



# CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



## ANÁLISE EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UM TERMOSSIFÃO UTILIZADO NO RESFRIAMENTO DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

**Gedley Kunan Stremel**

Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica da UTFPR/Câmpus Ponta Grossa  
gedleyks@gmail.com

**Guilherme A. Bartmeyer**

Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica da UTFPR/Câmpus Ponta Grossa  
gabartmeyer@hotmail.com

**Larissa Krambeck**

Mestranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica  
da UTFPR/Câmpus Ponta Grossa  
larikrambeck@hotmail.com

**Thiago Antonini Alves**

Professor/Pesquisador do Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica  
e do curso de Engenharia Mecânica da UTFPR/Câmpus Ponta Grossa  
thiagoalves@utfpr.edu.br

**Resumo.** Os termossifões são dispositivos altamente eficientes que transportam grandes quantidades de energia na forma de calor a partir de uma pequena diferença de temperatura pela utilização do calor latente de vaporização. Eles são constituídos por um tubo metálico preenchido por um fluido de trabalho e utilizam a ação da gravidade para a circulação do fluido internamente. Neste trabalho, um termossifão para aplicações no resfriamento de equipamentos eletroeletrônicos foi fabricado e seu desempenho térmico foi testado experimentalmente na posição vertical. O fluido de trabalho foi água deionizada. O termossifão operou de forma satisfatória para cargas térmicas variando de 5W a 25W.

**Palavras-chave:** Termossifão. Desempenho Térmico. Fluido de Trabalho.

### 1. INTRODUÇÃO

Os termossifões são dispositivos que possuem como característica a utilização do calor latente de vaporização do fluido de

trabalho no transporte de energia em forma de calor. Eles são compostos por um tubo metálico oco preenchido por um fluido de trabalho e utilizam a ação da gravidade para a circulação do fluido internamente. Os termossifões apresentam facilidade de construção e custo reduzido quando comparado com tubos de calor, porém, apresentam restrições quanto a posição na operação (Reay et al. [1]).

O termossifão possui três regiões com funções distintas em seu funcionamento, são elas: evaporador, seção adiabática e condensador. O evaporador, a região inferior do tubo, é aquecida através de uma fonte quente e o fluido de trabalho sofre um processo de evaporação. Esse vapor, por diferença de pressão, se desloca para região mais fria (condensador). Nesta região, o vapor gerado no evaporador perde energia na forma de calor e é condensado. O fluido de trabalho no estado líquido escoar por ação da gravidade de volta ao evaporador, fechando o ciclo. A seção adiabática fica entre o evaporador e o condensador, nesta região não existe troca de calor entre o termossifão

e o ambiente e em alguns casos a região adiabática é inexistente (Mantelli [2]). Mais informações sobre termossifões podem ser encontradas em Mantelli [3].

A água é um fluido com potencial elevado para ser utilizado como fluido de trabalho nos termossifões, devido às suas propriedades físicas e químicas, como alto calor latente, associadas a um baixo custo e toxicidade nula. Além disso, a água apresenta uma compatibilidade com uma diversidade de materiais, principalmente com o cobre.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada na construção do termossifão, na montagem do aparato experimental e no procedimento experimental foi baseada levando em consideração as instruções fornecidas de Santos *et al.* [4] e Krambeck *et al.* [5].

### 2.1 Características do Termossifão

As principais características do termossifão e de seu fluido de trabalho são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características do Termossifão

Características	#
Diâmetro interno [mm]	7,45
Diâmetro externo [mm]	9,45
Comprimento do Evaporador [mm]	80
Comprimento da Seção Adiabática [mm]	20
Comprimento do Condensador [mm]	100
Fluido de trabalho	Água
Quantidade do fluido de trabalho [mL]	1,39
Razão de preenchimento [%]	40

### 2.2 Limpeza do Termossifão

A limpeza do termossifão é necessária para garantir a molhabilidade do fluido de trabalho, eliminar as impurezas e melhorar a qualidade do vácuo. Para tal, primeiramente, o invólucro (tubo de cobre com 200 mm de comprimento), as tampas de fechamento e o capilar (tubo de cobre com diâmetro interno de 1 mm e com comprimento de 40 mm) foram limpos com acetona visando retirar as

sujidades maiores. Após isso, os componentes foram levados a um banho ultrassônico *Kondentech<sup>TM</sup>*, permanecendo mergulhados em acetona, durante 30 (trinta) minutos.

### 2.3 Montagem do Termossifão

As tampas de fechamento e o capilar foram soldados nas extremidades do termossifão de acordo com as posições mostradas na Fig. 1. O processo de soldagem foi efetuado com o auxílio de um ferro de soldar e as peças foram brasadas utilizando uma liga de estanho como material de adição. Para verificar se não houve falha no processo de soldagem, foi realizado um teste de estanqueidade utilizando uma bomba de deslocamento positivo manual.

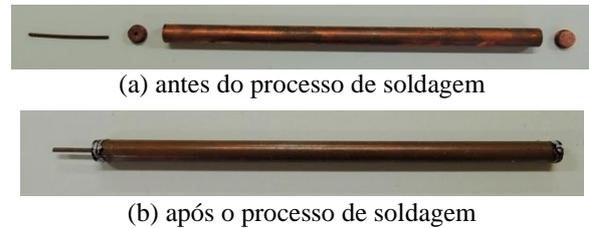


Figura 1. Montagem do termossifão.

### 2.4 Evacuação do Termossifão e Preenchimento com Fluido de Trabalho

Antes do preenchimento do termossifão com água deionizada, foi necessário fazer vácuo dentro do termossifão através da utilização de uma bomba de vácuo *EOS Value<sup>TM</sup> i260SV*. Recomenda-se que este processo tenha a duração de, pelo menos, 8 (oito) horas. Durante o processo de vácuo, a pressão interna atingida é de 90 mbar (9kPa) e a temperatura de saturação da água relacionada com essa pressão é aproximadamente 43,74°C.

Para realizar o preenchimento do termossifão com o fluido de trabalho, foi desenvolvida uma pequena estação de preenchimento composta por um suporte universal, uma bureta graduada (escala de 0,1 mL) com capacidade de 25 mL e um *fórcipe*s (Fig. 2). O termossifão evacuado foi acoplado à uma a bureta e, cuidadosamente, preenchido com o fluido de trabalho. O termossifão foi preenchido com 1,39 mL, corres-

ponde a 40% do volume do evaporador, ou ainda, uma razão de preenchimento de 40%. Após o carregamento, o capilar foi clipado com um alicate de pressão e a extremidade soldada para completa vedação.

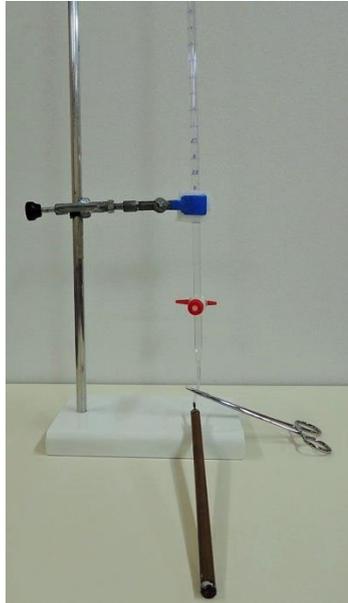


Figura 2. Estação de preenchimento do termossifão

## 2.5 Descrição do Aparato Experimental

O aparato experimental utilizado, mostrado na Fig. 3 foi composto por uma de fonte de potência (*Politerm™* POL 16B), um sistema de aquisição de dados (*Agilent™* 34970A com 20 canais), um computador *Dell™* e um ventilador *Ultrar™*.



Figura 3. Aparato experimental

Para avaliação do comportamento térmico do termossifão, foram utilizados termopares do tipo K (*Omega™*), que foram fixados no termossifão utilizando uma fita adesiva termosensível (*Kapton™*), de acordo com as posições mostradas na Fig. 4.

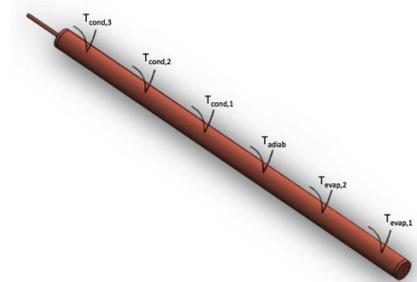


Figura 4. Posicionamento dos termopares no termossifão

O sistema de aquecimento do evaporador foi realizado pela dissipação de potência proveniente da passagem de uma corrente elétrica em um resistor elétrico em fita composto por uma liga de níquel-cromo. Uma fita de fibra de vidro foi usada na seção adiabática como um isolante térmico e o sistema de resfriamento por convecção forçada de ar foi constituído pelo ventilador na região do condensador – Fig. 5.

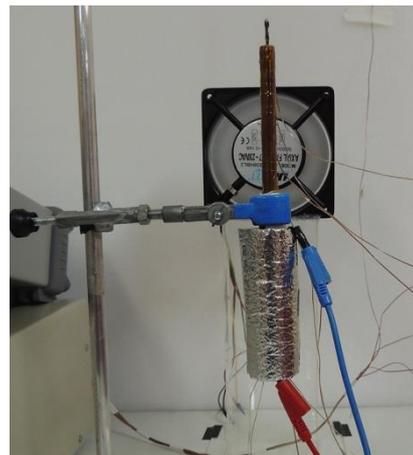


Figura 5. Sistema de aquecimento e resfriamento do termossifão

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentam o comportamento térmico do termossifão com água deionizada como fluido de trabalho operando na posição vertical, condensador acima do evaporador. Os testes foram realizados três vezes com cargas térmicas crescentes de 5W a 25W. Os testes apresentaram erros menores que 0,5°C nos valores médios. A incerteza das temperaturas medidas é de  $\pm 1,0$  °C e de carga térmica foi de  $\pm 1\%$ .

A temperatura do ambiente foi mantida em  $20,0^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  por um sistema de condicionamento térmico de ambiente. Os valores dos termopares são adquiridos a cada 5s. Essa potência foi aplicada por 30 minutos, onde as temperaturas se estabilizaram. A temperatura máxima de operação estabelecida para o termossifão foi de  $125^{\circ}\text{C}$ . Figura 6 apresenta a distribuição de temperaturas ao longo do termossifão para as cargas térmicas crescentes. A resistência térmica do termossifão devido às potências aplicadas são apresentadas na Figura 7. As incertezas experimentais são apresentadas. Pode ser observado que a resistência térmica diminui com o aumento da carga térmica aplicada no evaporador.

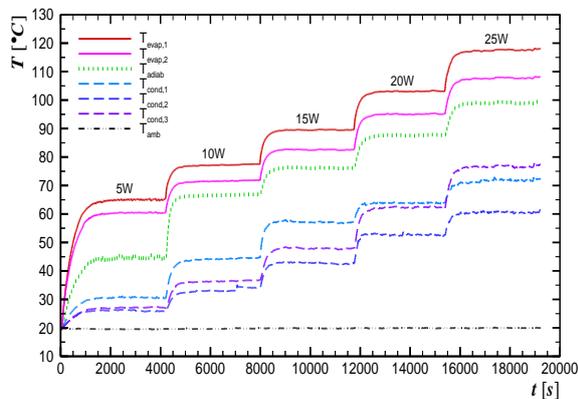


Figura 6. Temperaturas vs tempo

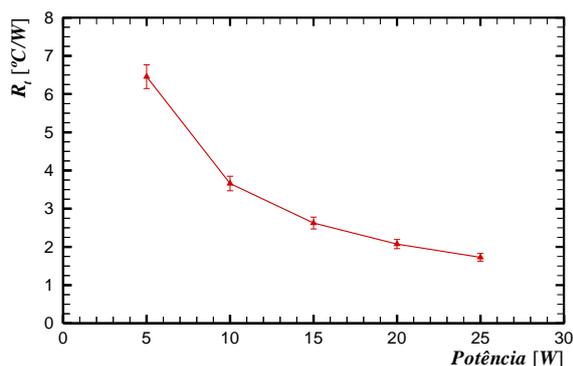


Figura 7. Resistência térmica vs potência

#### 4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizada uma análise experimental do desempenho térmico de um termossifão com água deionizada como fluido de trabalho e com dimensões características de aplicações no resfriamento de

equipamentos eletroeletrônicos. O termossifão foi testado verticalmente sob cargas térmicas compreendidas entre 5W e 25W. Os resultados experimentais mostraram que o termossifão construído funcionou satisfatoriamente.

#### Agradecimentos

Agradecimentos são prestados à Capes, ao CNPq, à PROPPG, à DIRPPG, ao PPGEM e ao DAMEC da UTFPR/Câmpus Ponta Grossa.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] D.A. Reay, P.A. Kew and R.J. McGlen, Heat Pipe: Theory, Design and Applications, Butterworth-Heinemann, HOL: 2014, 235 p.
- [2] M. B. H. Mantelli, "Thermosyphon Technology for Industrial Applications", Chapter 11, In: Vasiliev L.L. and Kakaç S. (Eds.), "Heat Pipes and Solid Sorption Transformations: Fundamentals and Practical Applications", CRC Press, Boca Raton, USA, 54 p, 2013.
- [3] M.B.H. Mantelli, Tubos de Calor e Termossifões, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil, 2015.
- [4] P.H.D. Santos, L.S. Reis, L. Marquardt, K.A.T. Vicente & T. Antonini Alves, "Modeling and experimental tests of a copper thermosyphon," *Acta Scientiarum. Technology*, vol. 39, 2017, pp 59-68.
- [5] L.Krambeck, F.B.Nishida, P.H.D.Santos & T. Antonini Alves, "Configurations of phosphor bronze meshes in heat pipes: an experimental analysis of thermal performance," *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, vol. 2, 2015, pp 11-14.