

ESTUDO EXPERIMENTAL DE FORMAÇÃO DE GELO ENTRE PLACAS PLANAS PARALELAS



Laboratório de Armazenamento Térmico e Tubos de Calor
Faculdade de Engenharia Mecânica
UNICAMP



Agência Financiadora: Conselho nacional de desenvolvimento científico e tecnológico

Aluno: Tiago Henrique Machado **Orientador:** Prof^o.Dr. Kamal Abdel Radi Ismail

Palavras Chaves: Bancos de Gelo – Refrigeração – Experimental

Introdução

Os sistemas de armazenamento térmico estão sendo providos porque podem reduzir substancialmente o consumo total de energia, de forma a conservar principalmente os combustíveis fósseis. De particular importância são os chamados "bancos de gelo", com elevada capacidade de armazenamento de energia quando comparado a um armazenador de calor sensível. Os bancos de gelo são equipamentos de armazenamento de energia na forma de calor latente a baixas temperaturas. O objetivo fundamental de tais equipamentos é aliviar os efeitos dos picos de carga elétrica, que são períodos de tempo críticos da demanda de energia elétrica. O presente projeto teve como objetivo avaliar o funcionamento de um banco de gelo, o que significa quantificar os parâmetros que o caracterizam, tendo como meta obter os valores ótimos destes parâmetros. Esta avaliação pode ser feita, como proposto pelo projeto, através de ensaios numa bancada experimental. Baseado nisto, o intuito geral deste projeto consiste no estudo experimental do processo de formação de gelo em torno de placas paralelas verticais, as quais constituem o banco de gelo, analisando o tempo de solidificação completa e, avaliando o calor armazenado em função dos parâmetros geométricos e operacionais, tais como, o espaçamento entre as placas, a temperatura e a vazão do fluido de trabalho.

Metodologia

A construção da bancada experimental foi feita com o objetivo de estudar o processo de solidificação da água no banco de gelo de placas planas paralelas e avaliar a influência de três fatores importantes: o espaçamento entre as placas, a temperatura do fluido de trabalho e a vazão. Os fluidos de transferência de calor utilizados no sistema foram o Freon, como refrigerante primário, e o Etanol, como refrigerante secundário.

Antes de dar começo aos ensaios, era preciso resfriar o PCM (água) até uma temperatura próxima da mudança de fase (0°C), para que as condições de contorno desejadas fossem aproximadas. O etanol também era resfriado em um trocador de calor pela unidade condensadora até atingir o regime permanente e estabilidade na temperatura desejada. Uma vez que a água atingia a temperatura mais próxima de zero grau, esta era bombeada à seção de testes para dar começo aos ensaios.

O esquema geral do sistema de banco de gelo é composto por dois circuitos: circuito de refrigeração e circuito de transporte energia, como mostra a figura:

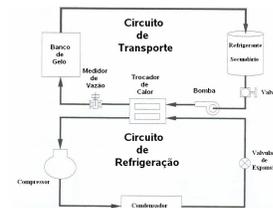


Figura 1 – Esquema do Banco do Gelo

Resultados

As medidas de crescimento da camada de gelo foram obtidas por meio de imagens capturadas pela câmera digital, no começo em intervalos de 5 minutos, e depois em intervalos mais prolongados até o final do ensaio. Isso se deve ao fato de que, enquanto o tempo transcorria o processo tornava-se mais lento. Foram realizados 18 ensaios, como é mostrado na tabela a seguir..

Tabela - Experimentos Realizados			
Ensaio	Espaçamento das Placas (mm)	Vazão (Kg/s)	Temperatura Etanol (°C)
1	74	0,061	-13
2	74	0,061	-10
3	74	0,061	-7
4	74	0,064	-13
5	74	0,064	-10
6	74	0,064	-7
7	74	0,064	-13
8	74	0,064	-10
9	74	0,064	-7
10	50	0,061	-13
11	50	0,061	-10
12	50	0,061	-7
13	50	0,064	-13
14	50	0,064	-10
15	50	0,064	-7
16	50	0,064	-13
17	50	0,064	-10
18	50	0,064	-7

Tabela 1 – Tabela com a variação dos parâmetros utilizados nos ensaios

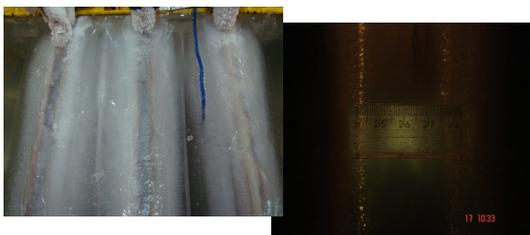


Figura 2 – Gelo formado após um experimento e fotografia da régua utilizada como escala

Através da análise das imagens capturadas podemos conhecer a real posição da camada de gelo após um determinado tempo de realização do experimento. Para facilitar a análise dos fatores variados durante os experimentos, construíram-se gráficos da posição da frente de solidificação em função do tempo. A seguir são mostradas algumas curvas obtidas.

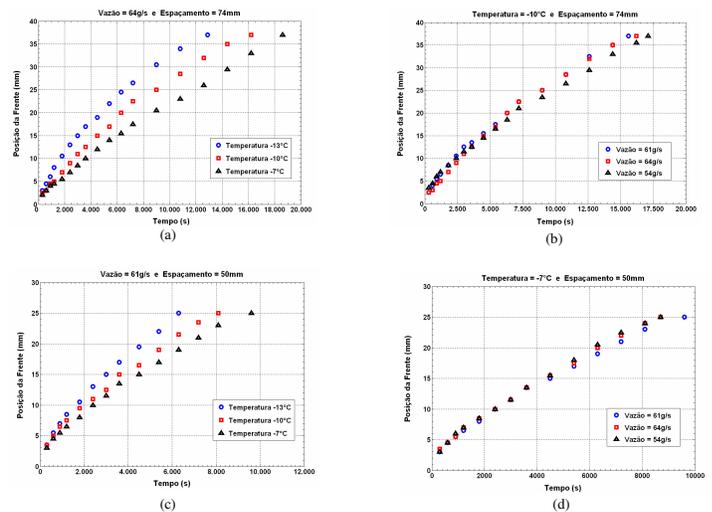


Figura 3 – Gráficos da posição da frente ao longo do tempo, (a)Vazão=64g/s, espaçamento=74mm e temperatura variando, (b)Temperatura=-10°C, espaçamento=74mm e vazão variando, (c)Vazão=61g/s, espaçamento=50mm e temperatura variando, (d)Temperatura=-7°C, espaçamento=50mm e vazão variando.

Conclusão e Comentários Finais

Este trabalho visou desenvolver uma bancada experimental para quantificar os parâmetros mais importantes em um banco de gelo do tipo placa plana. Através da análise das curvas, percebe-se que o espaçamento exerce grande influência no comportamento da posição da frente. A primeira observação a ser feita é que o tempo de solidificação é menor quanto menor o espaçamento, e a outra importante observação é que quanto maior o espaçamento maior é taxa de variação da posição com o tempo, ou seja, a velocidade de avanço da frente é maior. Isso pode ser atribuído ao fato de que quanto menor é o espaçamento, maior é a influência da frente de solidificação que se forma e avança no sentido oposto da frente analisada. Através das curvas que mostram a influência da vazão para diferentes espaçamentos de placa, nota-se que, para as vazões utilizadas no experimento, a vazão não exerce influência na taxa de formação da camada de gelo. Esse fato pode ser atribuído a escolha de valores muito próximos de vazão devido a limitação do aparato experimental. Vale ressaltar também que durante o processo de montagem da bancada experimental foram encontradas algumas dificuldades, pois após estar o sistema pronto verificaram-se alguns vazamentos no evaporador e em algumas partes da tubulação. Após a identificação desses pontos, foi possível a correção dos problemas, e, com isso, a bancada ficou em perfeitas condições para o uso. Outra dificuldade encontrada foi alcançar a temperatura de mudança de fase do PCM para dar início aos experimentos. Para atingir essa condição de contorno foram colocados cubos de gelo no interior do tanque até que esses não derretessem mais.