que a temperatura máxima medida para essa potência foi de 62°C. Com 45 min de teste, a potência foi aumentada para 60 W e para essa potência o termossifão atingiu o regime permanente aos 1750 s de teste e a temperatura máxima medida no evaporador foi de 67°C. Da mesma forma, esse termossifão foi testado com as angulações de 17° e 25°. Os dados das máximas temperaturas obtidas no evaporador podem ser vistos na Fig. 5.

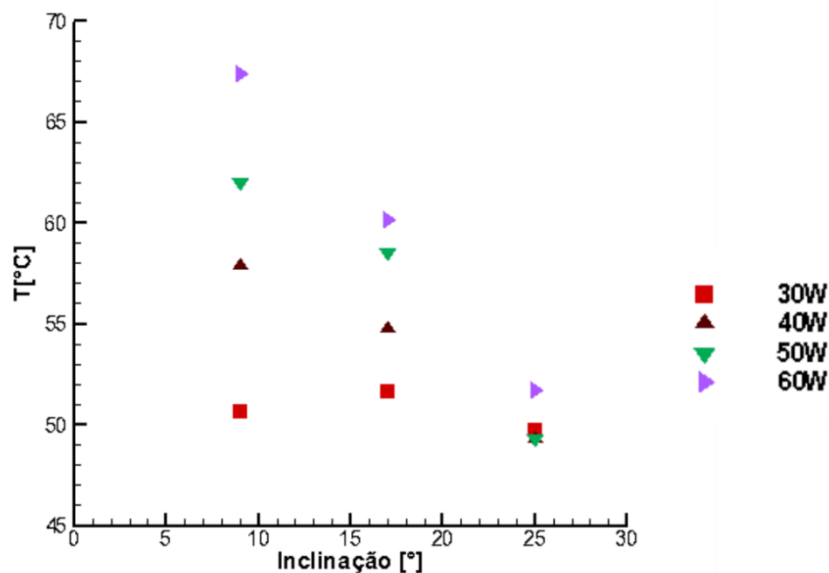


Figura 5. Termossifão refrigerado a água com 30% de fluido, posicionado na com uma inclinação de 9°, 17° e 25°, sendo aplicadas as potências de 30, 40, 50 e 60W.

Como pode ser visto na Fig. 5, para a inclinação de 25° a variação de temperatura foi pequena, variando 3°C entre a mínima (30 W) e a máxima (60 W) potência. Enquanto que para ângulos menores, como o de 9°, as temperaturas variaram de maneira significativa, em média 16°C entre a mínima e a máxima potência aplicada. Isso demonstra que a variação de ângulo de inclinação do termossifão influencia de forma significativa no seu comportamento térmico.

Diferentemente dos tubos de calor, que funcionam por capilaridade, os termossifões necessitam da força da gravidade para que o líquido condensado na região do condensador retorne ao evaporador para fechar o ciclo bifásico. Por isso, quanto maior for a inclinação maior será a velocidade de retorno do líquido para a região de evaporação. Isso

irá facilitar o controle térmico na região do evaporador e fará com que as temperaturas sejam menores, como comprovado experimentalmente através dos resultados apresentados.

4.2. Coletor Solar

Nessa seção são apresentados os resultados experimentais obtidos através dos testes do coletor solar assistido por termossifões, bem como a análise experimental baseada nestes resultados.

O coletor solar foi testado para potências de 50 até 250 W com diferentes inclinações (9°, 17° e 25°). A Figura 6 apresenta o resultado para o teste do coletor solar na inclinação 9° com a potência variando de 50 até 250 W. A variação de potência foi realizada a cada 15 min.

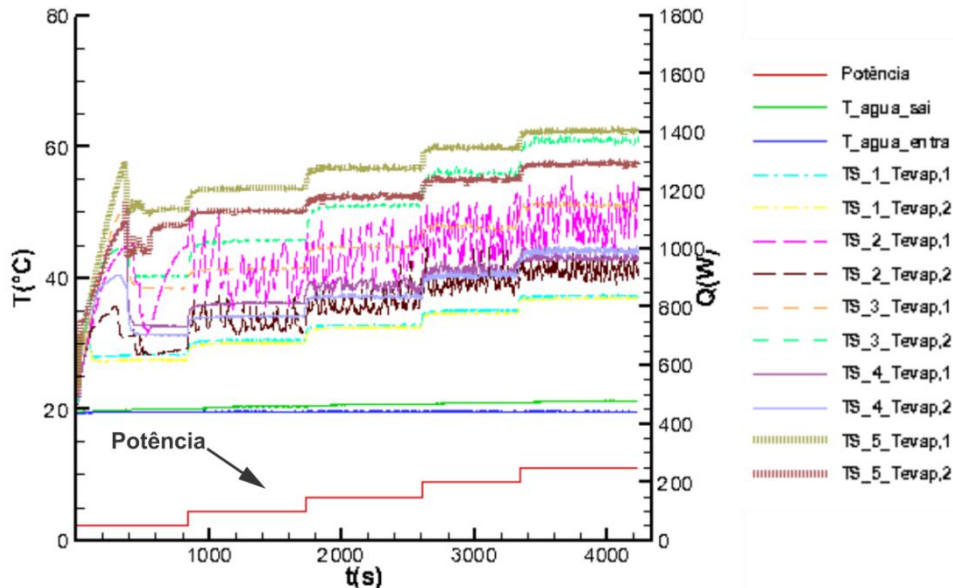


Figura 6. Coletor solar assistido por termossifões inclinado em 9°

Como pode ser visto na Fig. 6, para a potência de 10 W aplicada a cada termossifão, ou seja, potência de 50 W aplicada ao coletor solar, o comportamento das temperaturas dos termossifões foi semelhante, aumentando rapidamente nos primeiros 280 s de teste e atingindo um regime quase permanente.

No coletor solar, o termossifão 5 atingiu as maiores temperaturas. Para esse termossifão, quando foi aplicada a potência de 50 W no coletor solar, a máxima temperatura obtida foi de 51°C e o termossifão entrou em regime permanente próximo dos 500 s de teste. Ao aplicar a potência de 100 W no coletor solar, o termossifão entrou em regime permanente com aproximadamente 950 s de teste, atingindo a máxima temperatura de 56°C.

Pode-se observar que em 1900 s o termossifão entrou em regime permanente, atingindo a máxima temperatura de 58°C, quando aplicada a potência de 150 W. Para a potência de 200 W, a temperatura máxima atingida foi de 60°C e o termossifão entrou em regime permanente aos 2870 s de teste. E para finalizar foi aplicada a potência de 250 W. O termossifão entrou em regime permanente próximo dos 3460 s de teste e a máxima temperatura observada foi de 61,5°C.

Segundo Çengel *et al.* (2012), na análise de trocadores de calor, é conveniente combinar todas as resistências térmicas no caminho do fluxo de calor a partir do fluido quente para o frio em uma única resistência R . Com as temperaturas máximas obtidas nos termossifões utilizados no coletor solar, foi calculado a resistência térmica global, através da Equação 14, os dados obtidos podem ser vistos na Fig. 7.

$$R = \frac{\bar{T}_{evap} - \bar{T}_{água}}{\dot{Q}_{evap}} \quad (14)$$

Onde, R [K/W] é a resistência térmica global, $\bar{T}_{evap}$ é a temperatura média medida no evaporador e $\bar{T}_{água}$ é a temperatura média no coletor solar.

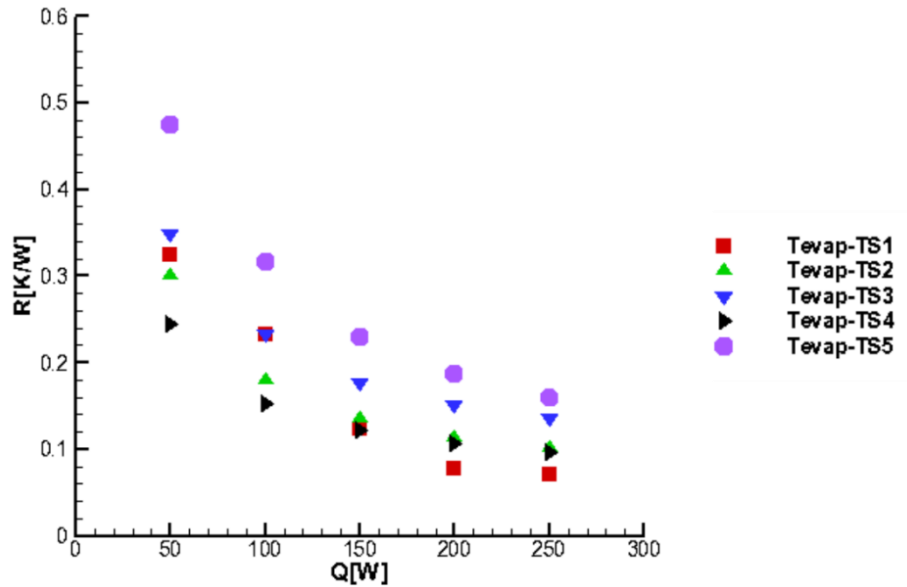


Figura 7. Resistência térmica dos termossifões utilizados no coletor solar assistido por termossifões e inclinado em 9°.

Através da Fig. 7 é possível notar que a resistência térmica diminuiu com o aumento da potência aplicada no coletor. Para a potência de 50 W a resistência térmica global variou de 0,48 até 0,25 K/W. A potência foi aumentada para 100 W após 30 minutos de teste e a resistência global do sistema diminuiu ficando entre 0,32 e 0,16 K/W. Após 1 hora de teste a potência foi aumentada para 150 W e o intervalo da resistência global ficou entre 0,23 e 0,12 K/W. Com 1 hora e 30 minutos de teste a potência foi aumentada para 200 W e a resistência ficou entre 0,19 e 0,08 K/W. E o menor intervalo observado entre as resistências dos termossifões foi entre 0,16 e 0,07 K/W, ocorrendo com 2 horas de teste e a potência em 250 W.

A mesma metodologia foi utilizada para as inclinações de 17° e 25°. O comportamento térmico foi semelhante ao apresentado na Fig. 7. Pela definição, a resistência térmica é uma propriedade para resistir às mudanças de temperatura, ou seja, quanto mais alta a resistência térmica, menor a troca de calor com o ambiente. Aplicando essa ao coletor solar, quanto menor a resistência térmica, maior será a troca de calor com a água e maior a eficiência do mesmo.

Após a realização dos experimentos foram coletados os valores de temperatura que foram medidos pelos termopares posicionados na região do evaporador, e da água que circulava através do coletor solar, além do valor da sua vazão mássica. Na Tabela 2 é possível observar esses resultados para as 3 inclinações.

Tabela 2. Resultados obtidos nos testes para as angulações de 9°, 17° e 25°

Inclinação	9°	17°	25°
$T_{\text{evap,m}} [^{\circ}\text{C}]$	47,82	47,76	49,19
$T_{\text{a,ent}} [^{\circ}\text{C}]$	19,63	19,53	19,69
$T_{\text{a,sai}} [^{\circ}\text{C}]$	20,60	20,5	20,81
$\dot{m} [\text{kg/s}]$	0,0333	0,0403	0,0368
$T_f [^{\circ}\text{C}]$	24,01	20,56	20,50
$\beta [1/^{\circ}\text{C}]$	0,0416	0,0486	0,0488

Com os valores apresentados na Tab. 2 foi possível definir algumas propriedades para a água e para o cobre. Essas propriedades são apresentadas na Tab.3.

Tabela 3. Propriedades para o cálculo do fluxo de transferência de calor

Propriedades	Valores
$cp[J/kg.K]$	4186
$g[m/s^2]$	9,81
Pr	0,707
$k_{ar}[W/m.K]$	0,0263
$v[m^2/s]$	0,00001589
$\alpha[m^2/s]$	0,0000224
$k_{isol}[W/m.K]$	0,0033

Com as equações apresentadas no capítulo 2 e os valores apresentados na Tab. 3 foi possível estimar os valores das taxas de transferência de calor e do rendimento do sistema. A Tabela 4 apresenta os resultados da taxa de transferência de calor que foi transportada para a região do condensador, da transferência de calor perdido através do isolamento e o rendimento do sistema do coletor solar.

Tabela 4. Valores para transferência de calor

Inclinação	$\dot{q} \text{ (W)}$	$\dot{q}_{cond} \text{ (W)}$	$\dot{q}_{isol} \text{ (W)}$	$\eta_{CS} \text{ (W)}$
9°	250	135,52	14,02	59%
17°	250	162,92	13,96	69%
25°	250	173,50	14,00	74%

A partir dos dados coletados e da posterior análise, observou-se que quando o coletor solar operou na inclinação de 9°, 54% do fluxo de transferência de calor fornecido para o sistema foi transferida para a região do condensador e 5,7% foi perdida através do isolamento, resultando numa eficiência térmica de 57%.

Para a inclinação de 17° pode-se notar que, 65% do fluxo de transferência de calor fornecido para o sistema foi transferido para a região do condensador, enquanto que 5,6% foram perdidos pelo isolamento, resultando numa eficiência térmica de 69%.

Por fim, para a inclinação de 25°, a eficiência térmica foi de aproximadamente 74%. O fluxo de transferência de calor fornecido para a região do condensador corresponde a uma porcentagem de 69,4%, e o fluxo de calor perdida para o isolamento corresponde a 5,6% do total.

Observa-se que o coletor solar testado com a maior angulação (25°), alcançou uma eficiência térmica de 74%, ressaltando a importância da inclinação na eficiência do coletor. E foi possível calcular o fluxo de calor dissipado somando todos os termos, que variou entre 10.700 e 21.400 kW/m². Segundo Silva et al. (2013), o nordeste brasileiro recebe uma potência contínua que varia entre 5.700 kW/m² a 6.100 kW/m², o que equivale entre 1.752 kW/m² a 2.190 kW/m² por ano de radiação incidente.

Com os dados mostrados anteriormente, pode-se observar que o coletor solar que possui a maior eficiência, quando analisado em função da angulação, é o com inclinação de 25°, pois taxa de calor que é transferido do evaporador para o condensador é maior entre as inclinações testadas.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi realizada uma análise teórico-experimental de um coletor solar assistido por termossifões. O coletor solar foi assistido por cinco termossifões com comprimento de 700 mm e com preenchimento de 30% do volume total do termossifão. A escolha dessa razão de preenchimento e do comprimento do evaporador foi devido aos dados obtidos nos testes experimentais dos termossifões. O coletor solar foi testado em laboratório variando a angulação do coletor (9°, 17° e 25°) para potências de 50, 100, 150, 200 e 250 W.

A eficiência do coletor solar, de área de absorção de irradiação solar de 0,3m², foi calculada para todas as angulações e somente para a maior potência aplicada. Para a inclinação de 9° a eficiência obtida foi de 59%, para a inclinação de 17° a eficiência foi de 69% e para a inclinação de 25° foi de 74%.

Em termos de aplicação nota-se a importância da inclinação do coletor simulando telhados residenciais em relação à incidência da radiação solar, a inclinação mostrou-se um fator preponderante influenciando diretamente nos valores das eficiências térmicas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte a esta pesquisa e à Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

6. REFERÊNCIAS

- Abreu S. L. & Colle S. (2004). An experimental study of two-phase closed thermosyphons for compact solar domestic hot-water systems. *Solar Energy*, 76 (1), 141-145.
- Azad, E. (2012). Assessment of three types of heat pipe solar collectors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (5).
- Cengel, Y.A, Ghajar, A. J. *Transferência de Calor e Massa. Uma Abordagem Prática*. AMGH Editora Ltda., 4ª Edição, 2012.
- Chien C.C., Kung C.K., Chang C.C., Lee W.S., Jwo C.S. & Chen S.L. (2011). Theoretical and experimental investigations of a two-phase thermosyphon solar water heater. *Energy*, 36 (1), 415–423.
- Deng Y., Zhao Y., Wang W., Quan Z., Wang L. & Yu D. (2013). Experimental investigation of performance for the novel flat plate solar collector with micro-channel heat pipe array (MHPA-FPC). *Applied Thermal Engineering*, 54 (2), 440-449.
- Du, B., Hu, E. & Kolhe, M. (2013). An experimental platform for heat pipe solar collector testing. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 17, 119-125.
- Hussein H. M. S., Mohamad M. A. & El-Asfour A. S. (1999a). Optimization of a wickless heat pipe flat solar collector. *Energy Conversion and Management*, 40 (18), 1949-1961.
- Oliveti G. & Arcuri N. (1996). Solar radiation utilisability method in heat pipe panels. *Solar Energy*, 57 (5), 345-360.
- Silva, R., Claro, F. S., Oliveira, S. M. *Estudo e desenvolvimento sobre o aproveitamento da energia solar no Brasil*. Conic-Semesp. Volume 1, 2013.

7. RESPONSABILIDADE AUTORMAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

EXPERIMENTAL STUDY OF A SOLAR COLLECTOR ASSISTED THERMOSYPHONS

Paulo H.D. dos Santos, psantos@utfpr.edu.br²

Larissa dos Santos Marquardt, Ldos.marquardt@gmail.com¹

Diógenes O. de Souza, dio_ol@yahoo.com.br¹

Valquiria Borges, valquiria.27@gmail.com¹

Thiago A. Alves, thiagoaalves@utfpr.edu.br²

¹Federal University of Technology – Paraná (UTFPR) – Av. Sete de Setembro, 3165 - Rebouças CEP 80230-901 - Curitiba - PR – Brazil

² Federal University of Technology – Paraná (UTFPR) – Monteiro Lobato, s/n – Jardim Carvalho CEP 84016-210- Ponta Grossa - PR – Brazil

Abstract: *The high cost of electricity in Brazil is providing the application and development of solar collectors used to heat water for domestic use. In this presents the development and experimental study of a solar collector assisted by thermosyphon that, according to literature, are more efficient than conventional solar collectors. First is presented in detail throughout the development of the solar collector proposed here. Then is performed an experimental analysis that collector to verify their thermal behavior due to the variation of the following parameters: power applied to the evaporator (50 to 250 W), filling ratio (10, 30, 60 and 90%) and tilt angle (9, 17 and 25). It was observed that the solar collector assisted thermosyphon operated satisfactorily and that the thermal efficiency varied between 59 and 74%.*

Keywords: *Solar Collector, Thermosiphon, Thermal Efficiency, Experimental Analysis*