

# DESENVOLVIMENTO DE DISSIPADORES DE CALOR BASEADOS EM MULTI-MICROCANAIS POR IMPRESSÃO 3D VISANDO O ESTUDO DA NUCLEAÇÃO DE BOLHAS EM CONDIÇÕES CONFINADAS

Hugo Carreira Rufato

Tiago Augusto Moreira

Gherhardt Ribatski

Universidade de São Paulo/ Escola de Engenharia de São Carlos

hugoc.rufato@usp.br

## Objetivos

Dissipadores de calor baseados na ebulição convectiva em multi-microcanais vem se tornando um consenso na indústria e academia como solução para a remoção de elevados fluxos de calor em espaços restritos (LEAO *et al.*, 2015). No entanto, a nucleação de bolhas em condições confinadas, presente nesses dissipadores, promove instabilidades térmicas no escoamento que causam efeitos de mal distribuição do fluido refrigerante, como o escoamento reverso na entrada dos microcanais demonstrado na figura 1 de Bogojevic *et al.* (2008), podendo levar a danos irreversíveis ou a falha crítica do dispositivo resfriado (BOURE *et al.* 1973; TIBIRIÇÁ *et al.*, 2015). O presente trabalho se insere no contexto de desenvolver protótipos destes dissipadores por meio de manufatura aditiva que permitam estudar o efeito da nucleação de bolhas em condições confinadas utilizando a injeção de ar através da base dos microcanais em meio ao escoamento de água como forma de mimetizar o fenômeno de crescimento de bolhas.

## Métodos e Procedimentos

Projetou-se 6 seções de testes compostas por 20 microcanais paralelos e retangulares com 0.4x1mm<sup>2</sup> (largura e altura), espaçados por aletas de 1mm de largura e comprimento total de 40mm, das quais 3 são representadas na figura 2. Neste projeto é possível notar que as 3 peças diferem entre si apenas na disposição dos

pontos de injeção de ar, indicados por pontos pretos nesta figura, e que consistem em furos com diâmetros de 0,2 mm. A partir destes furos será injetado ar em condições controladas em meio ao escoamento de água provindo do plenum de entrada. Busca-se assim emular a nucleação de bolhas em diferentes regiões ao longo do dissipador.

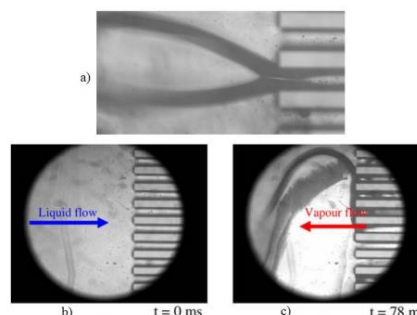


Figura 1 – Escoamento reverso na entrada dos microcanais (BOGOJEVIC *et al.*, 2008)

Segundo Szczukiewicz *et al.* (2013b), para restrições com proporção equivalente a 2 (largura do canal por largura da restrição) há redução do efeito de instabilidades e de fluxo reverso, o que favorece a uniformidade na distribuição de fluido em dissipadores de calor compostos por microcanais (CHÁVEZ TORO, 2017), assim, nas seções representadas na Fig.1 foram projetadas restrições na entrada de fluido (fator único que as difere das outras três

seções). Por meio de manufatura aditiva em ABS, com impressora 3D (Stratasys F170), as diferentes seções de testes foram fabricadas e montadas conforme representado na figura 2, de forma a permitir a visualização para posterior filmagem do escoamento (possível devido à peça em borosilicato).

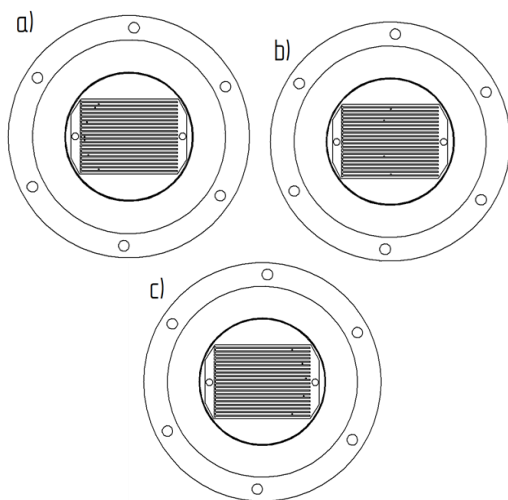


Figura 2: Diagrama esquemático das seções de testes com restrições na entrada de fluido à esquerda.



Figura 3: Vista explodida da montagem à esquerda e peça fabricada por manufatura aditiva em ABS à direita.

## Resultados

Após a manufatura e realização de testes, notou-se o não estancamento da superfície das peças devido ao método de fabricação utilizado. Assim, para reduzir a porosidade, as peças passaram por um processo de infusão de resina à vácuo. Obteve-se então, ao final do processo, as seções de testes estanques.

## Conclusões

Durante o desenvolvimento da pesquisa, diferentes seções de testes foram projetadas, fabricadas (por meio de impressão 3D) e estancadas (utilizando a técnica de infusão de resina à vácuo). Os próximos passos consistem na montagem da bancada experimental para aquisição e posterior tratamento das imagens de nucleação de bolhas em meio ao escoamento da água.

## Referências Bibliográficas

- BOGOJEVIC, D. et al. **Two-phase flow instabilities in microchannels**. ECI International Conference on Heat Transfer and Fluid Flow in Microscale, Whistler, Canada, 21-26 September 2008. **Anais...**2008
- BOURE, J. A.; BERGLES, A. E.; TONG, L. S. Review of two-phase flow instability. *Nuclear engineering and design*, v. 25, n. 2, p. 165–192, 1973.
- CHÁVEZ TORO, C. A. **Transferência de calor e perda de pressão durante a ebulição convectiva de hidrocarbonetos em um dissipador de calor baseado em multi-microcanais**; Universidade de São Paulo, 2017.
- LEAO, H. L. S. L. et al. An analysis of the effect of the footprint orientation on the thermal-hydraulic performance of a microchannels heat sink during flow boiling of R245fa. **Applied Thermal Engineering**, v. 90, p. 907–926, 2015.
- SZCZUKIEWICZ, S.; BORHANI, N.; THOME, J. R. Two-phase flow operational maps for multi-microchannel evaporators. **International Journal of Heat and Fluid Flow**, v. 42, p. 176–189, 2013b.
- TIBIRIÇÁ, C. B.; RIBATSKI, G. Flow boiling phenomenological differences between micro- and macroscale channels. *Heat Transfer Engineering*, v. 36, n. 11, p. 937–942, 2015.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESP pelos auxílios modalidade bolsa, processos no 2016/16849-3 e 2020/14819-5, e ao auxílio modalidade temático, processo nº 2019/08577-1. Os autores também agradecem a CAPES por financiar em parte este estudo – Código de financiamento 001.