

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

**Aluno: Carlos Eduardo Rodrigues**  
**Orientador: Luiz Fernando Alzuguir Azevedo**

## 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. 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 [2]. 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 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 [1]. O escoamento se desenvolveu ao longo de um tubo com 4 m de comprimento e 15,8 mm de diâmetro.

Foi calculado um polinômio de calibração 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 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.

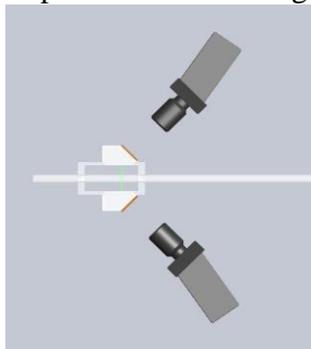


Figura 1: Visão esquemática do arranjo óptico montado

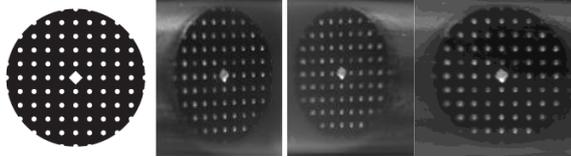


Figura 2: Alvo de calibração, imagens do alvo capturadas pelas câmeras da direita e da esquerda e imagem das câmeras distorcidas pela aplicação do polinômio e unidas

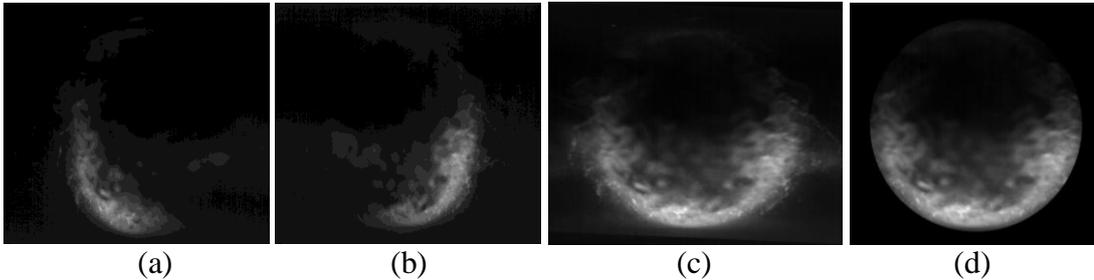


Figura 3: (a/b) Imagens capturadas pelas câmeras da direita e da esquerda (c) Imagem formada pelas imagens distorcidas e unidas (d) Imagem após a aplicação da máscara

## 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 um mapa de padrão de escoamento [3]. A técnica desenvolvida permite que a espessura de filme líquido seja calculada instantaneamente em toda a circunferência do tubo. Os resultados obtidos utilizando a técnica de visualização estereoscópica foram coerentes com aqueles obtidos pela técnica de visualização longitudinal [4], onde apenas a imagem do filme inferior é registrada.

## 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

- 1 - Hewitt, G. F., Jayanti, S. & Hope, C. B. Structure of thin Liquid films in Gas-Liquid Horizontal Flow. **Int.J.Multiphase Flow**, Vol. 16, 1990.
- 2 - Rodríguez, D. J. & 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.
- 3 - 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.
- 4 - Tavares P., Farias P. e Azevedo L. Estudo da Estrutura do Escoamento Bifásico Horizontal Líquido-Gás em Regime Anular Empregando Métodos Ópticos. CREEM, 2009.