

## GRADIENTE DE PRESSÃO E PADRÕES DE ESCOAMENTO PARA FLUXOS BIFÁSICOS DE ÁGUA E AR EM TUBOS HORIZONTAIS

João Pedro Vancim Moreira<sup>1,2</sup>

Andres F Eslava S<sup>1</sup>

Florisvaldo E Boni F<sup>1</sup>

Prof. Gherhardt Ribatski<sup>1</sup>

Universidade de São Paulo<sup>1</sup>, Universidade Federal de São Carlos<sup>2</sup>

joaovancim@estudante.ufscar.br

### Objetivos

O presente estudo trata do levantamento de resultados experimentais para o gradiente de pressão durante escoamentos bifásicos de água e ar. Estes são comparados com o método de previsão de Chisholm (1967). Ademais, são também levantados resultados para os padrões de escoamento, os quais serão comparados com o mapa proposto por Mandhane et al. (1974).

Ensaio foram realizados para velocidades superficiais da água e do ar, respectivamente, entre 1,0 m/s e 3,5 m/s  $\pm$  (0,1%) e 0,047 m/s e 14,8 m/s  $\pm$  (2,0%)

### Métodos e Procedimentos

A Figura 1 apresenta um diagrama esquemático do aparato experimental. Nela, água a 40,0°C  $\pm$  (0,12%) é deslocada a partir do reservatório para a seção de testes por uma bomba de deslocamento positivo, cuja rotação é controlada por um variador de frequência e a vazão do líquido medida por meio de um medidor de vazão mássica de Coriolis com incerteza de 0,1% da medida. A seção de testes consiste em um canal circular em aço inoxidável 316 com 9,25m de comprimento e diâmetro interno de 14,7 mm, dividido em 4 segmentos. Entre cada segmento há uma seção de visualização transparente de forma a

possibilitar a visualização do escoamento. A montante do primeiro segmento, há um injetor de ar de forma a estabelecer o escoamento bifásico. A vazão de ar comprimido, fornecida pela linha do laboratório, é determinada e avaliada por meio dos rotâmetros 1, 2, 3 e 4 com a incerteza máxima de 2,0% fundo de escala. O gradiente de pressão ao longo do segundo segmento foi avaliado como a razão entre a pressão diferencial fornecida por um transdutor diferencial de pressão Emerson/Rosemount 3051CD com incerteza de 0,4% fundo de escala e o comprimento do segmento igual a 2 m. Imagens do escoamento foram registradas ao final do segundo segmento da seção de testes por meio de uma câmera Phantom v.2012 de alta velocidade e avaliadas visualmente considerando as definições de padrões apresentadas em Mandhane et al. (1974).

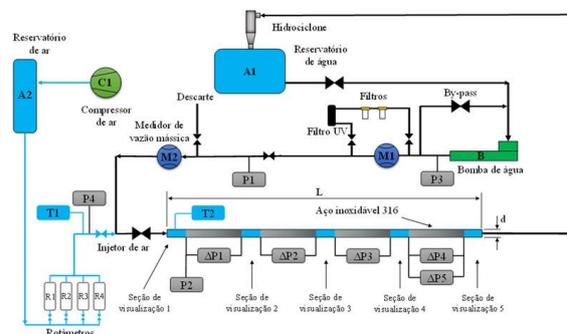


Figura 1: Aparato Experimental.

De forma a validar o aparato e o procedimento experimental, resultados para escoamento monofásico da água foram levantados e comparados com previsões por meio dos métodos de Churchill (1977), verificando-se diferenças inferiores a 4%.

## Resultados

Segundo a Figura 2 o gradiente de pressão se eleva com o incremento das velocidades superficiais da água e do ar. Gradientes de pressão superiores foram observados para os padrões pistonado e bolhas alongadas, correspondendo a velocidades da mistura bifásica superiores, considerando as condições avaliadas no presente estudo, nota-se na Figura 3 que o método de Chisholm (1967) prevê cerca de 94% dos dados de perda de pressão com erro entre  $\pm 2\%$ . Ademais, nota-se que o método fornece previsões satisfatórias independentemente do padrão de escoamento.

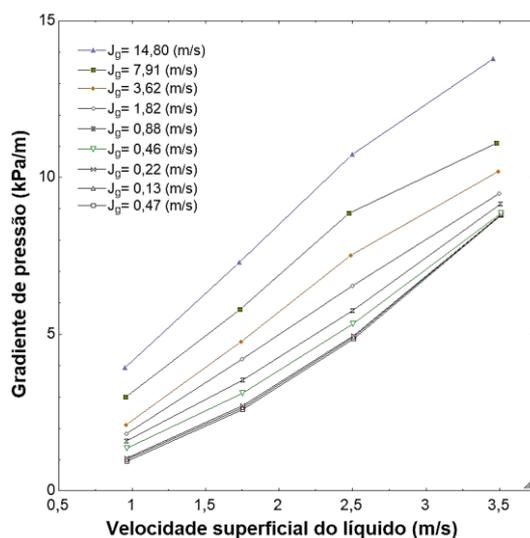


Figura 2: Comportamento do gradiente de pressão com a variação das velocidades superficiais da água e do ar.

O mapa de padrões de escoamento proposto por Mandhane et al. (1974) previu corretamente 91% dos dados levantados neste estudo, mostrando-se adequado para a previsão dos padrões para escoamentos horizontais água-ar no interior de tubos.

## Conclusões

A partir deste estudo é possível extrair as seguintes conclusões: (i) os métodos de previsão de Chisholm (1967) e Mandhane et al. (1974) previram adequadamente os resultados para gradiente de pressão e padrões de escoamento levantados no presente estudo; (ii) o gradiente de pressão se eleva com o incremento das velocidades superficiais da água e do ar.

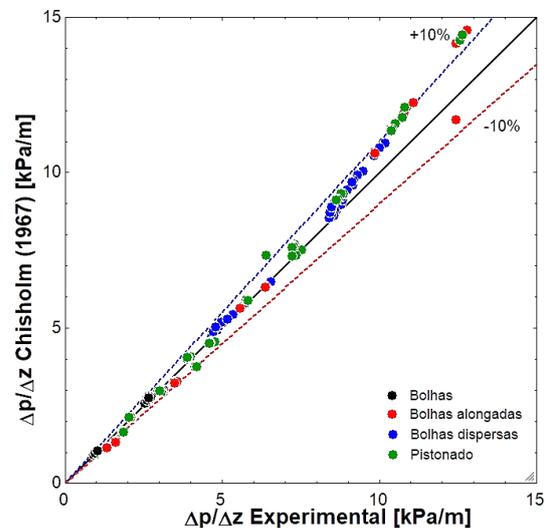


Figura 3: Comparação entre os dados experimentais e o método de Chisholm (1967).

## Agradecimentos

O autores agradecem ao técnico José Bogni e ao engenheiro Jorge Nicolau por toda a ajuda.

## Referências

Mandhane, J. M., Gregory, G. A., & Aziz, K. (1974). A flow pattern map for gas—liquid flow in horizontal pipes. *International journal of multiphase flow*, 1(4), 537-553.

D. Chisholm. (1967). A theoretical basis for the Lockhart-Martinelli correlation for two-phase flow. *J Heat mass Transfer National Engineering laboratory*, 1767-1778.

S. W. Churchill. (1977). Friction factor equations spans all fluid-flow regimes. *Chemical Engineering (New York)*, 91-92.