

ESTUDO SOBRE ESCOAMENTO ANULAR HORIZONTAL BIFÁSICO AR-ÁGUA EMPREGANDO TÉCNICAS ÓPTICAS

Aluno: Bruno Dreux

Orientador: Luiz Fernando Alzuguir Azevedo

Introdução

O escoamento anular bifásico líquido-gás tem durante décadas intrigado diversos pesquisadores. Uma das principais questões ainda não resolvidas sobre este escoamento está relacionada ao mecanismo físico responsável pela sustentação da fina camada de líquido na parte superior interna do tubo. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma técnica não intrusiva, capaz de medir propriedades quantitativas do escoamento bifásico anular ar-água.

Metodologia

A técnica *PLIF* – *Planar Laser Induced Fluorescence* – e a técnica *PIV* - *Particle Image Velocimetry* – foram selecionadas para a visualização e extração do campo de velocidade do escoamento. A primeira trata-se de uma técnica que utiliza uma substância fluorescente que ao receber luz de comprimento de onda verde emite luz em um comprimento de onda superior, vermelho. A iluminação do escoamento é feita por plano de laser monocromático [1]. A segunda técnica consiste em colocar na fase líquida partículas traçadoras fluorescentes de pequeno diâmetro que devem acompanhar fielmente o escoamento. A região onde se deseja medir a velocidade do escoamento é iluminada com o plano de laser e as imagens são capturadas por uma câmera situada em posição ortogonal à seção de testes. Duas imagens são adquiridas num pequeno intervalo de tempo e armazenadas no computador. As imagens armazenadas são divididas em pequenas áreas, chamadas de janelas de interrogação, que são tratadas por métodos estatísticos (correlação cruzada) para determinação do deslocamento das partículas e, por conseguinte, o campo de velocidade desejado. Em ambas as técnicas foram usados um filtro óptico passa alta, para evitar a presença de luz verde refletida na interface água-ar, que gera problemas de visualização e uma câmera digital de alta velocidade posicionada perpendicularmente à seção de testes.

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 [2]. O escoamento se desenvolveu em duas seções, uma com um tubo de 4 m de comprimento e 15,8 mm de diâmetro e outra com um tubo de 11 m de comprimento e 50,4 mm de diâmetro.

Para calcular a espessura de filme no *PLIF*, foi realizada uma calibração, introduzindo um calibrador de geometria conhecida no tubo. As imagens capturadas foram processadas usando algoritmos em MATLAB®. A cada imagem foi aplicada uma equalização de histograma, com o objetivo de aumentar o contraste, seguida por uma binarização. Após esses procedimentos, a espessura de filme foi extraída, em duas posições axiais pré-determinadas.

A Fig. 1a ilustra um exemplo de uma imagem de *PLIF* original, e a Fig. 1b apresenta esta mesma imagem com a posição da interface ar-água, calculada pelo programa, em toda a imagem. Na mesma figura, uma ilustração do tubo indica a posição onde as imagens do escoamento foram capturadas. A Fig. 1c ilustra uma imagem das partículas traçadoras em uma solução líquida. Imagens como esta foram capturadas com o objetivo de identificar o diâmetro de partículas e lentes objetivas ideais para a captura do campo de velocidade do escoamento anular, que fará parte da próxima etapa do projeto.

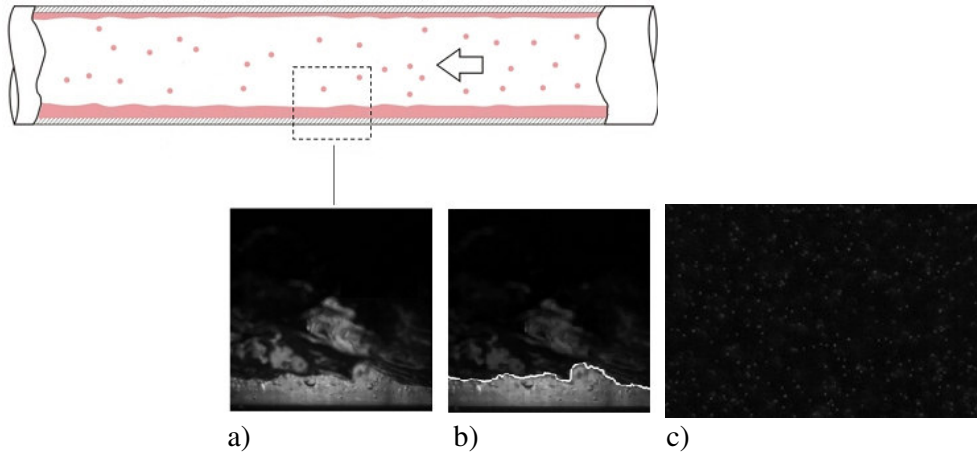


Figura 1: a) Imagem original capturada pela técnica *PLIF*. b) interface ar-água calculada superposta à imagem original. c) Imagem das partículas traçadoras.

Resultados

Resultados do filme líquido inferior foram coletados para diferentes vazões de líquido e gás dentro do padrão anular para as duas seções de testes. O espectro de energia das ondas foi obtido através da análise individual do sinal da espessura do filme, utilizando a Transformada de Fourier [3-5]. A velocidade de onda foi calculada a partir da correlação cruzada entre os sinais de espessura de filme extraído das duas sondas axiais.

A técnica de *PIV* aplicada ao escoamento anular encontra-se em fase de desenvolvimento, e etapa do projeto encontra-se na escolha da melhor partícula, lentes objetivas e óptica a serem utilizadas. Além disso, encontra-se dificuldade de medir o campo de velocidade em um escoamento onde a fase líquida tem dimensões milimétricas.

Conclusões

Os resultados obtidos permitiram a correlação entre a frequência e velocidade das ondas com parâmetros globais do escoamento. Além disso, estes são coerentes com outros resultados presentes na literatura, validando a técnica desenvolvida.

Referências

- 1 - Dreux, B. B., Rodrigues, C.E., Farias P. S. C. e Azevedo L. F. A. Caracterização do Filme Líquido em Escoamento Anular Horizontal Ar-Água Empregando Técnicas Ópticas. **CREEM**, 2010.
- 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 - 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.
- 4 - Jayanti, S., Hewitt, G. F. & White, S. P. Time-Dependent Behaviour of The Liquid Film in Horizontal Annular Flow. **Int. J. Multiphase Flow**, Vol. 16, 1990.
- 5 - Paras, S. V. & Karabelas, A. J. Properties of the liquid layer in horizontal annular flow. **Int. J. Multiphase Flow**, Vol. 17, 1991.