

CARACTERIZAÇÃO INSTANTÂNEA DO FILME LÍQUIDO EM ESCOAMENTO BIFÁSICO AR-ÁGUA, ANULAR, HORIZONTAL, EMPREGANDO TÉCNICAS ÓPTICAS ESTEREOSCÓPICAS DE ALTA FREQUÊNCIA

Carlos Eduardo Rodrigues, Bruno Dreux, Paula S. Cordeiro de Farias e Luiz Fernando A. Azevedo
PUC-RIO, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Curso de Engenharia Mecânica
Rua Marques de São Vicente, 225 – Gávea – CEP 22453-900 – Rio de Janeiro
E-mail para correspondência: Lfaa@puc-rio.br

Introdução

Uma das principais questões ainda não resolvidas sobre escoamento bifásico horizontal líquido-gás em regime anular está relacionada ao mecanismo físico responsável pela formação da fina camada de líquido na parte superior do tubo. Este tipo de escoamento está presente em diversas atividades industriais, como por exemplo, em reatores nucleares, evaporadores, condensadores e dutos de processos químicos. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma técnica de visualização estereoscópica para reconstruir a seção transversal do filme de líquido em um escoamento bifásico horizontal ar-água, em regime anular. Por possibilitar a visualização transversal instantânea, a técnica aplicada fornece informações qualitativas e quantitativas originais sobre o escoamento.

Metodologia

Foi utilizada a técnica PLIF (*Planar Laser Induced Fluorescence*), na qual o escoamento é iluminado com um plano de laser com alta taxa de repetição, e se baseia no princípio de fluorescência (Rodríguez e Shedd, 2004). Uma substância, Rhodamina B, é adicionada ao fluido que, ao ser iluminado pela luz verde do laser, fluoresce emitindo luz em um comprimento de onda superior. Foram utilizadas duas câmeras digitais de alta velocidade posicionadas a 45° em relação à seção de teste, registrando imagens com uma resolução de 1280x1024 pixels. Para bloquear a luz verde refletida na interface água-ar, que gera problemas de visualização, é necessária a utilização de filtros ópticos de banda passa alta na frente de cada câmera. O arranjo óptico montado é ilustrado na Fig. 1.

Foram capturadas 6500 imagens, com frequências de 250 Hz e 2000 Hz, em cada experimento. Para reduzir distorções ópticas geradas por diferentes índices de refração, foi usado um tubo de FEP (*Fluorinated Ethylene Propylene*), um material com um índice de refração muito próximo ao da água (Hewitt *et al.*, 1990). O escoamento se desenvolveu ao longo de um tubo com 4 m de comprimento e 15,8 mm de diâmetro.

Um procedimento de calibração inicial é realizado para calcular o polinômio de distorção das imagens obtidas com as câmeras da esquerda e da direita. Esse polinômio é calculado em um algoritmo desenvolvido em MATLAB® que utiliza a informação de uma malha de pontos conhecida na face do calibrador introduzido inicialmente na seção, como pode ser visto na Fig. 2.

Após a correção da distorção das imagens da direita e da esquerda, estas são unidas, sofrem uma equalização do histograma e uma máscara é aplicada sobre elas para remover partes da imagem fora do tubo, utilizando outro algoritmo desenvolvido em MATLAB®. Um exemplo típico do processamento das imagens pode ser visto na Fig. 3.

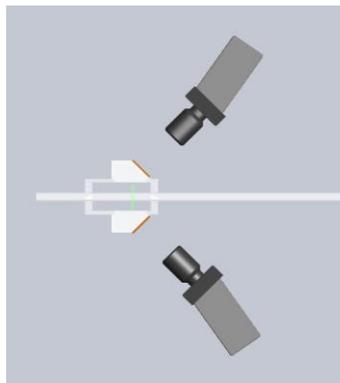


Figura 1 – Visão esquemática do arranjo óptico montado

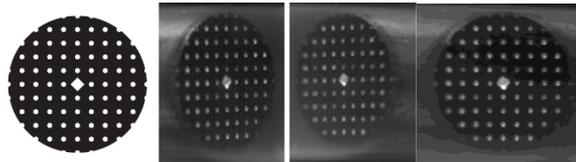


Figura 2 – Alvo de calibração, imagens do alvo capturadas pelas câmeras da direita e da esquerda e imagem das câmeras distorcidas pela aplicação do polinômio e unidas

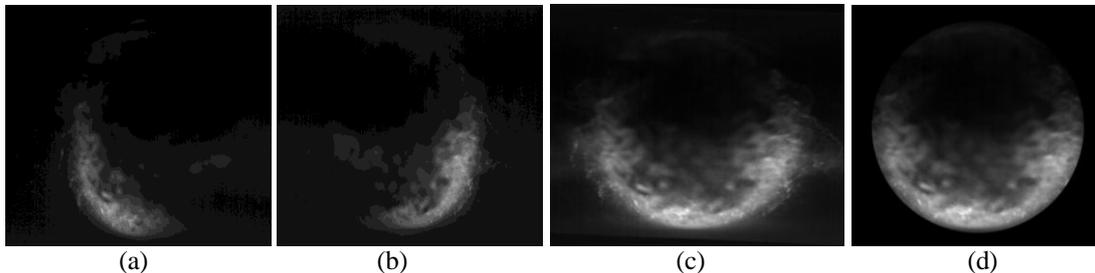


Figura 3 – (a/b) Imagens capturadas pelas câmeras da direita e da esquerda (c) Imagem formada pelas imagens distorcidas e unidas (d) Imagem após a aplicação da máscara

Resultados

Ao todo, 15 pares de vazões de ar e água para o escoamento anular horizontal foram estudados. Estes pares foram escolhidos de acordo com o mapa de padrão de escoamento de Taitel e Dukler (1976). A técnica desenvolvida permite que a espessura de filme líquido seja calculada instantaneamente em toda a circunferência do tubo. A Figura 4 apresenta uma concordância excelente entre o espectro de energia das ondas utilizando a técnica de visualização estereoscópica apresentada e a técnica de visualização longitudinal (Tavares P. *et al.*, 2009) onde apenas a imagem do filme inferior é registrada.

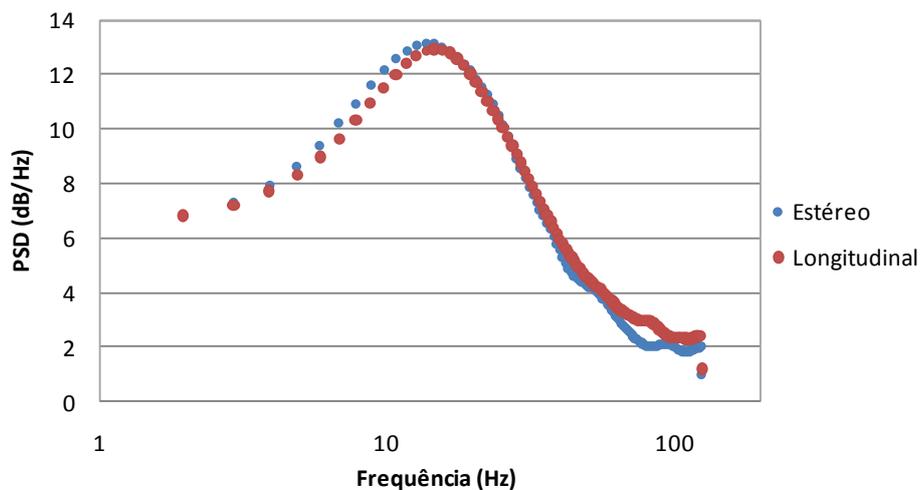


Figura 4 – Comparação entre as densidades de espectros de frequência da visualização longitudinal e estereoscópica

Conclusões

A técnica empregada permite uma visualização transversal instantânea de todo o tubo, o que auxilia no entendimento das dinâmicas do escoamento e permite a comparação com diversos estudos da literatura.

Referências Bibliográficas

- Hewitt, G. F., Jayanti, S. e Hope, C. B.. “Structure of thin Liquid films in Gas-Liquid Horizontal Flow”. Int.J.Multiphase Flow. Vol. 16. 1990.
- Rodríguez, D. J. e Shedd, T. A.. “Cross-sectional imaging of the film in horizontal two-phase annular flow”. ASME Heat Transfer/Fluids Engineering Summer Conference, Charlotte, North Carolina, USA. July 2004.
- Taitel, Y., Dukler, A.E., “A model for predicting flow regime transitions in horizontal and near horizontal gas – liquid flow”. AIChE Journal, 22 (1), 47 – 55, 1976.
- Tavares P., Farias P. e Azevedo L., “Estudo da Estrutura do Escoamento Bifásico Horizontal Líquido-Gás em Regime Anular Empregando Métodos Ópticos”. CREEM 2009.