

CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE ÁGUA SENDO AQUECIDA POR UM TUBO EVACUADO COM TUBO DE CALOR

Lucas Della Méa Soares – lucas.mea@ufrgs.com.br
Arno Krenzinger – arno.krenzinger@ufrgs.com.br
LABSOL, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

1. INTRODUÇÃO

Em um sistema de aquecimento solar, o coletor é o equipamento responsável pela transformação da energia solar em energia térmica. O presente trabalho tem como objetivo principal caracterizar o comportamento da água que circula pelo interior de um reservatório acoplado a um coletor solar e avaliar a eficiência do sistema de transferir o calor injetado ao interior de um tubo evacuado à água que circula pelo reservatório. Tal coletor é composto por um tubo evacuado com um tubo de calor, no seu interior é posicionado um sistema de aquecimento térmico, por resistências, controlado por uma fonte de tensão. A função deste sistema de aquecimento é simular a quantidade de potência que sol poderia entregar o interior do tubo evacuado.

2. TUBO EVACUADO COM TUBO DE CALOR

Este tipo de coletor consiste de um tubo de calor, feito de cobre, envolto em uma aleta de alumínio. Este conjunto é posicionado na parte interna de um tubo de vidro evacuado. O tubo evacuado é constituído por dois cilindros de vidro concêntricos que são unidos nas extremidades e o espaço entre eles é evacuado, para minimizar as perdas de calor devido à convecção e a condução com o meio externo. Na superfície externa do tubo interior há uma camada com alta capacidade de absorver a energia solar depositada, chamada de absorvedor, funcionando como uma superfície seletiva. No caso de materiais que absorvem a radiação solar para conversão térmica é interessante que a mesma possua uma alta absorvidade no espectro de emissão solar e baixa emissividade para a faixa de temperaturas que a superfície emite radiação. Sua função é permitir que a maior parte da energia que chega nela seja absorvida e apenas uma pequena parte seja refletida e irradiada ao ambiente externo. A figura a baixo ilustra o tubo evacuado com o tubo de calor.



A radiação solar aquece a superfície absorvedora do tubo transferindo calor à aleta interna que, conseqüentemente, aquece o tubo de calor. O tubo de calor é oco e no seu interior há um fluido de trabalho. O fluido de trabalho evapora adquirindo energia térmica, assim, o vapor migra ao longo da cavidade interna para a região de menor temperatura, o bulbo do tubo. Chegando ao bulbo o vapor condensa trocando calor com a água presente no reservatório a aquecendo. Por fim, o fluido de trabalho, de volta a forma líquida, retorna a base do tubo na forma de um filme de líquido migrando ao longo do tubo pelas paredes do mesmo através de capilaridades presentes junto à parede.

3. METODOLOGIA

No presente trabalho um tubo evacuado com tubo de calor é acoplado a um reservatório de água, no interior do tubo é instalado um sistema de aquecimento térmico por meio de fios de aquecimento, com alta resistência elétrica, controlado por uma fonte de tensão tornando assim regulável a quantidade de energia que é entregue ao interior do tubo evacuado. No reservatório circula água, sua temperatura de entrada é fixa, pois a mesma é controlada por um banho térmico modelo ECO RE 620 da marca Lauda. Dois sensores de temperaturas PT100, devidamente calibrados, foram posicionados no interior do reservatório, um logo antes do bulbo, adquirindo a temperatura da água que vem do banho térmico e o outro logo após o bulbo, adquirindo a temperatura da água logo após ela ser aquecida.

Utilizando um *data logger* modelo 39470A da marca Keysight é adquirido, além das temperaturas antes e depois do bulbo, a quantidade de energia sendo entregue ao inteiro do tubo por unidade de tempo, a potência em *watt*, e a vazão mássica da água no interior do reservatório a partir de um medidor de vazão modelo AXF005G da marca Yogogawa,

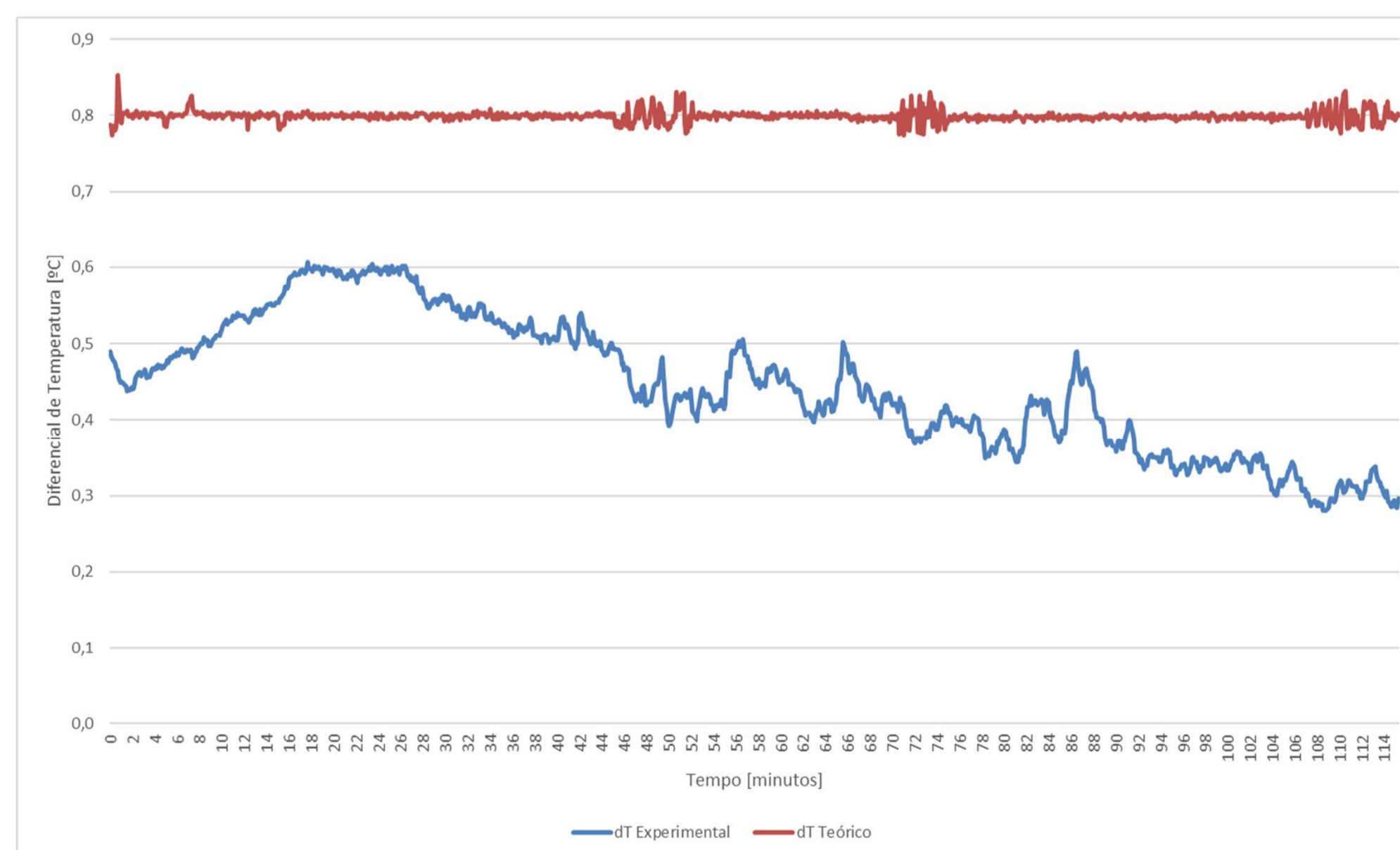
sendo esta vazão regulada pela bomba interna do banho térmico. Desta forma, sabe-se a quantidade de energia entregue a cada intervalo de tempo em *joule*, tendo a vazão mássica da água em *kg/s* e obtendo um valor tabelado para a capacidade térmica média da água à 20 °C pode-se utilizar a Equação 1 abaixo para teorizar o gradiente de temperatura que deveria existir entre a água antes e depois de passar pelo bulbo do tubo de calor, isto teorizando que toda a energia injetada no interior do tubo evacuado fosse transferida sem perdas à água.

$$Q = \dot{m} \times c_p \times \Delta T [W] (1)$$

Utilizando a mesma equação e conhecendo o real valor do gradiente de temperatura para cada instante de tempo pode-se calcular a real quantidade de energia entregue a água em cada um destes instantes. Assim, tem-se como calcular a eficiência do tubo de calor em transferir a energia para a água que está em fluxo no interior do reservatório.

4. RESULTADOS

O absorvedor do tubo de calor utilizado neste experimento possui uma área de 0,236 m², sendo assim foi injetado 59 W para simular uma situação onde toda a área do absorver estivesse recebendo uma radiação solar de 250 W/m². A vazão mássica média de água foi de 0,01772 kg/s e utilizou-se um valor médio de 4183,31 J/kg para a capacidade térmica da água à 20 °C. Sendo assim pode ser calculado que teoricamente deveria haver um diferencial de temperatura médio de 0,796 °C, mas há na realidade uma diferencial mostrado na figura abaixo.



Tendo-se adquirido o real valor do diferencial de temperatura para cada instante, linha em azul no gráfico acima, se calculou o valor real da quantidade de calor entregue à água em cada instante de tempo. Realizando a razão da potência média entregue à água com a potência média entregue ao interior do tubo evacuado tem-se que a eficiência média do sistema térmico é de 55,82 %.

5. CONCLUSÕES

A partir dos dados obtidos através do experimento foi possível estimar o comportamento térmico da água que ao passar pelo reservatório é aquecida pelo tubo de calor. Teve-se um pico de diferença de temperatura logo nos primeiros minutos de experimento e logo após houve uma diminuição gradual do mesmo, tal fato pode ser justificado pela considerável perda térmica de energia que é radiada em pequena parte através da superfície absorvedora, é perdida através das frestas existentes na montagem do tubo evacuado com o tubo de calor no reservatório e a própria perda de calor da água no interior do reservatório ao meio externo.

Assim sendo, é justificada a eficiência razoavelmente baixa do sistema térmico, como proposta para trabalhos futuros seria interessante estruturar uma forma de injetar energia térmica no interior do tubo evacuado que não permitisse a existência de frestas, pois esta é uma forma considerável de perda de energia ao meio externo.