

## 7 Conclusões

O principal objetivo do presente trabalho consiste em desenvolver uma metodologia para analisar condições típicas encontradas na indústria de petróleo, com escoamento de hidrocarbonetos à alta pressão, através de tubulações isoladas, de grande diâmetro e comprimento, perdendo calor para ambiente frio. Para alcançar este objetivo, desenvolveu-se um código numérico para prever o escoamento no padrão anular em tubulações horizontais. A metodologia utilizada baseia-se no Modelo de Dois Fluidos.

Inicialmente, investigou-se o efeito da formulação da equação da energia em termos de temperatura e não mais de entalpia, como até o momento estava implementado no código computacional utilizado pelo grupo de CFD da PUC-Rio. Foram selecionados casos típicos de golfada para tal avaliação e os resultados dos parâmetros térmicos obtidos pelo presente modelo foram bons. Ainda, o presente modelo apresentou melhores resultados que o modelo anterior no que diz respeito a previsão de algumas grandezas estatísticas. Como o objetivo do estudo não era escoamento por golfadas, seria interessante que fosse investigado futuramente se esta nova formulação poderia ter impacto positivo na previsão deste tipo de escoamento.

Investigou-se a influência do critério de bem/mal posto no escoamento. Apesar de, invariavelmente, o escoamento anular vertical ser mal posto e, por isso, de difícil convergência, a maioria dos casos investigados com configuração horizontal também se encontrava nesta região de mal posto. Os resultados obtidos indicam que o modelo é capaz de prever escoamento mesmo nesta região. Excelente concordância entre os resultados numéricos e dados disponíveis na literatura para a queda de pressão e espessura do filme de líquido foram obtidas para escoamentos ar/água. Porém, é importante que as correlações empíricas para avaliação do fator de atrito na interface sejam adequadamente especificadas para cada tipo de padrão de escoamento. Recomenda-se que no futuro, a metodologia seja aplicada a escoamento no padrão anular ao longo de tubulações verticais.

Os resultados obtidos pelo presente modelo também mostraram que o

Modelo de Dois Fluidos é capaz de captar as oscilações na interface do filme de líquido, sendo, portanto, robusto para previsão de escoamento anular. Por ser um parâmetro tão típico deste tipo de escoamento pode-se dizer que a previsão do escoamento anular pelo presente modelo, neste quesito, é superior à previsão pelo modelo bi-dimensional investigado (Fluent), o qual não foi capaz de prever ondulações no nível do líquido.

As análises realizadas para o escoamento de um hidrocarboneto pressurizado em uma tubulação de grande diâmetro e comprimento, mostraram que as velocidades superficiais das fases têm grande influência na espessura média do filme de líquido, assim como nas ondulações em sua superfície. Quanto maior a velocidade superficial do líquido, maior a espessura do filme, com a tendência oposta para o aumento da velocidade superficial do gás. Observou-se ainda, um aumento da velocidade de propagação das ondas com o aumento de ambas as velocidades superficiais.

O efeito da modelagem de gás real no escoamento foi investigado considerando uma situação típica encontrada na indústria de petróleo. No entanto, para o fluido típico selecionado pode-se observar que o comportamento do modelo de gás ideal e de gás real foi muito similar. Neste caso então, pode-se dizer que resultados próximos à realidade do escoamento poderiam ser obtidos sem a necessidade de implementação de equação de estado para a fase gasosa, o que permite obter uma solução com menor esforço computacional, uma vez, que o cálculo do coeficiente de compressibilidade aumenta significativamente o tempo de computação. Futuras investigações deveriam avaliar casos, com outras composições de hidrocarbonetos e outras condições de operação, nas quais o fator de compressibilidade apresente variações mais significativas, de forma a permitir uma maior avaliação do impacto desta modelagem na previsão deste tipo de escoamento. Também seria interessante incorporar modelos de entranhamento e deposição de gotas.