

8

Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros

Desenvolveu-se um código numérico para prever o desenvolvimento do regime de golfadas, a partir do escoamento estratificado, em tubulações horizontais e levemente inclinadas. A metodologia utilizada baseia-se no Modelo de Dois Fluidos em sua forma unidimensional e transiente.

Em escoamentos bifásicos, diferentes regimes de escoamento podem ocorrer, a depender da geometria da tubulação (diâmetro e inclinação), propriedades dos fluidos e condições de operação. Assim, para ajudar a definir condições iniciais e de contorno adequadas para a reprodução do regime de golfadas pelo modelo, mapas de padrões de escoamento são necessários. Um programa foi desenvolvido como ferramenta de auxílio às simulações, com a finalidade de determinar os mapas de padrões de escoamento em tubulações horizontais e levemente inclinadas, baseado em estudos anteriores da literatura (Taitel e Dukler, 1976; Barnea e Taitel, 1994).

Uma discussão teórica a respeito da hiperbolicidade do Modelo de Dois Fluidos foi apresentada, investigando a influência da consideração de um salto de pressão na interface na região para a qual o modelo é bem-posto. Os autovalores para o sistema na forma incompressível são obtidos, e a partir deles derivou-se o critério para determinar sob que condições o modelo é bem- ou mal-posto. Não foram calculados os autovalores para a forma compressível do modelo, mas assim mesmo pôde se concluir que o critério não deve mudar significativamente com a introdução do salto de pressão. A análise permitiu concluir que, para grandes espaçamentos de malha (onde os menores comprimentos de onda são filtrados), o efeito do salto de pressão deve ser desprezível. Para menores espaçamentos de malha, no entanto, a influência do salto de pressão parece ser maior, sendo que testes numéricos foram necessários para avaliar se este termo garante a hiperbolicidade do modelo nestes casos.

Os resultados alcançados no presente estudo demonstram que o Modelo de Dois Fluidos é capaz de prever corretamente o crescimento das perturbações na interface do escoamento estratificado e subsequente desenvolvimento do regime de

golfadas em tubulações de maneira natural, i.e., as equações do modelo são mantidas em ambos os regimes; estratificado e golfadas. A correta previsão do crescimento das perturbações é determinada através de uma competição entre a difusão numérica, a interação interfacial e a má-colocação das equações. Resultados bastante razoáveis devem ser esperados, desde que o espaçamento da malha seja fino o suficiente para que haja acurácia da solução, mas não fino o suficiente para que a má-colocação do sistema se manifeste. Fenômenos como crescimento e dissipação de golfadas ocorrem como resultado da dinâmica do escoamento nas simulações, as quais parecem reproduzir corretamente as características físicas do escoamento real.

A caracterização das golfadas foi feita através do monitoramento do comprimento, frequência e velocidade de translação em diversos pontos da tubulação. Rotinas para o cálculo destes parâmetros foram implementadas, e validações foram realizadas utilizando-se diversos resultados da literatura. Para os casos em que a tubulação se encontra na horizontal, a concordância com observações experimentais e correlações é notável, especialmente tendo-se em vista a simplicidade da formulação unidimensional utilizada. As comparações qualitativas dos resultados para tubulações inclinadas indicam que a metodologia incorpora corretamente o efeito de pequenas inclinações nas características do regime de golfadas.

Tendo-se em vista o objetivo de desenvolver um modelo fenomenológico capaz de reproduzir com o maior grau de acurácia possível (considerando uma formulação unidimensional) os fenômenos mais importantes do escoamento bifásico no regime de golfadas, alguns objetivos ainda precisam ser buscados.

Primeiramente, validações ainda precisam ser realizadas para outros parâmetros do escoamento como a perda de carga e *holdup*.

Na tentativa de investigar a hiperbolicidade do modelo, algumas sugestões são propostas: a incorporação de um termo que leve em consideração a massa virtual das fases, a qual possivelmente traria um efeito estabilizante nas equações; a utilização de uma malha não-uniforme no domínio (menos refinada na região de formação das golfadas de modo a introduzir artificialmente uma maior dissipação, uma vez que nesta região a falta de hiperbolicidade é crítica) e realização da análise dos autovalores para o sistema de equações na sua forma compressível e discretizada.

Para tubulações inclinadas, a reprodução das características de outras categorias de escoamento (Al Safran, 2005) devem ainda ser buscadas, assim como validações quantitativas de uma maneira geral.

Por último, um fenômeno importante (desconsiderado no presente modelo) que ocorre no escoamento real em regime de golfadas é a presença de bolhas de gás no corpo da golfada. Para levar em conta este efeito, o Modelo de Dois Fluidos pode ser combinado ao Modelo de Escorregamento (Bonizzi, 2003), resultando num conjunto de 4 equações de conservação: duas equações de continuidade (uma para a mistura e outra para a fase dispersa); e duas equações de quantidade de movimento (uma para a mistura e outra para a fase gasosa).