

1. Introdução

A importância do petróleo na geração da energia mundial é ainda significativa. A necessidade de este recurso foi e é ainda responsável de numerosos conflitos bélicos entre países. A grande demanda e o esgotamento parcial das reservas em terra em alguns países mudou o horizonte da exploração para o mar. Uma prova disto são as estatísticas dos últimos anos que mostram que a tendência da exploração e produção *offshore* é cada vez maior atingindo águas profundas e ultraprofundas.

A produção de petróleo em águas profundas é basicamente caracterizada pelo ambiente frio destas regiões (5°C) em que estão localizadas as linhas de transporte. A temperatura do óleo saindo do reservatório e entrando nas linhas no fundo marinho está normalmente acima dos 40°C. As distâncias entre os poços de produção e as plataformas são muitas vezes de vários quilômetros. O petróleo escoando pelos dutos, submetido a condições de baixas temperaturas externas, é resfriado rapidamente gerando a precipitação dos hidrocarbonetos mais pesados que na sua maioria são constituídos por parafinas. O ponto de início da precipitação de cristais é conhecido como *ponto de névoa*, e é definido como a temperatura crítica em que os hidrocarbonetos mais pesados que compõem o petróleo perdem sua solubilidade e começam a precipitar. A Figura 1.1 fornece uma idéia da complexidade de um sistema de produção de óleo e das distâncias de transporte típicas entre os poços e as plataformas.

A deposição de parafinas nas paredes internas das linhas de transporte é um dos grandes desafios enfrentados pela indústria do petróleo na produção em ambientes frios. A precipitação de cristais gera um aumento da viscosidade do óleo que pode mudar o seu comportamento Newtoniano para não-Newtoniano [15]. O acúmulo da parafina depositada nas linhas pode acarretar problemas como bloqueio parcial ou total do duto, aumento da potência de bombeamento, diminuição da vazão e até problemas mecânicos [19]. Um exemplo da obstrução de uma linha de transporte, ocasionada pela deposição de parafinas, pode ser observada na Figura 1.2.

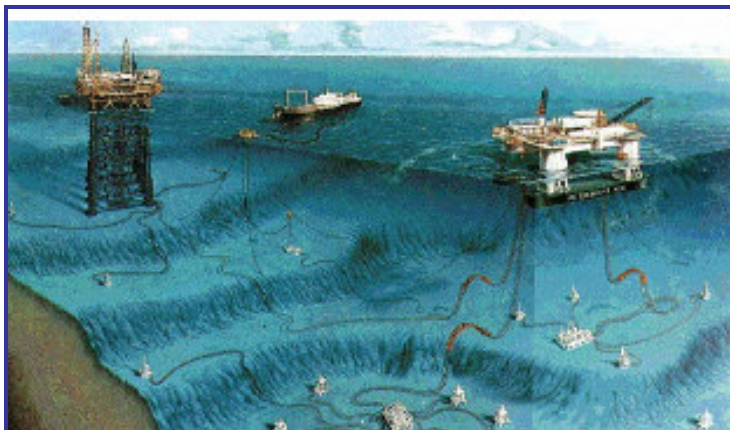


Figura 1.1: Arranjo típico de linhas submarinas de transporte de petróleo (Cortesia do CENPES / Petrobras).

O problema de deposição de parafina é comumente enfrentado com a utilização de pigs para a remoção mecânica, com o uso de inibidores químicos ou com aquecimento elétrico das linhas. Os custos destas tecnologias de manutenção em águas profundas são muito elevados, e aumentam consideravelmente com o aumento da lâmina da água.



Figura 1.2: Exemplo de uma linha bloqueada por deposição de parafinas (Cortesia do CENPES / Petrobras).

O processo de deposição de parafina é reconhecidamente um fenômeno muito complexo. Nos últimos anos foram realizadas pesquisas significativas orientadas para a solução deste problema. A deposição de cristais de parafina é descrita na literatura como uma combinação de diferentes mecanismos de deposição como a difusão molecular, a difusão Browniana, a dispersão por cisalhamento e a deposição por efeitos gravitacionais. A importância relativa de cada um destes mecanismos é ainda desconhecida, e a pesquisa bibliográfica realizada no presente trabalho revelou que ainda existem contradições entre os autores sobre a relevância de cada mecanismo de deposição.

A capacidade de prever acuradamente a distribuição espacial e temporal de depósitos de parafina no interior de dutos seria de grande ajuda na redução de investimentos em isolamento de dutos, projetos de novas linhas e na implementação de programas de prevenção que minimizem ou eliminem os custos de manutenção por bloqueio de tubulações. Para lograr este objetivo é necessário um melhor entendimento dos diferentes mecanismos responsáveis pela deposição de parafina.

O presente estudo procura contribuir para melhorar a compreensão dos mecanismos de deposição, utilizando uma filosofia de trabalho baseada na realização de experimentos simples que não mascarem a importância relativa de cada um dos mecanismos conhecidos. Seguindo esta filosofia, foram realizadas experiências de visualização do fenômeno de deposição, para uma solução óleo-parafina com propriedades conhecidas e submetida a condições de escoamento bem controladas. As experiências foram realizadas em condições de regime laminar e na presença de cristais em suspensão para as diferentes condições de fluxo de calor (nulo, positivo e negativo). Os resultados obtidos são comparados com as conclusões encontradas na revisão bibliográfica realizada.

No Capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica realizada, ressaltando as conclusões mais importantes e relevantes para o tema de estudo da presente dissertação.

Os detalhes da montagem experimental e procedimentos seguidos são descritos no Capítulo 3.

No Capítulo 4 são apresentados e discutidos os resultados experimentais obtidos, para finalmente no Capítulo 5 citar as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.