



SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UM PADRÃO DE ESCOAMENTO EM TUBULAÇÃO DE EXTRAÇÃO DE PETRÓLEO

Renato Pacheco Silva; Sinésio Domingues Franco; Aristeu da Silveira Neto

O presente trabalho faz parte do início de um estudo, que objetiva ao final, estabelecer influências de padrões de escoamento no desgaste interno de tubulações de extração de petróleo de quatro polegadas.

Como início desta análise, definiu-se uma metodologia que consiste no entendimento de mapas padrão de escoamento envolvendo água e ar como fluidos de trabalho. O escoamento então pode ser definido como um escoamento bifásico, envolvendo duas partes de fases diferentes, do ponto de vista termodinâmico, contendo interfaces deformáveis. E esta definição caberia em qualquer outro escoamento bifásico envolvendo líquido-ar.

Vários autores como Mandhane (1973), Taitel & Dukler (1976), Ovid Baker (1954), realizaram estudos de diferentes formas com o objetivo de montar seus mapas padrão de escoamento. Estes mapas, tem o formato que pode ser observado nas figuras 1 e 2.

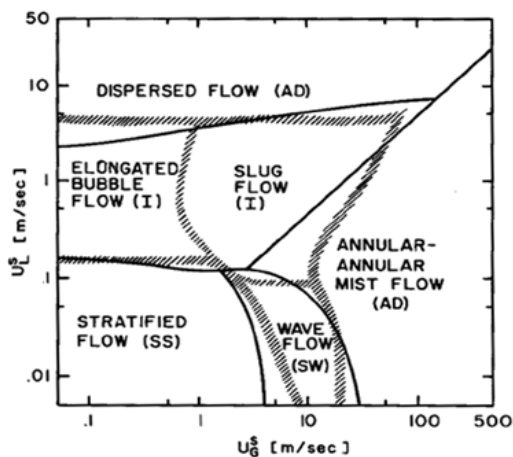


Figura 1: Mapa de escoamento de Taitel & Dukler comparado com Mandhane

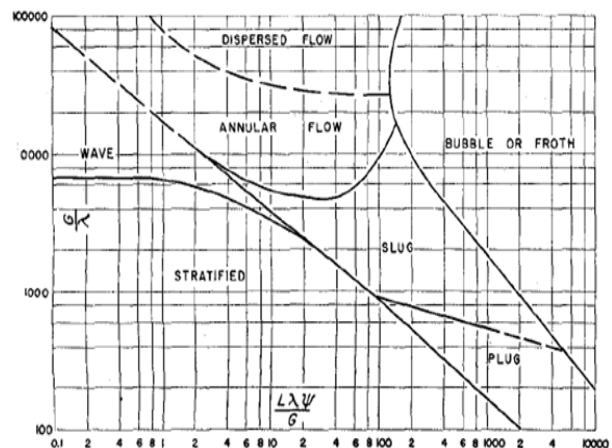


Figura 2: Mapa de escoamento de Ovid Baker

O propósito destes mapas é prever os diferentes padrões que podem ser formados a partir de variações de propriedades do escoamento e dos fluidos. Surgem então algumas nomenclaturas referentes aos padrões de escoamento, que podem ser explicadas e exemplificadas, considerando sempre os fluidos de trabalho água e ar, neste caso.

Escoamento Estratificado: escoamento em que a fase se move na parte superior do tubo em uma forma de equilíbrio, estando sempre bem definidas as duas fases com uma interface suave. Divide-se também, normalmente em duas nomenclaturas, sendo estratificado suave e estratificado ondulado. No estratificado suave a interface é bem suave, enquanto que no estratificado ondulado, tem-se um perfil ondulado da interface que divide os dois fluidos, devido a um incremento na velocidade da fase gasosa.

Escoamento Intermitente: escoamento no qual bolhas de gás se movem na parte superior do tubo e são separadas intermitentemente pela fase líquida. Neste caso de escoamento, a fase gasosa se move em uma velocidade superior à fase líquida. Várias nomenclaturas distinguem este padrão de escoamento, podendo ser *slug*, *elongated bubble*, *plug*. Normalmente estas diferentes nomenclaturas vão fazer referência ao tamanho da bolha formada na parte superior do tubo, mas todos serão tratados como escoamentos intermitentes.

Escoamento Anular: escoamento em que a fase líquida forma um filme nas paredes do tubo e o gás escoar pelo interior do filme.

Escoamento Spray: escoamento em que bolhas de gás se encontram totalmente dispersas na fase líquida. Normalmente este padrão de escoamento é observado a altas velocidades da fase líquida.

Escoamento Bolhas: escoamento no qual bolhas de gás se movem na parte superior do tubo com aproximadamente a mesma velocidade do líquido. Muito semelhante ao padrão de bolhas dispersas ou *spray*.

Após esta breve análise sobre os padrões de escoamento, simulações numéricas através do software comercial de CFD, Fluent (Ansys Inc.), foram realizadas para verificar a formação de um padrão de escoamento escolhido (Intermitente *Slug*), a fim de verificar qual seria o melhor modelo para a continuação do trabalho. Os parâmetros de simulação básicos, seguem de acordo com a tabela 1, obedecendo a geometria de uma tubulação de 4" com entrada da fase gasosa em um diâmetro de 2".

Tabela 1: Propriedades utilizadas nas simulações

	Ar	Água
Velocidade Superficial (m/s)	2	1
Viscosidade (kg/(m*s))	1,7894e-5	0,001003
Densidade (kg/m3)	1,225	998,2

As figuras 2 e 3 então, mostram o comparativo dos resultados das simulações por duas metodologias diferentes, sendo uma a metodologia através da Média de Reynolds para as Equações de Navier-Stokes (RANS) e outra através da Simulação das Grandes Escalas (LES).

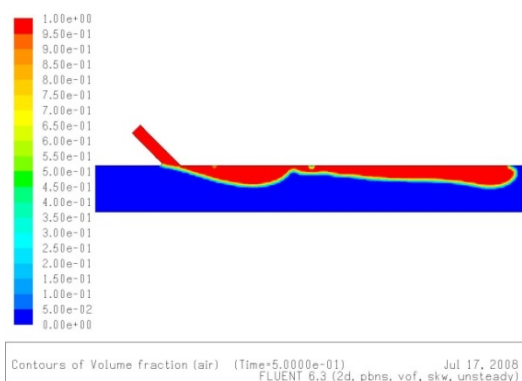


Figura 3: Simulação realizada pela metodologia RANS (modelo k- ω)

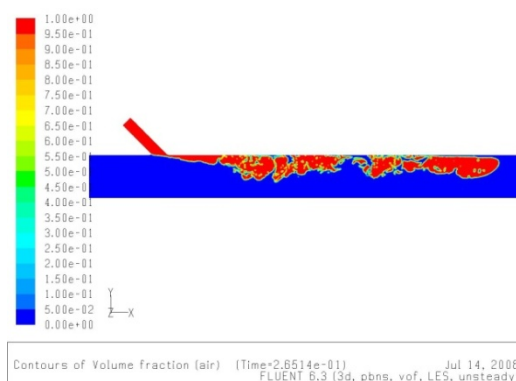


Figura 4: Simulação realizada pela metodologia LES (modelo Smagorinsky-Lilly)

Com estes resultados, concluiu-se que a simulação atingiu o padrão de escoamento esperado, e a metodologia RANS com o modelo k- ω mostrou o melhor custo benefício, com menor tempo de cálculo e resultados qualitativos que abrangem a necessidade do problema.

REFERÊNCIAS

- MANDHANE, J. M., GREGORY, G. A., AZIZ, K. **A Flow Pattern Map For Gas-Liquid Flow In Horizontal Pipes**, International Journal of Multiphase Flow, Vol. 1, p. 537-553, 1974;
 BAKER, O. **Simultaneous Flow of Oil and Gas**, Oil Gas, Vol. 53, n° 2, p. 185-195, 1954;
 TAITEL, Y., DUKLER, A. E. **A Model for Predicting Flow Regime Transitions in Horizontal and Near Horizontal Gas-Liquid Flow**, AIChE Journal, Vol. 22, p. 47-55, 1976;
 FLUENT INC. **Fluent 6 User's Guide**, 2003.