

## 7

### Comentários Finais

No presente trabalho foi analisada a importância do processo de convecção natural, assim como a influência da capacidade térmica das camadas do duto, no resfriamento do fluido durante, por exemplo, um processo de manutenção do duto onde o bombeio do fluido é interrompido.

A presente análise pode ser útil para determinar os limites de tempo de manutenção de um duto submarino para que uma determinada temperatura crítica não seja atingida e problemas como formação de hidratos ou deposição de parafina possam ser evitados, de forma a não bloquear o processo de escoamento do fluido para plataforma ou tanque de armazenamento.

A partir de um *software* comercial, *FLUENT*, dois modelos foram simulados, primeiramente um modelo bidimensional e posteriormente, considerando as variações axiais, um modelo tridimensional foi analisado. Os resultados obtidos foram comparados com um modelo unidimensional. Três tipos de fluidos foram simulados, um óleo leve, um pesado e um gás.

A comparação realizada entre os modelos bi-dimensional e uni-dimensional mostrou que apesar de haver uma significativa diferença entre os números de Nusselt na parede interna da tubulação, a variação temporal da temperatura, assim como os fluxos de calor, apresentaram excelente concordância entre os modelos, o que proporciona confiança para a utilização das correlações empíricas empregadas nas simulações unidimensionais.

De acordo com a análise realizada pode-se afirmar que a energia armazenada nas camadas do duto influenciam de forma significativa a taxa de resfriamento dos fluidos e devem ser sempre consideradas, mesmo em modelos uni-dimensionais. Observou-se ainda que a energia armazenada na camada de aço do duto é dominante, apesar de sua pequena espessura, influenciando bastante na determinação dos fluxos de calor através das camadas do duto e conseqüentemente no resfriamento do fluido.

---

Uma análise da solução obtida com o modelo uni-dimensional mostrou as variações axiais de temperatura são consideráveis, especialmente para o gás. A simulação tri-dimensional teve por objetivo melhorar a previsão do número de Nusselt, ao considerar os efeitos combinados de convecção natural e forçada.

Pode-se concluir com os resultados apresentados, que o modelo 1D é plenamente satisfatório para avaliar o resfriamento ao longo da tubulação, pois é muito mais rápido e as discrepâncias obtidas são relativamente pequenas.

## **7.1**

### **Recomendações para Trabalhos Futuros**

A principal motivação do presente trabalho consiste em prever com precisão o resfriamento de petróleo e seus derivados em aplicados submarinas. A metodologia mais usual é através de programa unidimensionais, que utilizam correlações empíricas, para avaliar a queda de pressão, assim como o fluxo de calor. Visando ganhar confiança nessas correlações, análises experimentais podem ser realizadas. Pode-se também realizar simulações tri-dimensionais com outros fluidos, uma vez que no presente trabalho, somente gás foi considerado. No entanto, estas recomendações não são fundamentais, devido aos resultados satisfatórios obtidos com a presente análise.

O presente trabalho apresenta uma simulação com fluidos em uma única fase, logo se recomenda uma análise mais detalhada considerando o escoamento multifásico o qual é típico no setor de petróleo e gás. Recomenda-se a utilização de uma simulação unidimensional, pois seria mais barata computacionalmente, e testes de validação análogos aos feitos no caso monofásico seriam importantes para comprovar a validade das correlações empíricas utilizadas.