

ESTUDO EXPERIMENTAL DE ESCOAMENTOS BIFÁSICOS EM DUTO HORIZONTAL INCLINÁVEL USANDO UMA TÉCNICA DE VISUALIZAÇÃO

Livia Alves de Oliveira, José Luiz Horácio Faccini, Jurandyr Cunha Filho e Jian Su
Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

INTRODUÇÃO

O estudo de escoamentos multifásicos é extremamente importante para a engenharia de reatores nucleares e diversas outras áreas da engenharia como a de petróleo e gás natural. Com o direcionamento atual das pesquisas voltado para o desenvolvimento e projeto de reatores nucleares intrinsecamente seguros e confiáveis, torna-se fundamental o conhecimento pelo projetista da dinâmica destes escoamentos, tanto no sistema primário como no sistema secundário, nos reatores. E também a realização de experimentos que permitam confirmar os cálculos de projeto, e validar os códigos computacionais usados para prever as condições operacionais e de acidentes. Assim também diversas indústrias da área química necessitam conhecer a interface entre soluções diferentes que escoam numa mesma tubulação, e como conseqüência saber a quantidade de cada uma delas. Trocadores de calor devem ter um fluido refrigerante com baixa taxa de vapor sendo recomendável seu monitoramento, uma vez que quanto maior a quantidade de vapor em seu interior menor a sua eficiência na refrigeração. Em particular, os escoamentos bifásicos gás-líquido têm sido muito estudados nos últimos anos por cientistas e pesquisadores interessados no desenvolvimento de modelos teóricos, capazes de prever o comportamento destes escoamentos em termos de seus parâmetros mais relevantes e de suas estruturas físicas. As velocidades das fases gás e líquido, a evolução dessas fases durante os escoamentos, as posições das interfaces gás-líquido, são alguns exemplos de parâmetros e de estruturas que requerem cuidadosos estudos experimentais e teóricos, [1], [2].

OBJETIVO

No presente trabalho é realizado um estudo experimental de visualização de escoamentos bifásicos água-ar, em regime de escoamento intermitente, em um tubo horizontal inclinável de seção circular com 25,6 mm de diâmetro interno. O experimento foi realizado para escoamentos horizontais ($\beta = 0^\circ$) e ascendentes ($\beta = 5^\circ$ e $\beta = 10^\circ$). As velocidades superficiais de líquido variaram de 0,22 m/s a 1,08 m/s e as velocidades superficiais do gás variaram de 0,77 a 2,07 m/s. O estudo consiste em filmar uma mistura água-ar que passa por um trecho transparente de acrílico, utilizando uma filmadora de alta velocidade. Em seguida, as imagens obtidas da filmagem são analisadas quadro a quadro, e desta análise são obtidas as velocidades das bolhas de gás e seus respectivos comprimentos. Então, estes dados são verificados com o auxílio de correlações experimentais e teóricas disponíveis na literatura.

A técnica de visualização por filmagem em altas velocidades tem sido largamente utilizada nos escoamentos bifásicos gás-líquido, desde a simples observação visual de padrões destes escoamentos até para medição de seus parâmetros mais relevantes. Muitas vezes ela é utilizada junto com outras técnicas: Morala et al. [3] empregaram esta técnica combinada com uma técnica ultra-sônica, Fairholm et al. [4] e Mishima et al. [5] utilizaram-na em conjunto com neutrografia. Sendo um método não-invasivo, a técnica de visualização permite que o sistema em análise não sofra influências externas. Este estudo tem a intenção de complementar estudos anteriores e contribuir para análises e estudos futuros na área de escoamentos bifásicos.

METODOLOGIA

O sistema experimental é composto por uma seção de testes formada por um misturador, uma tubulação horizontal inclinável, um circuito de água, um circuito de ar comprimido, um tanque de expansão e um sistema de visualização formado por uma câmera digital e um computador, como pode ser observado na Figura 1.

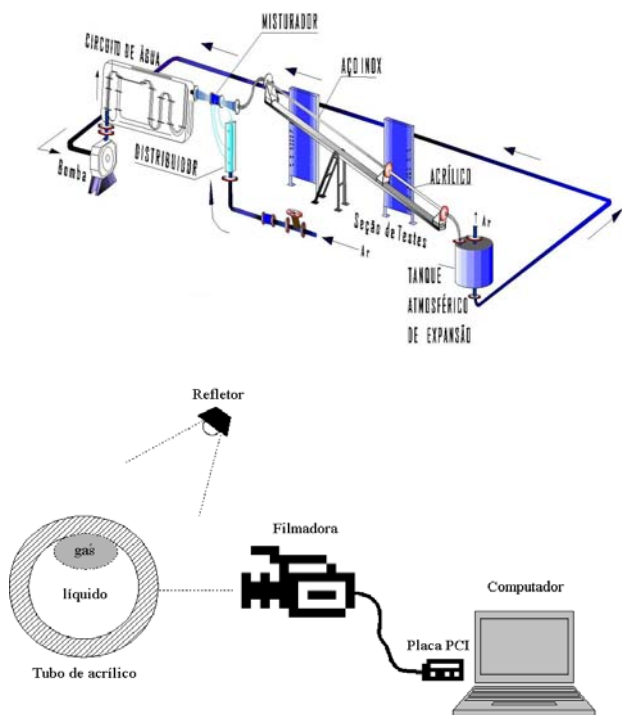


Figura 1 - Equipamento experimental.

As velocidades e os comprimentos das bolhas alongadas foram calculadas com o auxílio do programa de aquisição e análise de imagens do sistema de visualização através da relação entre a distância do nariz ou da cauda, conforme o caso, em relação ao ponto de referência e o tempo decorrido.

RESULTADOS

Alguns resultados das velocidades e comprimentos das bolhas alongadas obtidos para os ângulos de inclinação de 0° e 5° são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 - Resultados experimentais das velocidades e dos comprimentos das bolhas alongadas.

Velocidades Superficiais (m/s)	V_{MB} (m/s)	δV_{MB} (m/s)	L_{MB} (m)	δL_{MB} (m)	N
$\beta = 0^\circ$					
$U_{LS} = 0,49$ $U_{GS} = 1,59$	1,58	0,10	0,78	0,27	10
$U_{LS} = 1,08$ $U_{GS} = 0,77$	2,05	0,10	0,14	0,04	10
$\beta = 5^\circ$					
$U_{LS} = 0,22$ $U_{GS} = 1,59$	1,34	0,07	1,50	0,57	116
$U_{LS} = 0,49$ $U_{GS} = 1,50$	1,61	0,05	0,76	0,31	136

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam uma adequação dos procedimentos experimentais para determinação das velocidades e dos comprimentos das bolhas de gás, através da técnica de visualização utilizada neste trabalho. Entretanto, uma quantidade maior de dados experimentais faz-se necessária para uma melhor validação da técnica empregada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Wallis, G. B. One-dimensional Two-Phase Flow, McGraw Hill Book Company (1969).
- [2] Whalley, P. B. Two-Phase Flow and Heat Transfer, Oxford Chemistry Primers, 42, Oxford Science Publications, Oxford (1996).
- [3] Morala, E. C., Cheong, D., Wan, P. T., Irons, G. A. and Chang, J. S. "Ultrasonic Wave Propagations in a Bubbly Gas-Liquid Two-Phase Flow", Multi-Phase Flow and Heat Transfer III, Part A: Fundamentals (1984).
- [4] Fairholm, W. H., Harvel, G. D., Campeau, J. C. and Chang, J. S. "Visualization of Two-Phase Interfaces in Natural Circulation by Real-Time Neutron Radiography", Proc. Nat. Heat Transfer Conf., Minneapolis, Minnesota, July 28-31, p. 199, ANS (1991).
- [5] Mishima, K., Hibiki, T. and Nishihara, H. "Visualization and Measurement of Two-Phase Flow by Using Neutron Radiography", Nuclear Engineering and Design, 175, pp. 25-35 (1997).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq, CAPES e FAPERJ