

ESCOAMENTO ESTRATIFICADO ÁGUA/ÓLEO EM DUTOS

Aluno: Eduardo Gonçalves Dias de Barros
Orientador: Angela Ourivio Nieckele

Introdução

Algumas das atividades econômicas que mais crescem no atual cenário nacional são a exploração e a produção de petróleo. O óleo é sempre conduzido através de dutos, seja do reservatório até a plataforma através de *risers*, seja da plataforma até a refinaria,. Nesse contexto, fica evidente a importância de caracterizar os aspectos dinâmicos dos escoamentos em dutos para projetos dessa área.

Com muita frequência, o escoamento do petróleo e seus derivados ocorre com mais de uma fase presente. Escoamentos bifásicos podem assumir vários padrões e configurações dependendo das condições que os governam, sendo um deles o *escoamento estratificado* (Spedding & Hand, 1997), de comportamento mais estável, cuja análise é o objetivo atual desse estudo.

Objetivos

Nos dias de hoje, existem duas grandes opções para se abordar um caso de estudo como esse: através de uma análise experimental ou através de simulações numéricas (Kumara et al, 2008). Naturalmente, ambas as soluções caminham juntas na mesma direção, de um melhor entendimento dos fenômenos. Nesse caso, a idéia é fazer a simulação computacional (utilizado o software *Fluent*) de um escoamento estratificado, utilizando os mesmos parâmetros de um experimento já realizado, para gerar um conjunto mais completo de dados que permita uma análise de estabilidade desse padrão de escoamento.

A idéia é impôr diferentes gradientes de pressão ao longo do duto para analisar o comportamento da estabilidade de cada situação e determinar em que momento essa estabilidade característica do caso estratificado passa a ser ameaçada, o que tende a alterar o padrão do escoamento.

Metodologia

O escoamento estratificado só ocorre em escoamentos horizontais e se caracteriza pela nítida segregação das fases. Neste caso, o modelo *VOF* (*Volume Of Fluid*) é o mais adequado para prever o escoamento, pois é baseado em uma função auxiliar denominada saturação, a qual indica onde cada fase pode ser encontrada, tendo sido selecionado.

O caso proposto é um escoamento bifásico (água e óleo) permanente hidrodinamicamente desenvolvido e horizontal em um duto de seção circular com 5,63 cm de diâmetro interno, para qual dados experimentais encontram-se disponíveis (Rodrigues, 2008). Para construir computacionalmente a geometria 3-D e a malha, foi escolhido o gerador de malhas *GAMBIT*. Após um teste de malha, selecionou-se a malha com 147836 nós. Para garantir uma solução mais precisa, foi necessário refiná-la nas regiões próximas às paredes do duto e à interface das fases (Fig. 1), onde, acontecem os fenômenos que diferenciam o caso. Para simular o escoamento desenvolvido, aplica-se uma condição de contorno periódica na direção axial.

O padrão é o estratificado, de forma que a água, por ser mais densa, ocupa a porção inferior do duto. A fração de volume de água *in situ* é pré-estabelecida e igual a 0,51, de

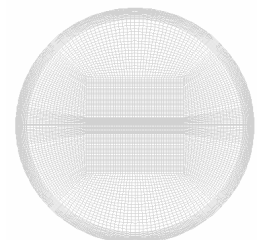


Figura 1 - Malha-seção transversal

maneira que a posição da interface óleo-água é conhecida. Considerou-se uma tubulação, com uma queda de pressão $dp/dx=90$ Pa/m. A velocidade média do escoamento U_m igual a soma das velocidades das fases ($U_{oleo} + U_{agua}$), é de 0,68 m/s. Para prever o escoamento no regime turbulento, selecionou-se o modelo $K-\epsilon$ SST.

O escoamento foi determinado numericamente com a solução das equações de conservação de massa e quantidade de movimento, juntamente com o modelo de turbulência e a conservação de massa de uma das fases (para obter a saturação). Pode-se observar na Fig. 2, que, de fato, o padrão do escoamento é o estratificado. As velocidades das fases medidas experimentalmente são iguais a 0,34 m/s e as velocidades médias na seção transversal do óleo e água obtidas numericamente foram iguais a 0,326 m/s e 0,345 m/s, correspondendo a 4% e 1,4% de erro, respectivamente. Este resultado pode ser considerado plenamente satisfatório.

O perfil de velocidade na seção transversal para ambas as fases encontra-se ilustrado na Fig. 3, juntamente com os dados experimentais e mostram comportamentos diferenciados que dependem do fluido que satura as regiões do duto (zona de água, zona de óleo). Nota-se que apesar dos bons resultados para as velocidades médias, o perfil na seção transversal apresenta-se insatisfatório, muito próximo a um escoamento monofásico



Figura 2 - Distribuição de Fração Volumétrica

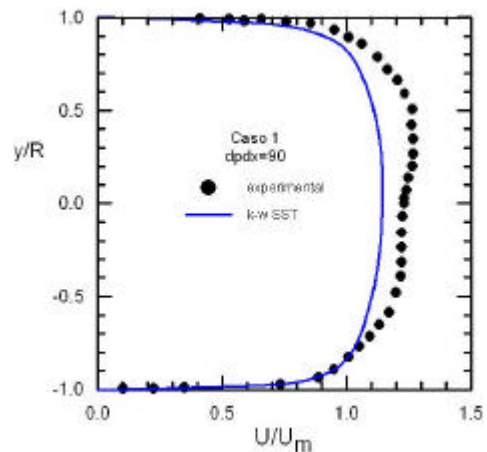


Figura 3 - Perfil de Velocidade

Conclusões

Comparando os dados da simulação com os do experimento, pode-se notar que, apesar de bastante próximos, a leitura do que ocorre na interface ainda pode melhorar. A intenção é escolher um modelo que seja o mais fiel possível à realidade e que possa reproduzir esse comportamento anômalo que acontece na interface entre as fases.

Melhorando nesse aspecto e concluídas as análises dos escoamentos estratificados, a idéia é partir para o estudo das outras configurações possíveis de escoamentos bifásicos, avançando no entendimento das perturbações que podem acontecer na interface entre as fases.

Referências

- 1 - SPEDDING, P.L.; HAND, N.P., 1997. Prediction in stratified gas-liquid co-current flow in horizontal pipelines. Int. J. Heat Mass Transfer 40, 1923-1935.
- 2 - KUMARA, W.A.S.; ELSETH, G.; HALVORSEN, B.M & Melaaen, M.C., 2008, Computational Study of Stratified Two Phase Oil/Water Flow in Horizontal Pipes, HEFAT2008, Pretoria, South Africa, Paper number KW1
- 3 - RODRIGUES, O.M.H, (2008) Comunicação pessoal