

AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO DO ÂNGULO DE CONTATO DE BOLHAS EM ESCOAMENTOS CISALHANTES EM MICROGRAVIDADE

Ana Elisa Leonel Ferreira¹

Catherine Colin²

Gherhardt Ribatski¹

Universidade de São Paulo¹, Institut National Polytechnique de Toulouse²

aeleonel@usp.br

Objetivos

O fenômeno da ebulição se verifica em um amplo número de aplicações, como a conversão de energia, aplicações ambientais, indústria de alimentos e processos químicos, e no setor aeroespacial. Assim, há necessidade de uma melhor compreensão desse fenômeno. Devido a sua complexidade, a maioria dos estudos nesta área são experimentais, apresentando caráter empírico. Autores propuseram correlações para avaliar o coeficiente de transferência de calor com base nas propriedades termofísicas do fluido e da superfície. No entanto, o elevado número de mecanismos físicos que governam o processo restringe a generalização desses métodos de previsão. Portanto, estudos que permitam isolar particularidades do fenômeno e analisá-lo de um ponto de vista fundamental são de grande valor. Neste contexto, ensaios em condições de microgravidade permitem eliminar efeitos de empuxo termicamente induzidos, possibilitando uma melhor análise de efeitos de termocapilaridade, microconvecção induzida pelas bolhas e de difusão térmica transitória, entre outros. Portanto, ensaios em condições de microgravidade possibilitam uma melhor avaliação e compreensão dos efeitos de tensões naturais (e.g. pressão estática e capilaridade) e/ou tensões impostas (e.g.

cisalhamento e eletrostática) no processo de ebulição.

Métodos e Procedimentos

O presente estudo envolveu a análise de dados de Experimentos de Ebulição Multiescala da ESA, conduzido na Estação Espacial Internacional e disponibilizadas pelo Instituto de Mecânica dos Fluidos de Toulouse. Estes experimentos tinham como objetivo investigar os fenômenos de ebulição em microgravidade sob várias condições, incluindo a presença ou ausência de fluxo de cisalhamento e um campo elétrico. Um substrato aquecido na base da célula de teste gerou um perfil de temperatura no volume de líquido acima dele. Um feixe de laser, direcionado a uma microcavidade específica no centro do substrato, iniciou a nucleação de uma bolha isolada. Dependendo das forças aplicadas, a bolha deslizava sobre ou se desprendia da superfície, destacando-se da cavidade para a formação de novas bolhas. O crescimento das bolhas foi examinado por meio de imagens de vídeo em tons de cinza. Um algoritmo de pós-processamento de imagem foi especificamente desenvolvido para: a) detectar as bordas das bolhas e b) usar essas bordas para estimar suas características geométricas, como o diâmetro da linha de contato com a superfície, o diâmetro total da

bolha e os ângulos de contato. Outro código foi desenvolvido para analisar o balanço de forças ilustrado na Figura 1, atuando sobre as bolhas. Isso envolveu o cálculo das previsões teóricas dos ângulos de contato e a comparação desses valores teóricos com os medidos experimentalmente. Avaliaram-se os ângulos de contato médios, definido como a média aritmética entre os ângulos de contato, e a histerese, diferença entre os ângulos de avanço e recuo, derivada do processamento de imagens em tons de cinza em comparação com os valores previstos por modelos teóricos.

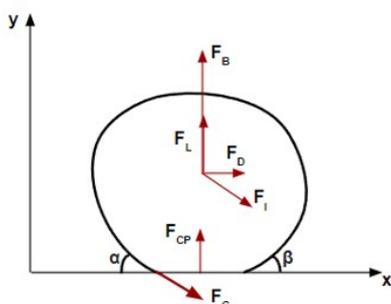


Figura 1: Forças que atuam na bolha

Resultados

As Figuras 2 e 3 ilustram comparações entre os resultados experimentais e simulados para o ângulo de contato médio e a histerese para a ebulição a uma pressão de 1000 mbar e vazão volumétrica de 500 ml/min.

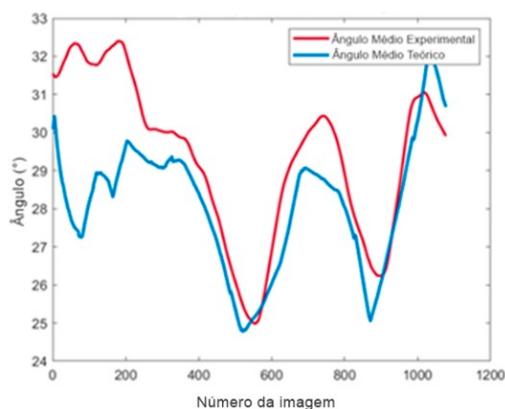


Figura 2: Comparação do ângulo médio

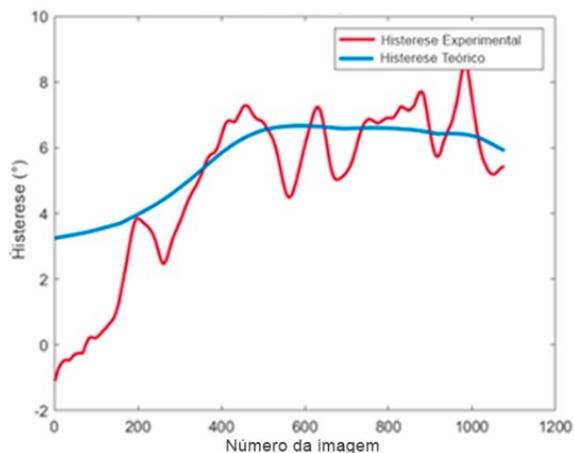


Figura 3: Comparação da histerese

Conclusões

A partir das Figuras 1 e 2 nota-se que, de forma geral, o modelo é capaz de capturar o comportamento médio e a tendência dos resultados experimentais, falhando no caso de fenômenos transitórios.

Agradecimentos

À FAPESP pelo suporte financeiro o qual viabilizou este estudo. E ao Instituto de Mecânica dos Fluidos de Toulouse por seu comprometimento e suporte a essa parceria.

Referências

- Matana-Aguiar, G., Ribatski, G. An experimental study on flow boiling in microchannels under heating pulses and a methodology for predicting the wall temperature fluctuations. **Applied Thermal Engineering**, v. 159, p. 113851, 2019.
- A. Sielaff et al. The multiscale boiling investigation on-board the International Space Station: An overview. **Applied Thermal Engineering**, v. 205, p. 117932, 2022.