

ANÁLISE TÉRMICA E ESTRUTURAL DE UM SISTEMA DE BOMBEAMENTO CAPILAR INTEGRADO A UM MICROSATÉLITE CIENTÍFICO PARA TESTES EM AMBIENTE DE MICROGRAVIDADE

Edson Bazzo

ebazzo@emc.ufsc.br

Luciano Heinen

heinen@cet.ufsc.br

Marcelo Nogoseke

marcelo@cet.ufsc.br

Marcelo Natale Junkes

marceloj@cet.ufsc.br

Roger R. Riehl

rriehl@cet.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Depto. Eng. Mecânica, LabCet, CEP 88.040-900 Florianópolis SC

Resumo. *Uma análise térmica e estrutural é realizada para um sistema de bombeamento capilar integrado a um microsatélite, com o objetivo de avaliar pontos críticos associados ao desempenho, resistência mecânica e eventual congelamento do fluido térmico. O experimento consiste de um circuito de transferência de calor bifásico de pequena escala, constituído por um evaporador, um condensador, tubos de líquido/vapor e um reservatório adaptado com resistência elétrica para controle ativo da pressão e temperatura de saturação do fluido de trabalho. O evaporador consiste de uma bomba capilar, constituída de alumínio e um inserto poroso tubular fabricado em níquel sinterizado. Uma placa absorvedora é integrada ao evaporador para absorver energia solar como fonte de calor. O calor absorvido promove a evaporação do fluido térmico junto aos meniscos formados na interface líquido/vapor na bomba capilar. Resultados preliminares são apresentados com base em parâmetros relacionados com a temperatura de saturação e potência transferida pelo circuito, condições essas usuais no controle térmico de componentes eletrônicos, para os quais o sistema é projetado. As análises relativas ao comportamento térmico e estrutural do circuito foram realizadas com auxílio de algoritmos computacionais, desenvolvidos para um modelo específico do experimento.*

Palavras chave: bomba capilar, evaporador capilar, CPL, transferência de calor bifásica

1. Introdução

Sistemas de bombeamento capilar são utilizados como circuitos de transferência de calor bifásicos em aplicações onde não há disponibilidade de energia elétrica ou não se deseja a instalação de componentes mecânicos para bombeamento do fluido térmico. Circuitos de Bombas Capilares (CPL – Capillary Pumped Loop) já vêm sendo utilizados nos EUA, Europa e Ásia para controle térmico em aplicações espaciais como alternativa a aplicação de tubos de calor ou sistemas mecânicos convencionais, sem necessidade de suprimento de energia externa para movimentação do fluido térmico (Butler, D., 1999; Maidanik, Y.F., 1999). O princípio de operação se baseia na tensão superficial induzida em micro-ranuras ou pequenos poros de uma estrutura capilar. O calor absorvido pela bomba capilar promove a evaporação do fluido de trabalho junto ao menisco formado na estrutura capilar. O processo de evaporação ocorre com pequeno aumento de pressão, suficiente para forçar o deslocamento do vapor para a região do condensador, onde o calor é rejeitado. O fluido de trabalho condensado retorna por ação capilar pela linha de líquido até o evaporador capilar, completando o ciclo térmico. Os evaporadores capilares são geralmente constituídos por microranuras (Bazzo et al, 1999), plástico poroso (Ku, J., 1999) ou metal sinterizado (Reimbrecht et al, 1998; Khurstalev, D.,1999). Camargo e Bazzo (2002) apresentam resultados recentes sobre testes realizados em laboratório para circuitos de transferência de calor bifásicos, adaptados com bombas capilares de ranuras circunferenciais, ressaltando-se aspectos relacionados com a presença de gases não condensáveis, comportamento térmico de partida, regime permanente e limite capilar.

Resultados encontrados, com e sem a presença de gases não condensáveis, demonstram um comportamento térmico satisfatório e a possibilidade de reativação de bombas capilares em situação de colapso. Os testes foram realizados utilizando-se diferentes configurações internas de bombas capilares de ranhuras circunferenciais. Potências de 30 W e fluxos de calor de até $1,3 \text{ W/cm}^2$ foram alcançados com acetona como fluido de trabalho. Atualmente, pesquisa vem sendo especialmente dedicada na fabricação e caracterização de elementos porosos constituídos por níquel, aço inoxidável e titânio sinterizado. Há uma preocupação permanente com a fabricação e caracterização de materiais que apresentem elevada capacidade de bombeamento capilar e que sejam compatíveis com o fluido de trabalho. Reimbrecht et al (2001) vêm apresentando resultados relativos à caracterização da microestrutura de elementos porosos tubulares, usando o método de análise de imagens, porosimetria por intrusão de mercúrio e método de Arquimedes. O objetivo central deste trabalho foi determinar a conveniência da técnica de análise de imagens para a caracterização de elementos porosos. As imagens foram obtidas de um conjunto de amostras de elementos porosos feitos de níquel sinterizado, através de microscopia eletrônica de varredura. O método da porosimetria por intrusão de mercúrio também é utilizado para fornecer informações sobre o diâmetro de percolação do material poroso. Resultados obtidos da análise apontaram para valores de porosidade em torno de 60% e tamanho efetivo de poro inferior a $4 \mu\text{m}$. Riehl et al (2002), em trabalho publicado no 12th IHPC, apresentam resultados parciais relativos a evaporadores capilares constituídos por material poroso de polietileno. Outros testes estão sendo conduzidos em laboratório em bombas capilares constituídas por níquel sinterizado com a proposta de desenvolver tecnologia própria, de acordo com os objetivos estabelecidos no projeto CPL para embarque no Microsatélite Franco-Brasileiro (Bazzo et al., 1998). O processo de fabricação e caracterização de estruturas porosas também é apresentado. Resultados preliminares obtidos com potências de até 50 W nos testes de laboratório, para diferentes condições de operação, demonstraram a necessidade de revisão do processo de fabricação e potencialidade de uso das estruturas porosas de níquel sinterizado em evaporadores capilares.

No presente artigo são apresentados resultados preliminares referentes à análise estrutural e comportamento térmico do experimento durante o lançamento do satélite e em órbita, tendo em conta a confiabilidade do CPL, prevendo-se inclusive eventual congelamento do fluido de trabalho e possível colapso da bomba capilar.

2. Descrição do experimento

Na Figura (1) é mostrado o esquema do CPL em desenvolvimento na UFSC, com a cooperação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para ser testado em condições de microgravidade a bordo do FBM. O experimento deverá ser integrado ao satélite de modo a transferir energia solar absorvida na placa absorvedora para o radiador. Uma resistência elétrica com capacidade de dissipar até 20 W estará instalada na bomba capilar, de modo a se operar o experimento com potências mais elevadas, na ordem de 50 W, em períodos previamente programados em que haverá energia elétrica disponível para o experimento. Amônia será utilizada como fluido de trabalho.

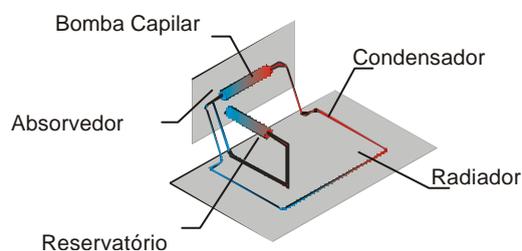


Figura 1. Esquema proposto para o sistema de bombeamento capilar

As bombas capilares estão em fase de aperfeiçoamento para integração ao experimento. Na Figura (2) tem-se um esquema simplificado do evaporador, mostrando o elemento poroso inserido no corpo principal da bomba capilar. Na Figura (3) é mostrada a fotografia relativa a um elemento poroso liso e tubo internamente ranhurado de alumínio, utilizados para montagem da bomba capilar. Na Figura (4) é mostrado um elemento poroso com paredes ranhuradas, também fabricada na UFSC, como alternativa proposta para montagem em tubos de paredes lisas.

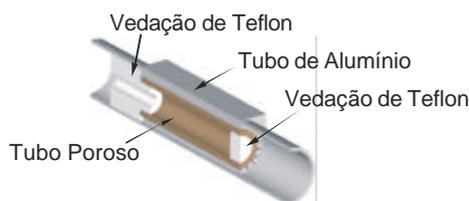


Figura 2. Bomba capilar projetada e montada na UFSC



Figura 3. Elemento poroso e tubo ranhurado



Figura 4. Elemento poroso de parede ranhurada

Uma bancada de testes foi construída em laboratório para simular o comportamento térmico do experimento (Fig. (5)). Na bancada de testes, pode-se ajustar a temperatura do condensador através de um banho termostático, controlar a potência dissipada na bomba através de uma fonte de tensão e, em tempo real, observar o comportamento térmico do circuito.



Figura 5. Bancada experimental utilizada para testes do sistema de bombeamento capilar (LabCET/UFSC).

De acordo com a Figura (6), os primeiros testes mostraram um comportamento térmico bom, tanto na partida, quanto em condições de regime permanente. A temperatura do reservatório foi fixada em torno de 50 °C. Acetona foi utilizada como fluido de trabalho tendo em vista a sua disponibilidade e alto custo de amônia qualificada para uso em bombas capilares. A presença de impurezas no fluido de trabalho tem provocado a formação de gases não condensáveis, que reduzem a capacidade de transporte de calor, ou mesmo provocam o colapso da bomba capilar. Os testes foram executados com potências inferiores a 20 W. Enquanto em operação normal, a temperatura superficial da parte ativa da bomba capilar se manteve entre 62 e 67 °C, revelando uma diferença da ordem de 17 °C, relativamente à temperatura de operação do circuito. A temperatura máxima de 100 °C foi alcançada por conta do colapso induzido, aplicando-se uma potência de 20 W. Apesar do bom desempenho demonstrado na Fig. (6), os resultados não foram satisfatórios. Problemas associados à presença de vapor ou de gases não condensáveis no canal de alimentação passaram a influenciar significativamente no desempenho da bomba capilar. Atualmente, novos testes estão em andamento, com novas bombas capilares, já usando amônia como fluido de trabalho. No intuito de efetivamente garantir sucesso do experimento, a cada bateria de testes são avaliados os parâmetros de projeto e de operação do circuito.

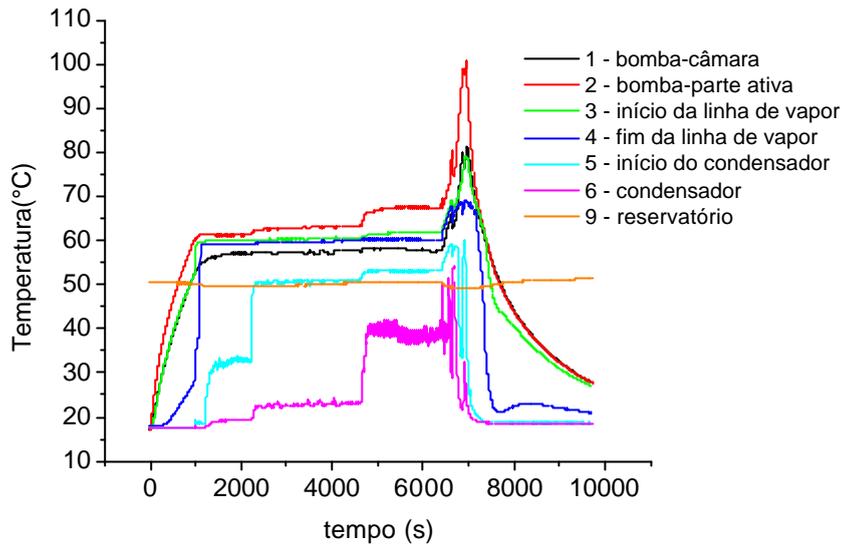


Figura 6. Resultados parciais obtidos nos testes de laboratório com uma bomba capilar de níquel sinterizado.

3. Análise térmica do experimento para avaliação de desempenho e otimização

Para assegurar o correto funcionamento da bomba capilar, estão sendo examinadas diversas condições operacionais, simulando seu comportamento térmico em órbita. A temperatura de operação e o calor aplicado são os parâmetros definidos como condições de projeto. A análise do comportamento térmico e o dimensionamento do CPL foi realizado com um algoritmo computacional desenvolvido através de um modelo físico e matemático específico para o experimento. A condição física real de operação do CPL, bem como as temperaturas e potência transmitida foram estimadas a partir de dados fornecidos pelo INPE, levando-se em conta as cargas térmicas ao longo de cada órbita de 100 minutos do satélite. O experimento CPL foi projetado para operar com potência de até 50 W aplicados na bomba capilar. Como o satélite não dispõe de toda a potência elétrica, desde a concepção do projeto foi considerada uma placa absorvedora de energia solar. Para avaliar e otimizar o funcionamento do experimento, foi desenvolvido um programa computacional de simulação numérica, baseado no método dos volumes finitos. O programa foi desenvolvido usando a linguagem FORTRAN. A formulação do problema está disponíveis em documento oficial do INPE (Riehl et al,2001), tendo considerado todos os componentes do CPL e dispositivos eletrônicos, além da presença de um segundo experimento (CBEMG), todos integrados a uma mesma caixa contendo os experimentos da UFSC. Inicialmente a resistência térmica média e a eficiência das placas absorvedora e radiadora são calculadas por dois algoritmos independentes. O programa principal considera a resistência térmica previamente determinada pelos dois algoritmos de malha refinada. Este procedimento proporciona cálculos transientes mais rápidos. Baseado nas cargas térmicas sobre as placas absorvedora e radiadora, durante a órbita completa do satélite, o programa principal é usado para otimizar os componentes do CPL e para avaliar se a operação é satisfatória. O programa também calcula os perfis de temperatura durante a fase de aquisição. A Figura (7) mostra os componentes considerados na simulação.

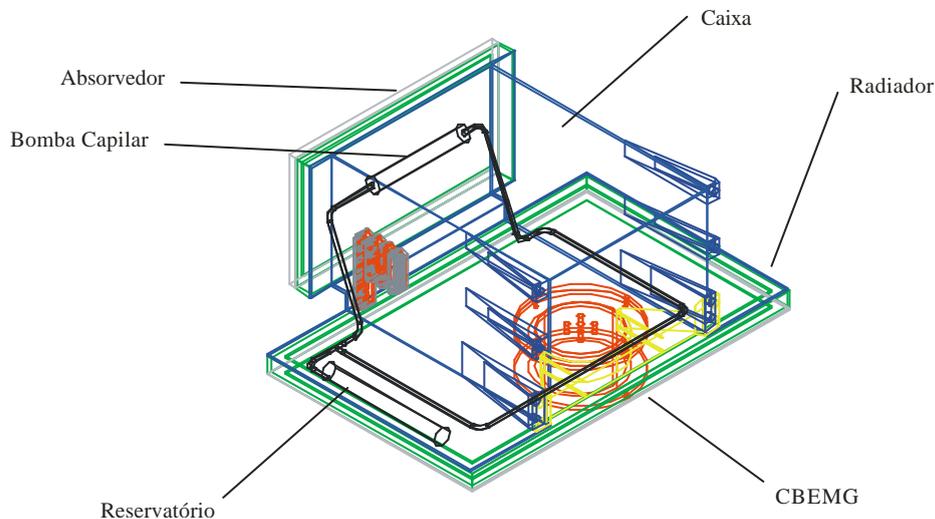


Figura 7. Componentes do experimento considerados na simulação

As resistências térmicas são calculadas com aproximadamente 1000 volumes nodais para cada placa. O programa principal considera 18 volumes nodais, envolvendo a placa absorvedora, a parede externa da bomba capilar, fluido térmico e elemento poroso interno (temperatura de saturação), linhas de transporte, serpentina do condensador, placa radiadora, sub-resfriador do radiador, reservatório do CPL, o recipiente contendo o experimento CBEMG, fluido térmico do CBEMG, dois aquecedores internos do CBEMG, três chapas da caixa de contenção dos experimentos UFSC e três placas eletrônicas. No programa principal a placa absorvedora é considerada como um volume nodal e a placa radiadora é considerada como dois volumes nodais, um para a região de condensação e outro para a região de subresfriamento. As condições de contorno são as cargas térmicas incidentes sobre as placas absorvedora e radiadora. Estas cargas são fornecidas pelo INPE na forma de tabelas para a órbita normal completa e para a fase de aquisição. As equações para cada volume nodal estão relacionadas no documento oficial encaminhado ao INPE (Riehl et al, 2001). A Figura 8 mostra resultados relativos ao comportamento térmico dos vários componentes do CPL, ao longo de uma órbita completa. É importante observar que as temperaturas dos componentes do CPL caem significativamente na passagem do satélite pela região escura da órbita (eclipse). Em vista disso, para evitar o colapso da bomba capilar, optou-se por utilizar uma placa absorvedora com maior capacidade térmica, de modo que sua temperatura se mantenha sempre acima da temperatura de saturação do fluido térmico. Na Figura (9) são apresentadas as potências transferidas no sistema, ao longo de uma órbita completa do satélite. A Figura (10) mostra as temperaturas estimadas nos diversos componentes, na hipótese de colapso do sistema. Mesmo assim o risco de congelamento não existe, uma vez que a temperatura mínima atingida é da ordem de -60°C , enquanto a temperatura de congelamento da amônia é igual a -77°C .

Para que o CPL inicie a operação, é necessário aumentar a temperatura do reservatório acima da temperatura da bomba capilar. Para iniciar o processo, uma potência de 5 W é suficiente para elevar a temperatura do reservatório na condição desejada. Tal situação está ilustrada na Figura (11), onde a temperatura do reservatório se mostra superior à temperatura da bomba capilar. Se for o caso, uma segunda alternativa pode ser adotada para garantir o sucesso do início da operação, como o uso de um resfriador termoelétrico (Peltier), substituindo a resistência elétrica do reservatório. Uma vez estabelecida a condição de regime permanente, apenas 3 W são suficientes para manter o circuito funcionando.

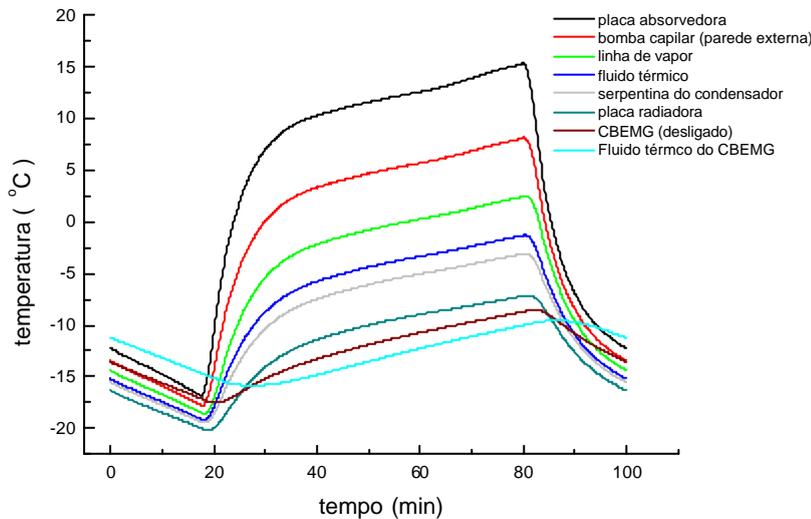


Figura 8. Temperaturas dos componentes quando o CPL está operando

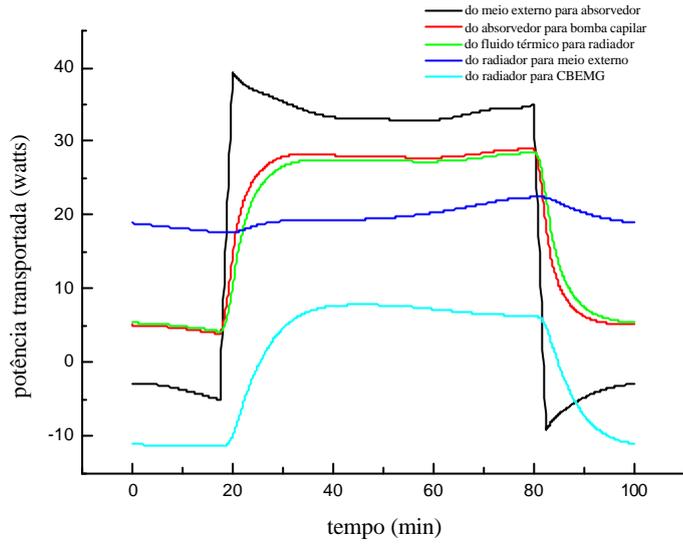


Figure 9. Potência transferida entre os componentes do CPL

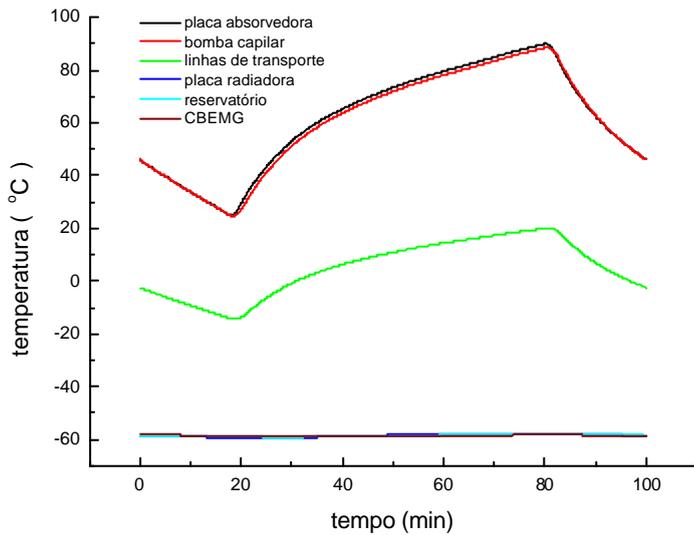


Figure 10 – Temperaturas estimadas dos componentes na hipótese de falha do CPL.

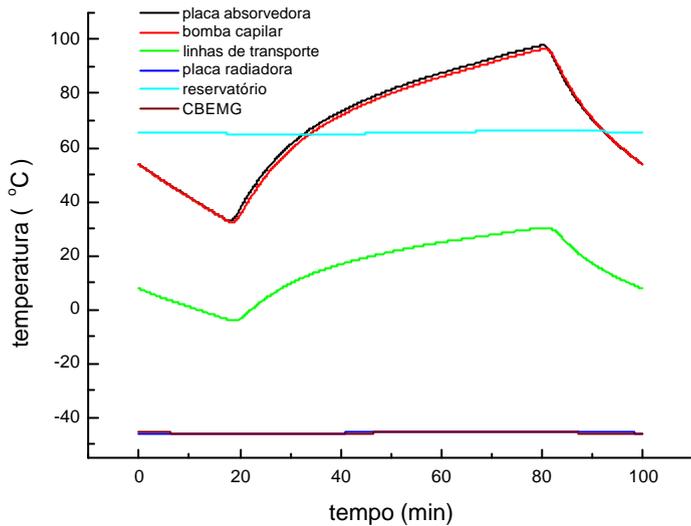


Figura 11– Temperaturas estimadas dos componentes em início de operação, aplicando-se 5 W sobre o reservatório.

A Figura (12) mostra o comportamento térmico do CPL durante a fase de aquisição do satélite. Para evitar o congelamento do fluido térmico, optou-se por utilizar uma resistência elétrica de 3 W de potência sobre a serpentina do condensador. No caso, usando um termostato sobre a serpentina do condensador, a resistência elétrica liga automaticamente quando a temperatura cai abaixo de -50°C e desliga quando a temperatura for acima de -35°C . Os resultados mostram que a resistência elétrica fica ligada durante 4,5 horas e desligada durante 11,5 horas depois do lançamento do satélite, até que o satélite entre em órbita normal. Tal alternativa se apresenta atraente, já que requer pouca energia para evitar o congelamento do fluido na serpentina do condensador durante a fase de aquisição do satélite.

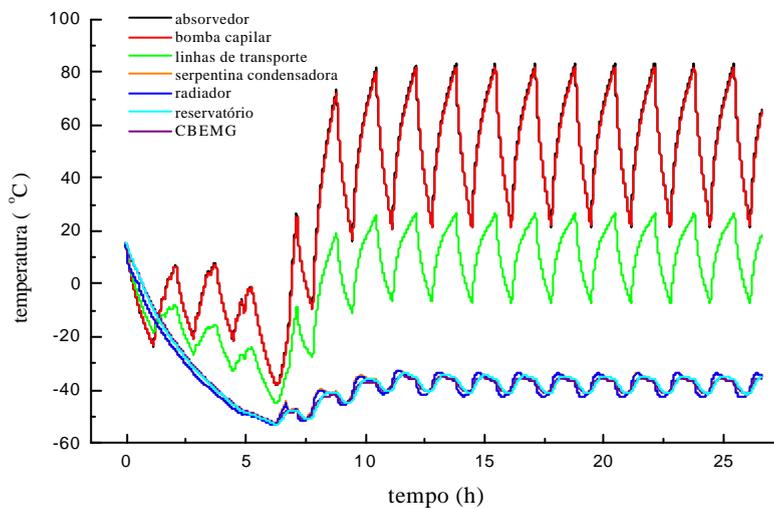


Figure 12 – Temperaturas dos componentes do CPL durante a fase de aquisição.

O modelo de regime permanente foi inicialmente desenvolvido com o objetivo de otimizar as placas, considerando principalmente suas espessuras, bem como analisar o processo de sub-resfriamento do fluido térmico no final da serpentina do condensador. Quando o modelo transiente foi desenvolvido, uma nova função para o modelo de regime permanente foi encontrada, consistindo em determinar a condutância efetiva das placas para o fluido térmico. As Figuras (13) e (14) mostram a distribuição de temperaturas sobre as placas absorvedora e radiadora, respectivamente, obtidas por algoritmo desenvolvido para a condição de regime permanente.

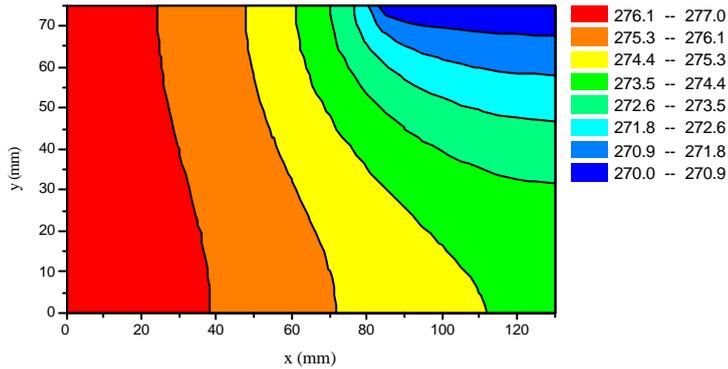


Figure 13– Campo de temperaturas sobre um quarto da placa absorvedora.

Para o cálculo da distribuição de temperaturas sobre a placa radiadora assume-se que 20% da serpentina do condensador esteja ocupada com líquido sub-resfriado. Neste caso, a temperatura de sub-resfriamento do líquido foi estimada em 9,2°C abaixo da temperatura de saturação.

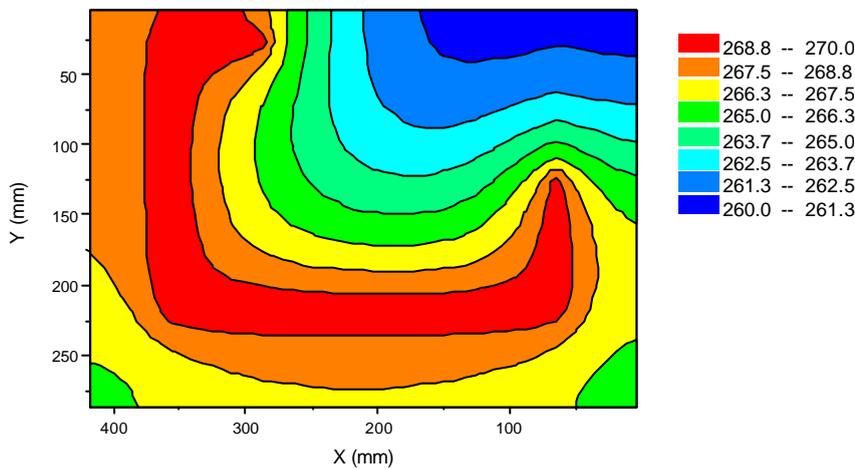


Figure 14– Campo de temperaturas sobre um quarto da placa radiadora.

4. Análise Estrutural do Experimento para Integração ao Satélite

Para assegurar a integridade do experimento, uma série de cuidados vem sendo tomada para que a estrutura da caixa de contenção dos experimentos da UFSC suporte os esforços de aceleração e vibração envolvidos durante o lançamento do satélite, bem como às variações bruscas de temperatura durante a órbita, sem prejuízo de sua missão. O projeto prevê a realização de testes para os experimentos integrados ao satélite. Um primeiro teste deverá submeter o modelo de qualificação às condições de carga mais severas que as de lançamento e órbita. Após aprovação do teste de qualificação, será construído o modelo de voo para integração definitiva ao satélite. Na Figura (7) é mostrado o desenho da caixa, resultado do projeto realizado em cooperação com a empresa Fibraforte de São José dos Campos.

O projeto da caixa UFSC foi feito de modo interativo pela definição da geometria e a verificação das tensões resultantes através do método de elementos finitos. Tal método tem se mostrado eficiente para a resolução de problemas de difícil convergência, como cálculos térmicos transientes envolvendo resistências de contato, ou problemas mecânicos de conformação com alta deformação e não linearidade.

O problema em questão foi resolvido com o auxílio de programas computacionais disponíveis no mercado. Na definição do modelo físico, a geometria foi definida para os diversos componentes do experimento através de um programa CAD (ver Figuras 15 e 16). A partir das geometrias assim estabelecidas, o modelo agora ganha uma malha e nós, que corresponde à representação do componente através de um certo número de elementos (ver Figura 17). Aqui se abrem várias possibilidades para a construção da malha, que pode variar quanto ao número de elementos, dimensionalidade, funções básicas de interpolação, graus de liberdade, formulação do elemento, etc. A escolha certa da malha levou em consideração o problema a ser simulado e os resultados que se desejam alcançar.

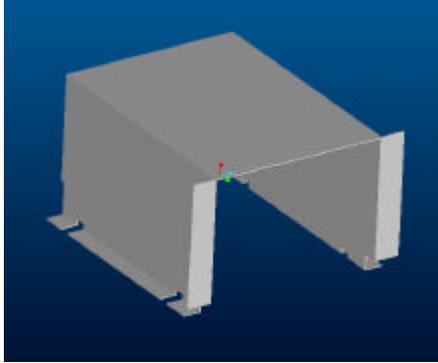


Figura 15- Geometria do invólucro da caixa (vista parcial)

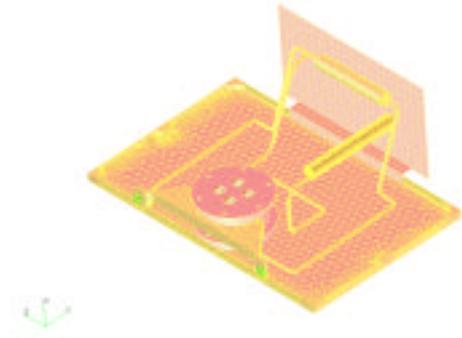


Figura 16- Geometria do CPL

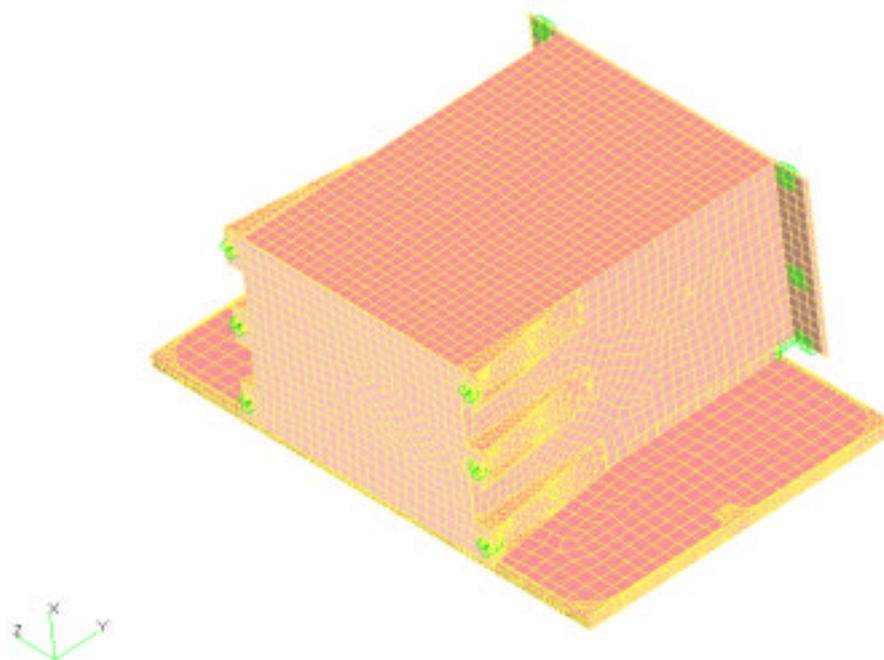


Figura 17- Esquema simplificado mostrando a malha definida para o modelo da caixa UFSC e CPL.

As condições de contorno usadas no modelo foram obtidas de documentos próprios fornecidos pelo INPE. Tais condições de contorno correspondem a quatro estágios de acelerações longitudinais de 4 a 9,2g e uma aceleração lateral de 1,2g (Varotto et al, "Environmental Specification", 2000). Alguns resultados obtidos da simulação para nós selecionados da estrutura são mostrados nas Figuras (18), (19) e (20), onde cada curva corresponde a resposta de um nó da estrutura numa direção. Os valores obtidos estão representados na forma de uma razão entre a excitação e a resposta, que é a Densidade Espectral de Potência(PSD) em g^2/Hz .

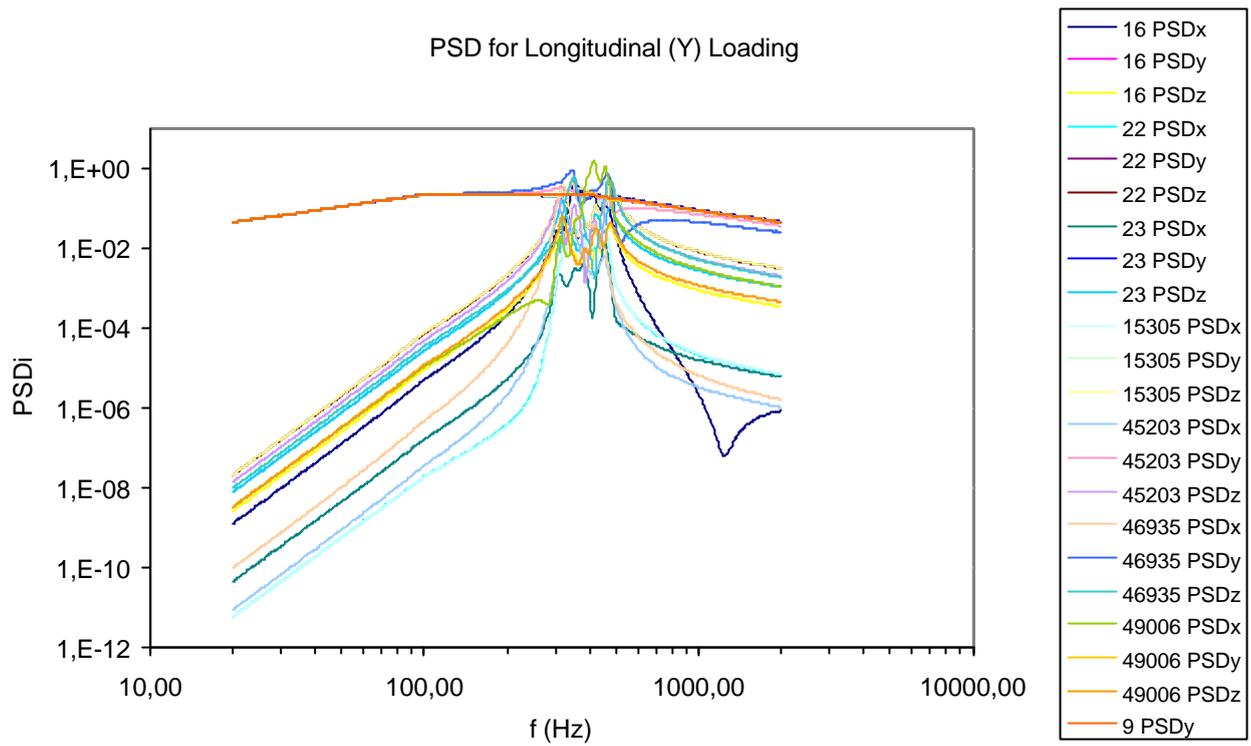


Figura 18- Resultados mostrando as cargas atuantes nos nós críticos da estrutura da caixa para carga na direção Y.

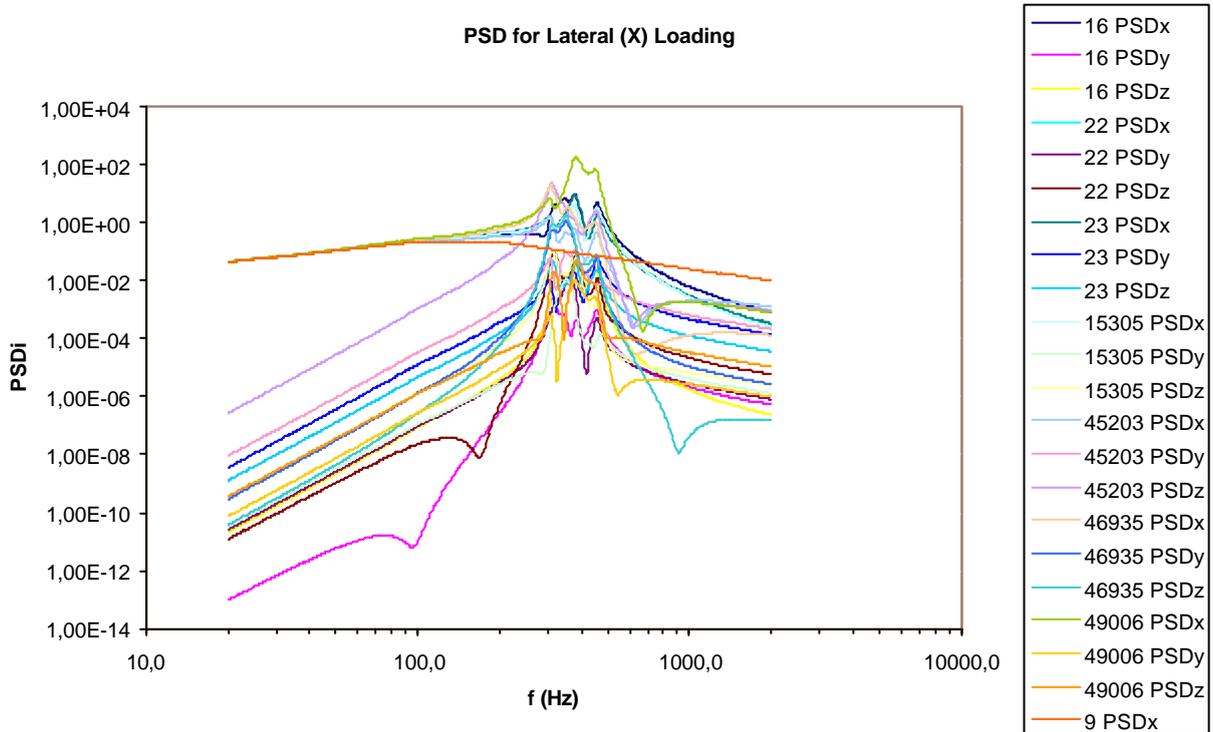


Figura 19 - Resultados mostrando as cargas atuantes nos nós críticos da estrutura da caixa para carga na direção X.

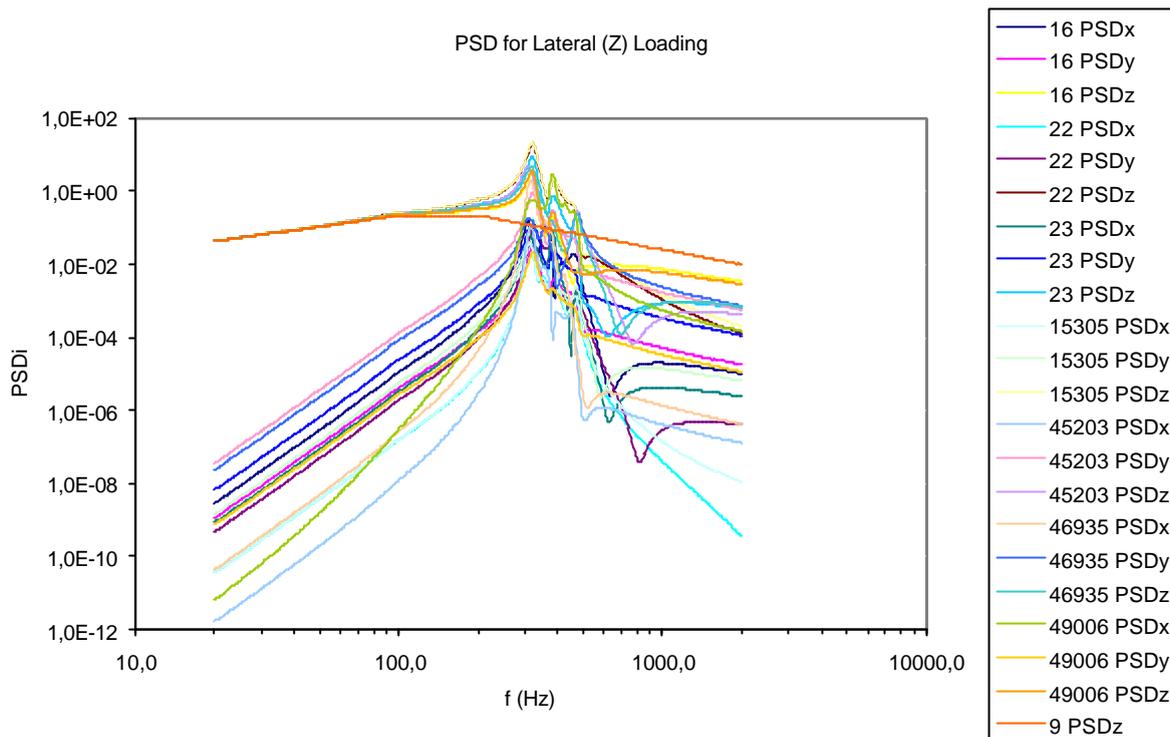


Figura 20 - Resultados mostrando as cargas atuantes nos nós críticos da estrutura da caixa para carga na direção Z.

Devido as restrições de peso do conjunto e a grande condutividade térmica, o material escolhido para a fabricação do experimento foi o alumínio. Quando os resultados dos esforços mecânicos sobre a caixa indicam a necessidade de alteração da geometria inicial para que as tensões permaneçam dentro de limites aceitáveis, as interferências no projeto térmico são avaliadas e a alteração é feita de forma a obter uma solução que não afete as funções principais dos componentes.

5. Conclusão

O projeto atual do sistema de bombeamento capilar proporciona as condições térmicas e estruturais requeridas para funcionamento do experimento, com uma fase crítica durante o início de operação. De acordo com resultados obtidos, não há risco de congelamento do fluido térmico ou mesmo colapso da bomba capilar tanto na fase de aquisição quanto em operação normal ao longo de uma órbita completa do satélite. Pontos críticos identificados na análise estrutural auxiliaram na reavaliação do projeto permitindo uma redução das tensões máximas a níveis admissíveis. Os resultados obtidos da simulação serão comprovados através dos testes de integridade e resistência mecânica. O sistema de bombeamento capilar apresenta desempenho satisfatório. Pesquisas prosseguem no sentido de resolver problemas ainda pendentes, relacionados com a presença de bolhas de vapor e gases não condensáveis no canal de alimentação da bomba capilar, que tem causado colapso no sistema. Resultados teóricos relativos ao comportamento térmico do CPL serão comparados com resultados experimentais, para validação e aprimoramento do programa de simulação computacional. Os dados experimentais serão importantes para a compreensão do funcionamento e desempenho da bomba capilar em condições de microgravidade. O sucesso do experimento deverá contribuir para a qualificação de bombas capilares projetadas e construídas na UFSC para aplicação espacial.

6. Referências

- Butler, D. "Overview of CPL and LHP Applications at NASA" Two Phase Technology '99 – Workshop on Ambient and Cryogenic Thermal Control Devices, 1999.
- Ku, J. "Overview of Loop Heat Pipe Operation" Two Phase Technology '99 – Workshop on Ambient and Cryogenic Thermal Control Devices, 1999.
- Khrustalev, D. "Small scale LHP with in situ metal wicks" Two Phase Technology '99 – Workshop on Ambient and Cryogenic Thermal Control Devices, 1999.
- Maidanik, Y.F., "State-of-the-Art of CPL and LHP Technology", 11th. International Heat Pipe Conference, Tokyo, 1999.
- Bazzo, E., Colle, S. and Groll, M. "Theoretical and Experimental Study of a CPL Using Freon 11 as the Working Fluid" RBCM Revista Brasileira de Ciências Mecânicas, Vol. XXI No.1 1999, pp. 17-28.
- Bazzo, E., Reimbrecht, E.G. and Fernandes, C.P. "Manufacturing Procedure and Porous Structure Characterization of Tubular Wicks", 11th. International Heat Pipe Conference, Tokyo, 1999.
- Bazzo, E., Mantelli, M.B.H., Vlassov, V. and Ochterbeck, J. A Proposed Conception of a Small Scale CPL Experiment for Testing under Microgravity", 4th. International Symposium of Small Satellites Systems and Services, Antibes France, 1998.
- Camargo, H.V.R. e Bazzo, E. "Comportamiento Termico e Hidrodinamico de Bombas Capilares con y sin Presencia de Gases no Condensables", CIT, Vol. 13 N° 1 - 2002.
- Reimbrecht, E.G., Philippi, P.C. and Bazzo, E., "Wick Characterization by Image Analysis", 30th ICES, Orlando, 2001.
- Reimbrecht, E. G., Fredel, M. C. e Bazzo, E.. "Fabricação de Elementos Porosos para Utilização em Bombas Capilares: Um Estudo Preliminar", Anais do 13° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência de Materiais, Curitiba, PR, 1998.
- Riehl, R.R., Reimbrecht, E.G., Camargo, H.V.R. and Bazzo, E. "Ground Testing and Thermodynamic Behaviour of a Capillary Pump Two-Phase Loop", 12th International Heat Pipe Conference, Moscou, Russia., 2002.
- Riehl, R.R., Bazzo, E. and Heinen, L. "DJF-Definition and Justification File", 2001.
- Varotto, S. and Quintino, M.M., "Environmental Specification", documento do INPE: FBM-TS-S-00-7033-C/1, São José dos Campos, 2000.

Thermal and Structural Analysis of a Capillary Pumping System Integrated to a Scientific Microsatellite for Testing Under Microgravity Environment

Edson Bazzo

ebazzo@emc.ufsc.br

Luciano Heinen

heinen@cet.ufsc.br

Marcelo Nogoese

marcelo@cet.ufsc.br

Marcelo Natale Junkes

marceloj@cet.ufsc.br

Roger Ribeiro Riehl

riehl@cet.ufsc.br

Federal University of Santa Catarina, Depto. Eng. Mecânica, CEP 88.040-900 Florianópolis SC

Abstract. *A thermal and structural analysis is performed for a capillary pumping system integrated to a micro satellite, in order to evaluate critical points associate to the performance, mechanical strength and eventual freezing of the working fluid. The experiment consists of a small two-phase heat transfer loop, consisting of one capillary evaporator, a condenser, vapor and liquid lines and one reservoir. A skin heater is installed to the reservoir to control the loop operation temperature. The capillary evaporator consists of a tubular porous sintered nickel powder inserted in a single aluminum tube. An absorber plate is integrated to the experiment in order to absorb solar energy as heat source. The analysis was performed using commercial codes. Particular codes were developed for thermal behavior analysis purpose only. Preliminary results are presented taking into account different parameters related to desired operation temperature and heat loads.*

Keywords. *capillary pump, capillary evaporator, CPL, two-phase heat transfer*