

ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS DE PRODUÇÃO DE POÇOS COM LONGOS TIEBACKS

Caio André Gigliotti Leal, Antonio Marinho Barbosa Neto

INTRODUÇÃO

Operar longos tiebacks em águas profundas é um desafio da indústria de petróleo e os que mais se destacam são os problemas relacionados à garantia de escoamento, queda de pressão e o resfriamento do fluido ao longo da linha, alterando as propriedades do fluido (BAHADORI, 2017), além de colaborar com o surgimento de regimes desfavoráveis ao escoamento (JARRELL; D'SOUZA, 2022). Isso reduz eficiência, aumenta esforços em equipamentos e pode demandar soluções de elevação artificial, elevando custos de operação (FORTUNE BUSINESS INSIGHTS, 2025). Torna-se, portanto, essencial investigar condições operacionais que mantenham o escoamento estável e otimizado. Este trabalho tem como objetivo investigar as condições termofluidodinâmicas do escoamento de fluidos de petróleo através de um arranjo submarino configurado com um *tieback* de longa distância.

DESENVOLVIMENTO

O arranjo submarino foi modelado no *software* ALFAsim para escoamento bifásico unidimensional, com três nós de massa, cada um representando as condições operacionais na Árvore de Natal Molhada (ANM) de cada poço. O poço 1 possui vazão de óleo de 535,689 sm^3/d , RGO de 125,723 sm^3/sm^3 e *jumper* de 30 metros. O poço 2 possui vazão de óleo de 527,101 sm^3/d , RGO de 202,369 sm^3/sm^3 e *jumper* de 50 metros. O poço 3 possui vazão de óleo de 1.899,62 sm^3/d ; RGO de 88,408 sm^3/sm^3 e *jumper* de 100 metros. Todos os *jumpers* possuem diâmetro interno de 6 polegadas e conectam-se ao *manifold* de produção. Após o *manifold*, há o *tieback* com extensão de 35 km; o *riser* foi configurado em geometria catenária, com comprimento de 1.582,4 metros para lâmina d'água de 1.400 metros e inclinação no topo de 7 graus. Por fim, considerou 10 metros de tubulação no topside. Os materiais utilizados nas tubulações possuem TEC (Thermal Exchange Coefficient) de 2,82 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$, exceto para a linha do *riser* que possui 8,30 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$. A simulação no ALFAsim considerou tempo total de 24 horas. A caracterização PVT dos fluidos realizada no Multiflash considerou a formação de 12 pseudocomponentes a partir da fração C₆ e dados PVT de laboratório (ponto de saturação e liberação diferencial) para obter um modelo de fluido caracterizado com a equação de estado cúbica de Soave-Redlich-Kwong. A partir do modelo de fluido foram geradas três tabelas PVT referentes a cada poço. Para as linhas após o *manifold*, foi gerada uma tabela PVT da mistura dos três fluidos. Conduziram-se estudos paramétricos para estudar as estratégias operacionais: efeito do diâmetro interno das linhas após o *manifold* (diâmetro interno de 6, 8 e 10 polegadas); influência do tamanho de malha espacial (ΔL de 100, 50 e 25 m) no comportamento numérico; e impacto da troca térmica no *riser* para averiguar sua influência na temperatura da mistura nas linhas do *riser* e topside.

RESULTADOS

Para análise do diâmetro pós-*manifold*, foi averiguado primeiramente o comportamento da vazão de óleo no regime permanente, buscando ver qual diâmetro teria maior vazão de óleo na superfície; entretanto, os diâmetros internos de 6, 8 e 10 polegadas resultaram em vazões de óleo no topo iguais para o regime permanente, conforme mostra a Figura 1. No regime transitório, os diâmetros de 6 e 10 polegadas apresentaram picos acentuados de vazão, enquanto

o de 8 polegadas mostrou crescimento gradual sem picos elevados. Como transientes intensos e escoamento intermitente aumentam o risco operacional e se relacionam com desafios de garantia de escoamento em longos tiebacks (JARRELL; D'SOUZA, 2022), adotou-se o diâmetro interno de 8 polegadas por favorecer maior estabilidade do escoamento. O efeito do tamanho de malha nas simulações apresentou resultados iguais para ΔL de 100 e 50 metros; com ΔL de 25 metros surgiram pequenas diferenças e sem impacto significativo nos resultados de vazão do fluido na superfície, conforme a Figura 2. Optou-se por prosseguir com ΔL de 100 metros para reduzir o custo computacional e otimizar o tempo de simulação, mantendo a representatividade físico-matemática dos resultados das simulações. Para condutividade térmica do riser, comparando TEC de 8,30 W/m·K e 2,82 W/m·K, obtiveram-se perfis térmicos semelhantes, com temperaturas de chegada no topside de 3,44 °C e 3,22 °C, respectivamente. A diferença observada foi pequena, indicando que a troca térmica no riser não é a principal responsável pela baixa temperatura de chegada. O efeito predominante é o Joule-Thompson, em que há uma queda da temperatura ao ocorrer a despressurização e dissociação de gás em solução no óleo (PASQUALETTE et al., 2020). Com isso, observou-se que há escoamento intermitente (slug) na base do riser.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As simulações termo-hidráulicas mostraram-se essenciais para o estudo de arranjos com longos tiebacks, permitindo avaliar conjuntamente a vazão do fluido na superfície, a temperatura de chegada e o regime de escoamento. O estudo do diâmetro pós-manifold indicou que um diâmetro de 8 polegadas proporciona maior estabilidade no transiente, sem perda de desempenho no regime permanente. A análise do tamanho de malha apontou que ΔL de 100 metros reproduz os resultados com menor custo computacional, enquanto refinamentos adicionais não trouxeram ganhos relevantes no escopo avaliado. A variação da condutividade térmica do riser teve efeito limitado na temperatura de chegada; entretanto, observou-se escoamento intermitente (slug), sinalizando potenciais desafios de garantia de escoamento. Portanto, a análise termofluidodinâmica realizada neste trabalho contribui para avaliar potenciais riscos de garantia de escoamento e as condições operacionais em sistemas de produção com longos tiebacks.

Palavras-chave: tieback submarino; escoamento multifásico; garantia de escoamento; simulação transiente; ALFAsim.

ILUSTRAÇÕES

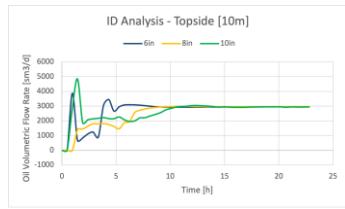


Figura 1. Vazão de óleo no topside para diferentes diâmetros internos das tubulações.

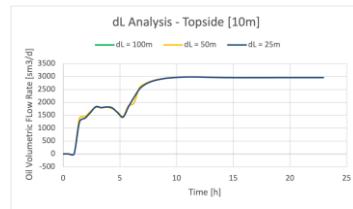


Figura 2. Vazão de óleo no topside para diferentes tamanhos de malha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAHADORI, Alireza. *Fluid phase behavior for conventional and unconventional oil and gas reservoirs*. Oxford: Gulf Professional Publishing, 2017. DOI: <https://doi.org/10.2118/199876-PA>.

FORTUNE BUSINESS INSIGHTS. *Artificial Lift System Market Size, Share & Industry Analysis, By Type (Electric Submersible Pump (ESP), Sucker Rod Pump (SRP), Progressive Cavity Pump (PCP), Gas Lift, and Others), By Application (Onshore and Offshore), and Regional Forecast, 2025–2032*. [S. l.]: Fortune Business Insights, 25 ago. 2025. Disponível em: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/artificial-lift-system-market-100467>. Acesso em: 15 set. 2025.

JARRELL, Brian; D'SOUZA, Richard B. An integrated solution to enable development of 100 km deepwater liquid subsea tiebacks. In: OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, 2022, Houston. Houston: OTC, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4043/31805-MS>

PASQUALETTE, Marcelo de A.; CARNEIRO, João N. E.; JOHANSEN, Stein Tore; LØVFALL, Bjørn Tore; FONSECA JUNIOR, Roberto; CIAMBELLI, João R. P. A numerical assessment of carbon-dioxide-rich two-phase flows with dense phases in offshore production pipelines. *SPE Journal*, v. 25, n. 2, p. 712–731, 2020.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Caio André Gigliotti Leal

MODALIDADE DE BOLSA: PROBIC-AF/UDESC (IC)

VIGÊNCIA: 01/09/2024 a 31/08/2025 – Total: 12 meses

ORIENTADOR: Antonio Marinho Barbosa Neto

CENTRO DE ENSINO: CESFI

DEPARTAMENTO: Departamento de Engenharia de Petróleo

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Engenharias / Engenharia Mecânica / Fenômenos de Transporte

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Análise Integrada de Sistemas de Produção de Petróleo.

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: NPP3420-2020