



DESENVOLVIMENTO DE UMA PATENTE CONCEITUAL DE UM AQUECEDOR DE USO DOMÉSTICO COM TECNOLOGIA DE TERMOSSIFÕES UTILIZANDO ÁGUA COMO FLUIDO DE TRABALHO

DEVELOPMENT OF A CONCEPTUAL PATENT OF A HOUSEHOLD USE HEATER WITH THERMOSSIPHON TECHNOLOGY USING WATER AS A WORK FLUID

Primeiro(a) M. Autor(a) Mayara Zotto de Lara*,

Segundo(a) M. Autor(a) Paulo Henrique Dias dos Santos†,

Terceiro(a) M. Autor(a) Gustavo de Lima Ramos‡,

Quarto(a) M. Autor(a) Caroline Andrade Junqueira de Souza§,

RESUMO

Trocadores de calor são utilizados principalmente visando recuperação de calor e eficiência energética. Com isso, esse projeto visa o desenvolvimento de uma patente conceitual para a construção de um aquecedor que utiliza termossifões e cujo fluido de trabalho é a água. Esses trocadores de calor poderão ser amplamente utilizados, podendo ser produzidos por grandes e pequenas empresas. O correto dimensionamento dos termossifões para o projeto em CAD foi idealizado com base na literatura referente ao estudo de termossifões e trocadores de calor, assim como a partir de pesquisas sobre o funcionamento de outros aquecedores já existentes.

Palavras-chave: Aquecedor, termossifão, trocador de calor, patente.

ABSTRACT

Heat exchangers are mainly used for heat recovery and energy efficiency. Thus, this project aims to develop a conceptual patent for the construction of a heater that uses thermosyphons and whose working fluid is water. These heat exchangers can be widely used and can be produced by large and small companies. The correct dimensioning of thermosyphons for the CAD project was conceived based on the literature referring to the study of thermosyphons and heat exchangers, as well as from research on the operation of other existing heaters.

Keywords: Heater, thermosiphon, heat exchanger, patent.

1 INTRODUÇÃO

Termossifões são dispositivos que dispõem de um alto potencial para intensificar taxas de transferência de calor com pequenas mudanças de temperatura. Geralmente, possuem três regiões: evaporador, condensador e

* Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil; mlara@alunos.utfpr.edu.br

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ecoville (Curitiba); psantos@utfpr.edu.br

‡ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil; gustavoramos@alunos.utfpr.edu.br

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil; carolineajs@hotmail.com



região adiabática. De acordo com Souza, esses dispositivos funcionam basicamente por diferença de pressão e ação da gravidade: o evaporador é aquecido através de uma fonte, e então o fluido de trabalho passa pelo processo de evaporação e o vapor, por diferença de pressão, dirige-se ao condensador; após esse processo, o vapor perde calor e é condensado – de maneira natural ou forçada – e o ciclo termina quando o líquido retorna ao evaporador, em razão da gravidade.

Trocadores de calor assistidos por termossifões são aplicáveis em diversos procedimentos nos quais se deseja aproveitar calor – que normalmente iria ser liberado para a atmosfera sem recuperação de energia – ou nos locais em que se deseja esquentar um fluido a partir de gases de combustão. Dessa forma, a tecnologia apresenta-se como um produto substituto aos trocadores de calor convencionais ou, ainda, como um equipamento adicional a ser instalado, promovendo recuperação de calor e maior eficiência energética. Esse trabalho teve por objetivo o desenvolvimento conceitual de dois trocadores de calor do tipo radiador assistido pelo princípio de funcionamento de termossifões.

2 MÉTODO

Toda concepção dos trocadores de calor aqui propostos foi baseada na vasta experiência do Prof. Paulo H. D. dos Santos, que vem trabalhando nessa área desde 2006 quando começou seu doutorado na UFSC, com colaboração do Prof. Thiago A. Alves (Campus Ponta Grossa), e nos dados fornecidos na literatura aberta.

De acordo com Shiraishi et al. (1981) existem poucos estudos teóricos sobre o mecanismo de transferência de calor no evaporador de termossifões em função da complexidade da análise. Dessa forma, são utilizados dados experimentais para a definição dos parâmetros de transferência de calor por ebulição. Segundo Vasiliev e Kakaç (2013) a confecção de um termossifão deve levar em conta o limite de ebulição, (burn-out) – relativo à grandes taxas de transferência de calor na área do evaporador.

Conforme Imura et al. (1983) não é necessário que exista uma potência externa para o fluido circular. Contudo, é imprescindível exatidão quanto ao fluxo de calor crítico para que o termossifão não entre em colapso. Kodabandhe (2004) ainda constatou que o coeficiente de transferência de calor por ebulição dentro do evaporador depende de características do escoamento e dos modos de ebulição que, por sua vez, depende do fluxo de calor aplicado, das propriedades térmicas do fluido e da geometria desenvolvida para o termossifão.

3 RESULTADOS

Um diagrama esquemático deste sistema de aquecimento está apresentado na Figura 1. Este sistema é composto por dois radiadores baseado na tecnologia de termossifão, válvulas para alimentação do fluido de trabalho e uma bomba de vácuo.

Figura 1 – Diagrama esquemático do sistema em questão.



Fonte: Autoria própria (2021).

Estes trocadores de calor (aquecedores) do tipo radiador assistidos pelo princípio de funcionamento de termossifões são compostos por: um trocador de calor (aquecedor) do tipo radiador (Desenho 2), um trocador de calor (aquecedor) do tipo radiador tubular (Desenho 3b), acessórios e conexões em aço inoxidável, tubulação flexível em vinil transparente, e sistema secundário para realização de vácuo nos trocadores de calor do tipo radiador.

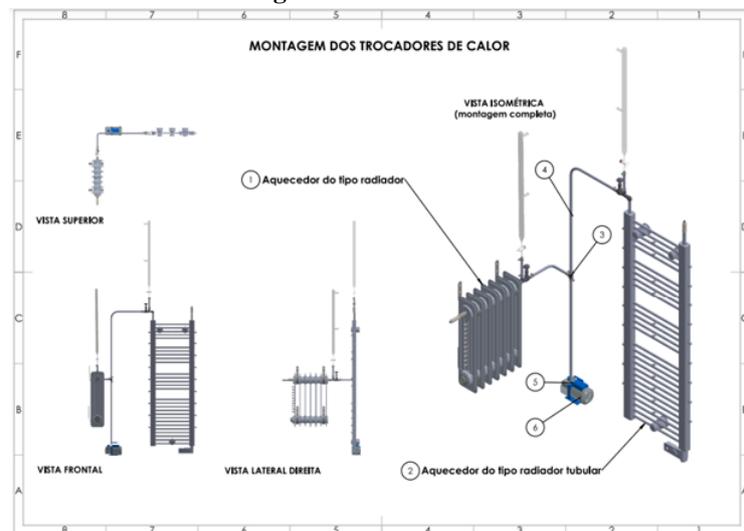
No Desenho 1 são apresentadas diferentes vistas da montagem experimental dos trocadores de calor (aquecedores) do tipo radiador. Na Tabela 1 são apresentados os principais componentes deste sistema experimental.

Tabela 1 – Principais componentes do sistema experimental.

#	Descrição	Qtd
1	Trocador de calor (aquecedor) do tipo radiador	
2	Trocador de calor (aquecedor) do tipo radiador tubular	
3	Conexão tubo de solda "T" em aço inoxidável 316L, diâmetro 1/2"	1
4	Tubulação flexível em vinil transparente, diâmetro interno de 1/2" e diâmetro externo de 5/8" [m]	5
5	Conexão rápida de fluxo completo em aço inoxidável 316L sem válvula, 3/8" NPT fêmea (série QF8)	2
6	Sistema secundário para realização de vácuo: bivolt; potência: 1HP, 750W; duplo estágio 12 CFM; conexões: 1/4" e 3/8 SAE (engate rápido)	2

Fonte: Autoria Própria (2021).

Desenho 1 – Montagem dos trocadores de calor.



Fonte: Autoria Própria (2021).

3.1 Trocador de Calor (Aquecedor) do Tipo Radiador

O trocador de calor (aquecedor) do tipo radiador é ilustrado esquematicamente na Figura 2. A montagem experimental para este dispositivo de troca térmica deve ser composta por: trocador de calor (aquecedor) do tipo radiador a óleo, sensores de pressão e temperatura, bureta, acessórios e conexões em aço inoxidável.

Figura 2 - Diagrama esquemático do trocador de calor (aquecedor) tipo radiador.



Fonte: Autoria Própria (2021).

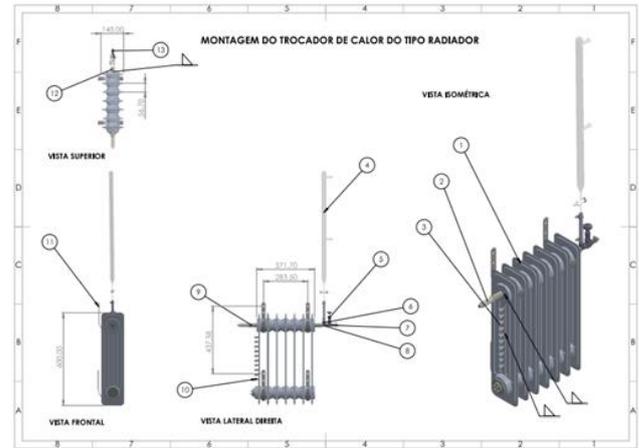
No Desenho 2 são apresentadas diferentes vistas da montagem experimental do trocador de calor (aquecedor) do tipo radiador. Na Tabela 2 são apresentados as principais especificações dos componentes deste aquecedor. Os desenhos técnicos para o tubo de fixação do transdutor de pressão, para os tubos de fixação dos termopares e para o tubo de fixação da conexão T são mostrados nos Desenhos 3a, 3b e 3c respectivamente.

Tabela 2 – Especificações técnicas do trocador de calor (aquecedor) do tipo radiador.

#	Descrição	Qtd
1	Aquecedor tipo radiador a óleo, 110V. Potência 1500W. Dimensões 600x290x400mm.	02
2	Transdutor de pressão, rosca macho BSP/G diâmetro 1/4", faixa de 70 mbar a 700 bar, 350 mbar a 20 bar de Pressão Absoluta, alta exatidão $\pm 0,25$ FE BSL	01
3	Sonda termopar reforçada tipo plugue para tubulação do tipo K; Rosca de montagem 1/8" NPT em aço inoxidável 304; Resistente a pressão de até 2500 psi a temperatura ambiente; Intervalo de temperatura até 650°C; 20 AWG; junção aterrada	10
4	Bureta graduada com torneira de teflon, capacidade 1000 mL	01
5	Válvula micrométrica de alta pressão (5000 psi) e fluxo médio em aço inoxidável 316, com extremidades de conexões fêmea NPT 1/4" de diâmetro	01
6	Conector fêmea em aço inoxidável 316, tubo de 1/2" OD x NPT 1/4" fêmea	01
7	Conector macho em aço inoxidável 316, tubo de 1/2" OD x NPT 1/4" macho	01
8	Conexão macho "T" lateral em aço inoxidável 316, diâmetro NPT 1/4"	01
9	Tubo em aço inox 304, diâmetro externo 1", comprimento 50 mm, extremidade rosca fêmea BSP/G diâmetro 1/4"	01
10	Tubo em aço inox 304, diâmetro externo 15 mm, comprimento 20 mm, extremidade rosca fêmea NPT diâmetro 1/8"	10
11	Chapa em aço SAE 1020, esp. 3,35 mm – fixador de parede	04
12	Tubo em aço inox 304, diâmetro externo 1 pol., comprimento 50 mm, extremidade rosca fêmea NPT diâmetro 1/4"	01
13	Abraçadeira de Inox para mangueira de 5/8"	03

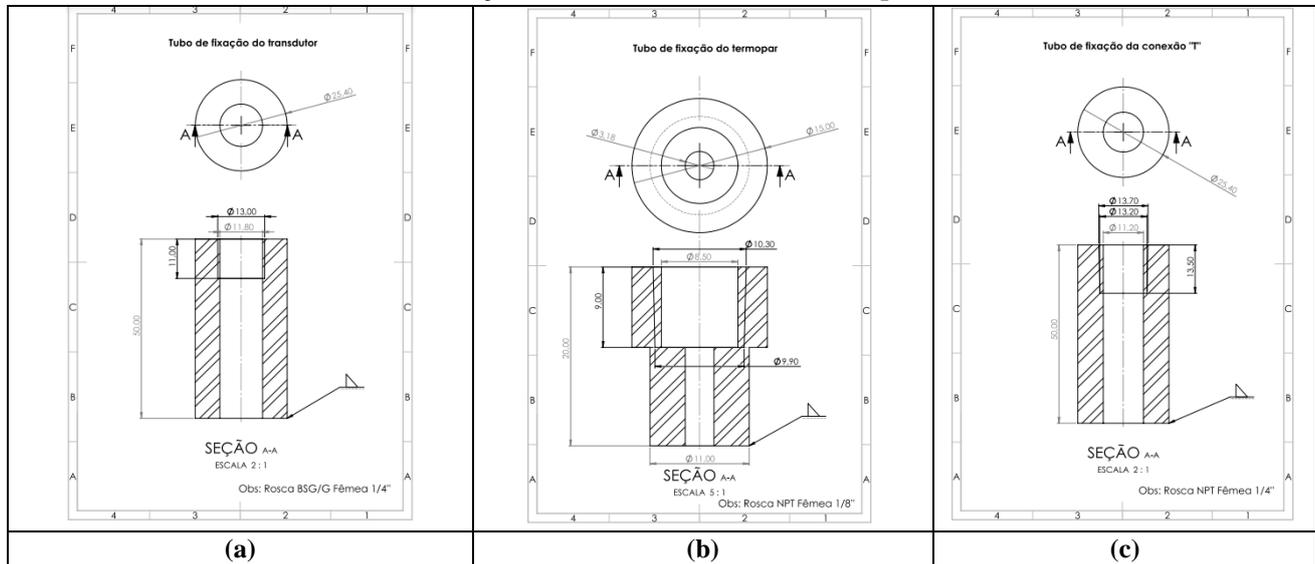
Fonte: Autoria Própria (2021).

Desenho 2 – Montagem dos trocadores de calor do tipo radiador.



Fonte: Autoria própria (2021).

Desenho 3 – Tubos de fixação (a) do transdutor, (b) do termopar e (c) da conexão "T"



Fonte: Autoria própria (2021).

3.2 Trocador de Calor (Aquecedor) do Tipo Radiador Tubular

O trocador de calor (aquecedor) do tipo radiador tubular é ilustrado esquematicamente na Figura 3. A montagem experimental para este dispositivo de troca térmica deve ser composta por: trocador de calor (aquecedor) de parede do tipo radiador tubular, sensores de pressão e temperatura, bureta, acessórios e conexões em aço inoxidável.

No Desenho 4 são apresentadas diferentes vistas da montagem experimental do trocador de calor (aquecedor) do tipo radiador tubular. Na Tabela 3 são apresentados as principais especificações dos componentes deste aquecedor. Os desenhos técnicos para o tubo de fixação do transdutor de pressão, para os tubos de fixação dos termopares, para o tubo de fixação da conexão T e para o aquecedor de parede tubular são mostrados nos Desenhos 3 e 5.

Figura 3. Diagrama esquemático do trocador de calor (aquecedor) tipo radiador tubular.



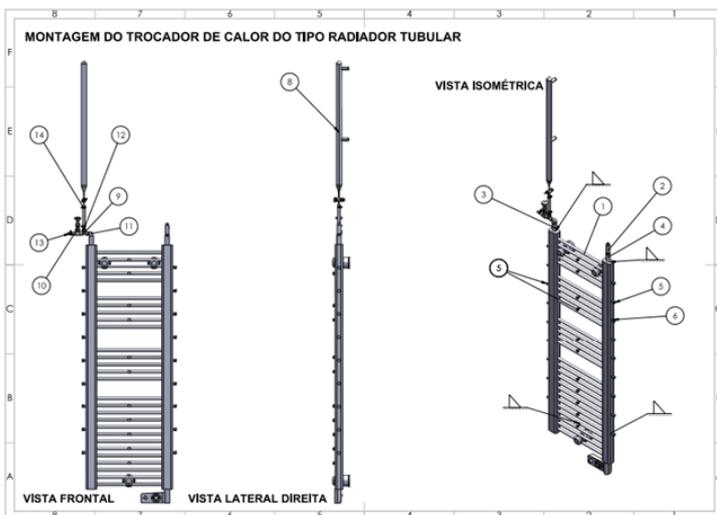
Fonte: Autoria Própria (2021).

Tabela 3. Especificações técnicas do trocador de calor (aquecedor) de parede do tipo radiador tubular.

#	Descrição	Qty
1	Aquecedor de parede tipo radiador tubular; 750 W. Dimensões 480x1453x85 mm	2
2	Transdutor de pressão, rosca macho BSP/G diâmetro 1/4", faixa de 70 mbar a 700 bar, 350 mbar a 20 bar de Pressão Absoluta, alta exatidão $\pm 0,25$ FE BSL	1
3	Tubo em aço inox 304, diâmetro externo 1", comprimento 50 mm, extremidade rosca fêmea NPT diâmetro 1/4"	1
4	Tubo em aço inox 304, diâmetro externo 1", comprimento 50 mm, extremidade rosca fêmea BSP/G diâmetro 1/4"	1
5	Sonda termopar reforçada tipo plugue para tubulação do tipo K; Rosca de montagem 1/8" NPT em aço inoxidável 304; resistente a pressão de até 2500 psi a temperatura ambiente; Intervalo de temperatura até 650°C; 20 AWG; junção aterrada	29
6	Tubo em aço inox 304, diâmetro externo 15 mm, comprimento 16 mm, extremidade rosca fêmea NPT diâmetro 1/8"	29
8	Bureta graduada com torneira de teflon, capacidade 1000 ml	1
9	Conexão macho "T" lateral em aço inoxidável 316, diâmetro NPT 1/4"	1
10	Válvula micrométrica de alta pressão (5000 psi) e fluxo médio em aço inoxidável 316, com extremidades de conexões fêmea NPT 1/4" de diâmetro	1
11	Cotovelo 90° de aço inoxidável 316, uma extremidade NPT macho e a outra NPT fêmea ambas com 1/4" de diâmetro.	1
12	Conector fêmea em aço inoxidável 316, tubo de 1/2" OD x NPT 1/4" fêmea	1
13	Conexão macho "T" lateral em aço inoxidável 316, diâmetro NPT 1/4"	1
14	Abraçadeira de Inox para mangueira de 5/8"	3

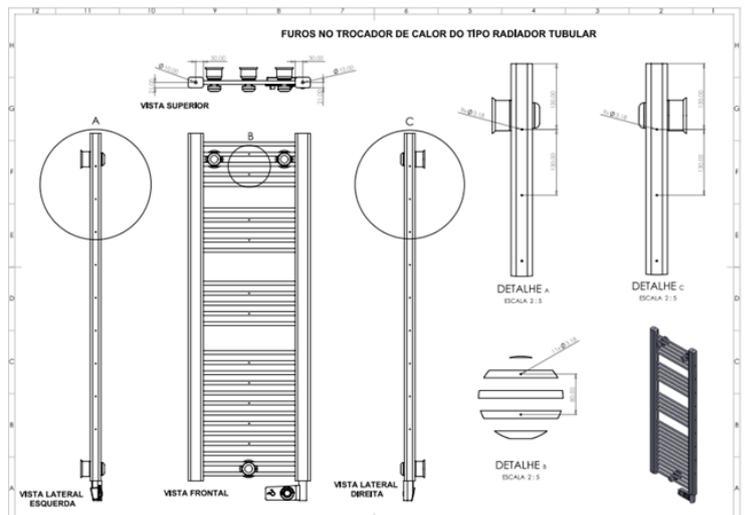
Fonte: Autoria Própria (2021).

Desenho 4 – Montagem do trocador de calor do tipo radiador tubular.



Fonte: Autoria própria (2021).

Desenho 5 – Furos no trocador de calor do tipo radiador tubular.



Fonte: Autoria própria (2021).



4 CONCLUSÃO

Apesar de o projeto ainda estar em desenvolvimento, pode-se concluir que esses dois trocadores de calor serão amplamente utilizados no Brasil e essa patente dará a pequenos empresários a oportunidade de competir com as grandes empresas do ramo de aquecimento doméstico, haja vista que a construção desses equipamentos poderá ser realizada por pequenas empresas e por subcontratação para a usinagem e confecção desses equipamentos.

5 AGRADECIMENTOS

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná e ao professor Paulo Henrique por incentivarem a percorrer o caminho da pesquisa científica.

Ao CNPq e o Programa Institucional de Voluntariado em Iniciação Científica e Tecnológica – PIVICT, pela oportunidade de participar de dessa pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

PETERSON, G. P. **An Introduction to Heat Pipes: Modeling, Testing and Applications, (Thermal Management of Microelectronic and Electronic System Series)**. Wiley-Interscience, New York, USA, 1994.

SOUZA, Diogenes Oliveira. **Estudo Experimental Do Fenômeno Da Ebulição Em Um Termossifão De Vidro**. Dissertação de mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, p. 117, 2019.

SHIRAIISHI, M.; KIKUCHI, K.; YAMANISHI, T. **Investigation of heat transfer characteristics of a two-phase closed thermosiphon**. Heat Recovery Systems Journal, Vol 4, p. 287-297, 1981.

VASILIEV L.L.; KAKAÇ S. **Heat Pipes and Solid Sorption Transformations: Fundamentals and Practical Applications**; CRC Press, 2013.

IMURA, H.; SASAGUCI, K. AND KOZAI H. **Critical heat flux in a closed two-phase thermosiphon**. Int. J. Heat Mass Transfer, Vol. 26. No.8. pp. 1181-1188, 1983.

KHODABANDEH, R. **Heat transfer in the evaporator of an advanced two-phase thermosiphon loop**. Int. J. Refrig., Vol. 28, p. 190–202, 2004.

* Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil; mlara@alunos.utfpr.edu.br

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ecoville (Curitiba); psantos@utfpr.edu.br

‡ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil; gustavoramos@alunos.utfpr.edu.br

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil; carolineajs@hotmail.com