

Estimativas de gradientes de pressão friccional em escoamento bifásico vertical ascendente em condições semelhantes às do pré-sal brasileiro

Pedro Henrique Teodoro de Almeida

Edson Orati da Silva

Oscar Mauricio Hernandez

Universidade de São Paulo

pedrohtalmeida@usp.br

Objetivo

Estimar a queda de pressão friccional em escoamento bifásico usando o modelo *Drift-Flux* (Hibiki e Ishii, 2003) em condições semelhantes à do pré-sal brasileiro a partir das propriedades físicas de óleo e gás (hexafluoreto de enxofre - SF₆) em uso na instalação experimental do LEMI (Laboratório de Escoamentos Multifásicos Industriais) e prever a fração volumétrica de gás (ou fração de vazio) e a respectiva incerteza associada à medição com duas técnicas disponíveis: densitometria por absorção de raios gama e válvula de fechamento rápido.

Materiais e Métodos

Foram considerados três padrões de escoamento: pistonado, agitante e anular para a mistura gás SF₆ e óleo mineral (LUBRAX Turbine 22) em uma combinação para a velocidade superficial do gás de (1,5, 2, 3, 4, 5, 6) m/s e do líquido (0,05, 0,1, 0,3, 0,5, 1, 2) m/s com temperatura e pressão absoluta fixas em 30°C e 15 bar para escoamentos bifásicos verticais ascendentes. Para cada combinação de velocidade, a modelagem do escoamento foi feita utilizando o modelo *Drift-Flux* para determinar a velocidade de deslizamento entre as fases e a fração de vazio (α) para cada padrão de escoamento num tubo de 24,35 mm

de diâmetro interno. A propagação de incerteza seguiu o proposto por Fox, McDonald e Pritchard (2011). A análise foi conduzida com a finalidade de avaliar as incertezas absolutas dos instrumentos de medição, neste caso, as válvulas de fechamento rápido e a densitometria por raios gama.

Resultados e Discussões

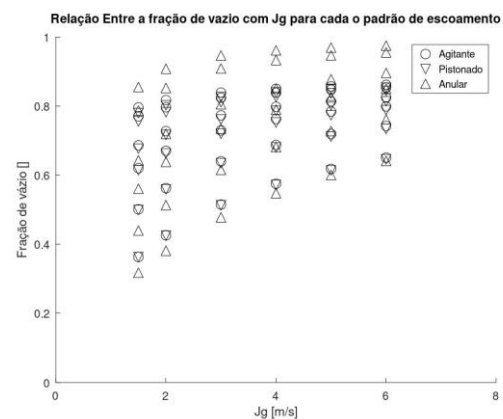


Figura 1: α obtido para cada padrão de escoamento

Conforme esperado, a fração de vazio (Fig. 1) e a queda de pressão friccional (Fig. 2) para tomadas de pressão que distam 1,69 m aumentam com o aumento da velocidade superficial de gás (J_g) para os três padrões bifásicos analisados. A Fig. 2 revela que as estimativas da queda de pressão friccional (Pa)

feitas com base no modelo teórico são muito parecidas para os padrões pistonado, agitante e anular, sendo que a maioria se encontra abaixo de 500 Pa. Por outro lado, a Fig. 1 aponta que o modelo teórico prevê maiores valores de α para o padrão anular em relação aos padrões pistonado e agitante para pequenas velocidades superficiais de óleo (0,05 e 0,1 m/s), conforme esperado.

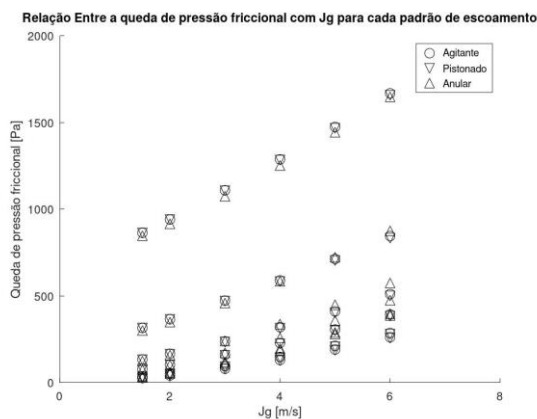


Figura 2: Queda de pressão friccional

Incerteza relativa a queda de pressão friccional utilizando-se válvula e fechamento rápido em azul erro absoluto de 0.5 mm em vermelho erro absoluto de 0.025 mm

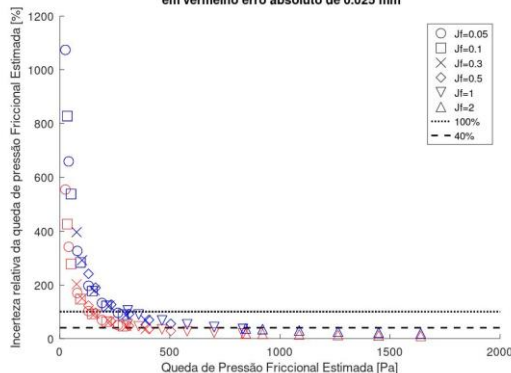


Figura 3: Erro relativo por válvula de fechamento rápido

As figuras 3 e 4 mostram que quanto maior o valor estimado da queda de pressão friccional, menor a incerteza relativa (%). Os resultados permitem aferir que a densitometria é uma

técnica relativamente mais precisa para medir a fração de vazio.

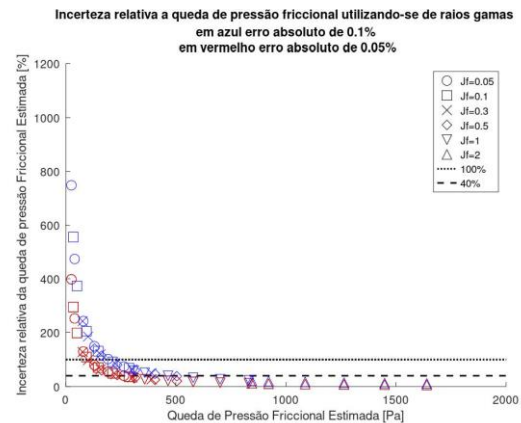


Figura 4: Erro relativo à densitometria

Conclusões

A densitometria por absorção de raios gama é mais precisa que a técnica das válvulas de fechamento rápido. Entretanto, menores valores de queda de pressão friccional apresentam maiores incertezas relativas. Para maiores valores da queda de pressão friccional, as incertezas relativas relacionadas com a leitura do transdutor (0,075% da faixa de medição de ± 3 kPa) e a fração de vazio são, em magnitude, as mais importantes na análise.

Agradecimentos

À FIPAI, pela bolsa, ao Professor Dr. Oscar pela oportunidade, e ao Edson pela dedicação.

Referência

- Fox, Robert W., et al. **Fox and McDonald's Introduction to Fluid Mechanics**. 8th ed, John Wiley & Sons, Inc.; John Wiley [distribuidor], 2011.
- HIBIKI, T.; ISHII, M. One-dimensional drift-flux model and constitutive equations for relative motion between phases in various two-phase flow regimes. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, v. 46, p. 4935–4948, December 2003. ISSN: 0017-9310.