

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



9º CONGRESSO
Brasileiro de P&D em
PETRÓLEO E GÁS

Maceió, AL
de 09 a 11 de novembro
2017

Realização:



ABPG
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM
PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE UM VASO SEPARADOR BIFÁSICO HORIZONTAL:
ESTUDO DE CASO

AUTORES:

Newton Jorge Barbosa Diniz¹, José Luis Gomes Marinho¹, Leonardo Mendonça Tenório de Magalhães Oliveira¹

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal de Alagoas¹

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 9º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 09 a 11 de novembro de 2017, em Maceió/AL. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 9º PDPETRO.

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE UM VASO SEPARADOR BIFÁSICO HORIZONTAL: ESTUDO DE CASO

Abstract

In order to the fluids in a petroleum reservoir to flow from the bottom of the well to surface, a great logistical support it is needed. Thus, the petroleum fields, generally, are endowed with "production facilities", ensuring that the hydrocarbons are produced, treated and transported safely and economically viable. One of the main equipment used in the separation process and treatment of recovered fluids is called separator vessel, which is an equipment designed for the purpose of promoting the separation between the phases produced. In the present work, the fluid dynamic behavior of a horizontal two-phase (oil-gas) separator vessel was studied for two situations, through computational fluid dynamics using the Ansys Release 13.0 commercial package. In the first case, the influence of the increase of fluid inlet flow on dynamics of separator vessel was analyzed. In the second case, the influence of the oil level's height in the circular cross section of the separator was evaluated. The software Ansys-CFX 13.0 was adopted for the simulation's configuration and subsequent numerical resolution. The simulation's results were satisfactory, is was observed that the increase of fluid flow at the entrance of the separator vessel causes a great drag of the droplets oil through the gas stream. The mean drag was 9,72, 11,15 and 12,95% for the 3,5, 4 and 4,5 kg/s flows. In the study of the level's variation in the cross section of the separator vessel, it was observed that a very low level of oil, around 15%, causes a large amount of gas to flow out of the vessel with the oil stream at liquid outlet, and a very high oil level accentuates the drag of oil at gas outlet. For the study in question, there was an 8,65% production of all the gas inside the system through the liquid outlet to a vessel with 15% oil level, and an average oil drag at the gas outlet of 32,60% for a vessel with 75% oil level in the system.

Introdução

O petróleo é tratado como sendo uma mistura oleosa não homogênea que necessita passar por um processo de separação e refino até que sejam obtidos seus derivados de valor agregado (gasolina, gás de cozinha, combustível de aviação, borrachas, tecidos sintéticos, tintas, lubrificantes etc.) (CARVALHO, 2008). A primeira etapa de separação vem a ocorrer na planta de processamento primário, a qual é composta por equipamentos cujo a finalidade é, sob condições controladas, separar as fases de líquido e gás, removendo água e impurezas, permitindo que o óleo permaneça estável e então seja possível transferi-lo para uma unidade de refino (LYONS e PLISGA, 2005).

O equipamento destinado a suprir a separação primária líquido-gás é o vaso separador, que promove a segregação de fases por meio da conservação de momento sobre a fase mais leve e da ação gravitacional sobre a mais pesada (BRASIL et al., 2014). De acordo com Justino (2010), os separadores horizontais são os mais eficientes para misturas bifásicas, visto que apresentam maior área superficial e tempo de escoamento, permitindo maior decantação das gotículas de óleo da fase gasosa.

Entretanto, vários parâmetros operacionais vêm a influenciar a eficiência de separação, tais como a presença de espumas devido à turbulência na entrada, o alto nível de líquido e o arraste de gotículas de óleo na fase gasosa (FREITAS, 2015; ANDRADE, 2014). Então, apresenta-se como ferramenta de engenharia a fluidodinâmica computacional (CFD), capaz de prever, via simulações numéricas baseadas nos princípios de conservação (MARINHO, 2012), o comportamento multifásico do equipamento evidenciando as propriedades de maior influência em sua operação.

Portanto, este trabalho objetivou simular via CFD um separador bifásico, considerando um sistema de entrada composto por uma mistura bifásica óleo gás, de modo a identificar a influência da vazão de entrada da corrente multifásica e o nível de líquido no arraste de óleo e gás nas saídas.

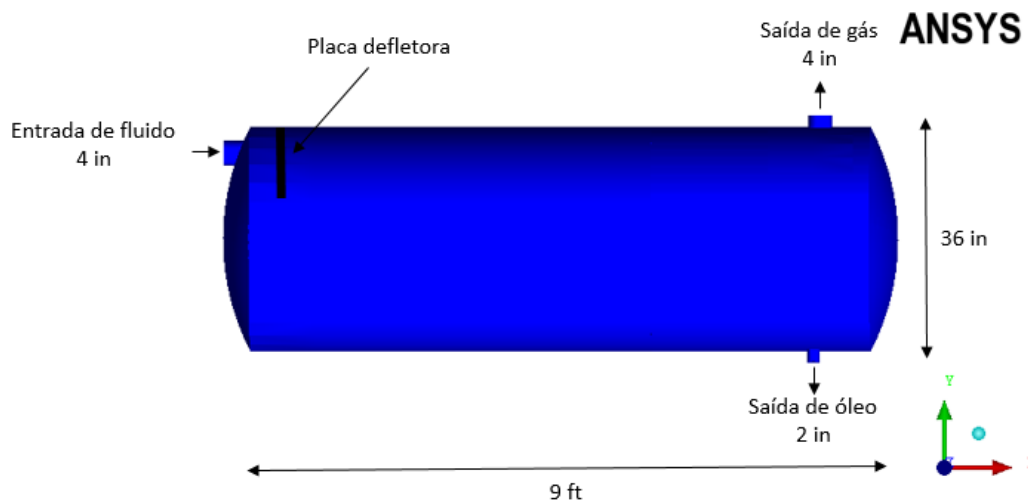
Metodologia

Na elaboração de um estudo em fluidodinâmica computacional, três etapas devem ser seguidas para alcance dos resultados: Geração da geometria e malha do domínio, aplicação da modelagem matemática e considerações do modelo e inserção das propriedades dos materiais, condições iniciais e de contorno.

Geração da geometria e malha

As dimensões do vaso separador utilizado neste trabalho foram propostas por ANJOS (2015). A geometria, representada na Figura 1, constitui-se de um vaso separador horizontal bifásico simplificado no plano xy.

Figura 1 - Dimensões do vaso separador bifásico horizontal no plano xy.



Fonte: Autor.

Foi então desenvolvida uma malha não estruturada contendo 174.693 elementos tetraédricos, e 34.961 nós, onde as equações numéricas inseridas são discretizadas nos nós desses elementos e resolvidas a partir do método dos volumes finitos.

Modelagem matemática

Para a resolução numérica adotou-se um modelo Euleriano-Euleriano baseado nas equações de conservação de massa e momento linear (MARINHO, 2012). Considerou-se um regime transiente, com domínio tridimensional em coordenadas cartesianas, para fluidos incompressíveis com propriedades físico-químicas constantes. Utilizou-se um modelo de partícula para um escoamento isotérmico para uma mistura heterogênea, adotando o modelo de turbulência k- ϵ , admitindo-se que a quantidade de água no óleo é desprezível, visando a simplificação da modelagem. Não foram consideradas a ocorrência de reações químicas e rugosidade na parede do vaso, sem desprezar o efeito da gravidade.

As simulações foram realizadas para um regime transiente com 10 loops para cada iteração, considerando um tempo total de 60 segundos e um passo de tempo de 1 segundo. Tendo com critério de convergência $10^{-4} \text{ kg.s}^{-1}$.

Propriedades físico-químicas e condições de contorno

A Tabela 1 apresenta as propriedades físico-químicas e condições de operação utilizadas:

Tabela 1- Propriedades físico-químicas e condições de operação.

Variável	Valor	Unidade
Massa específica do óleo em temperatura de operação	868,7	kg/m ³
Massa específica do gás em temperatura de operação	21,64	kg/m ³
Temperatura de operação	30	°C
Pressão de operação	26	Atm
Viscosidade do Óleo	21	Cp
Viscosidade do Gás	0,014	Cp
Tensão superficial	0,072	N.m ⁻¹
Coeficiente de Arraste	0,5	-
Fração de Volumétrica Óleo na Entrada	0,6	-
Fração de Volumétrica Água na Entrada	0,4	-
Rugosidade da Parede	-	-
Pressão nas Saídas de Gás e Óleo	25	atm

Fonte: LYONS, 1996; SILVA et al., 2015.

Casos analisados

Para o presente trabalho, serão analisados 6 casos divididos em 2 grupos:

Grupo 1: Foi analisada a influência no comportamento fluidodinâmico, quando há o aumento da vazão de fluidos na entrada do vaso para as vazões de 3,5, 4 e 4,5 k/s. O nível de óleo foi mantido em 45% da altura da seção transversal circular do cilindro.

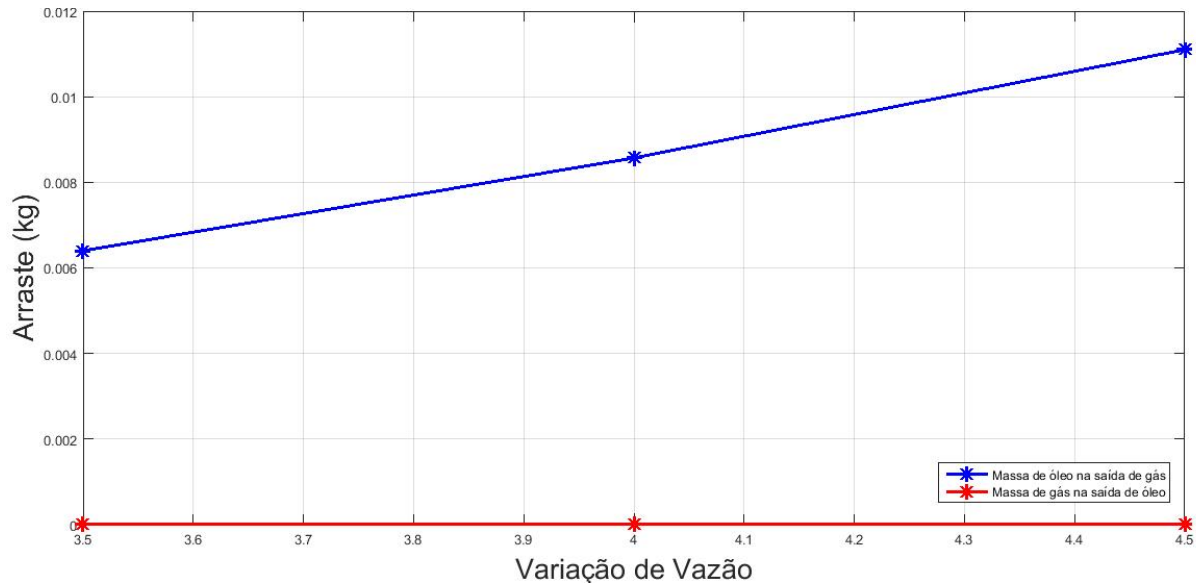
Grupo 2: Analisou-se a influência da altura do nível de óleo no interior do vaso separador para três alturas de níveis diferentes, são eles: 15, 45 e 75%. A vazão de entrada no vaso foi adotada como constante, sendo igual a 3,5 kg/s.

Resultados e Discussão

Grupo 1 - Influência da Vazão

Realizadas todas as simulações referentes ao grupo 1, foram colhidos os dados que representaram o arraste médio de óleo pela corrente de gás e gás pela corrente de óleo, para um tempo total de 60s de simulação, e os resultados foram dispostos no Gráfico 1 abaixo.

**Gráfico 1 - Influência da variação de vazão no comportamento dos fluidos no vaso separador:
(a) 3,5 kg/s; (b) 4 kg/s; (c) 4,5 kg/s.**

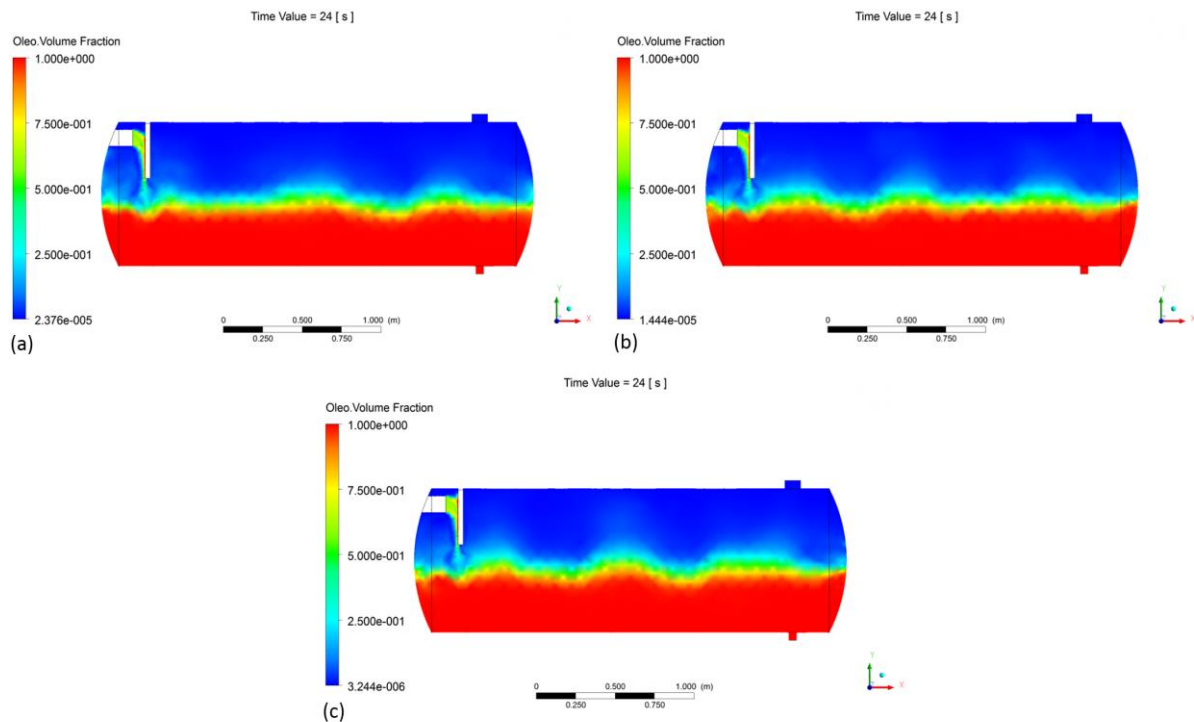


Fonte: Autor.

A partir do Gráfico 1, observa-se que à medida em que ocorre o incremento da vazão há o aumento do arraste das partículas de óleo na saída de gás. Sendo o arraste percentual médio de óleo calculado pelo solver iguais a 9,71, 11,15 e 12,95% para as vazões de 3,5, 4 e 4,5 kg/s, respectivamente. Estes resultados evidenciam a influência do incremento da vazão na eficácia do processo. Ou seja, se um vaso separador é dimensionado para uma vazão de projeto inferior a vazão de operação, certamente haverá um maior arraste de óleo pela corrente de gás no sistema, o que diminui a eficiência de separação dos fluidos do sistema. Entretanto, o arraste de gás pela corrente de óleo foi tomado como insignificante.

É possível também observar a partir do perfil fluidodinâmico do sistema (Figura 2), que com o aumento da vazão de entrada há o aumento das perturbações da interface gás-líquido, fator que também contribui para o arraste de óleo.

Figura 2 – Influência da variação de vazão no comportamento dos fluidos no vaso separador. Tempo de 24 segundos: (a) 3,5 kg/s; (b) 4 kg/s; (c) 4,5 kg/s.

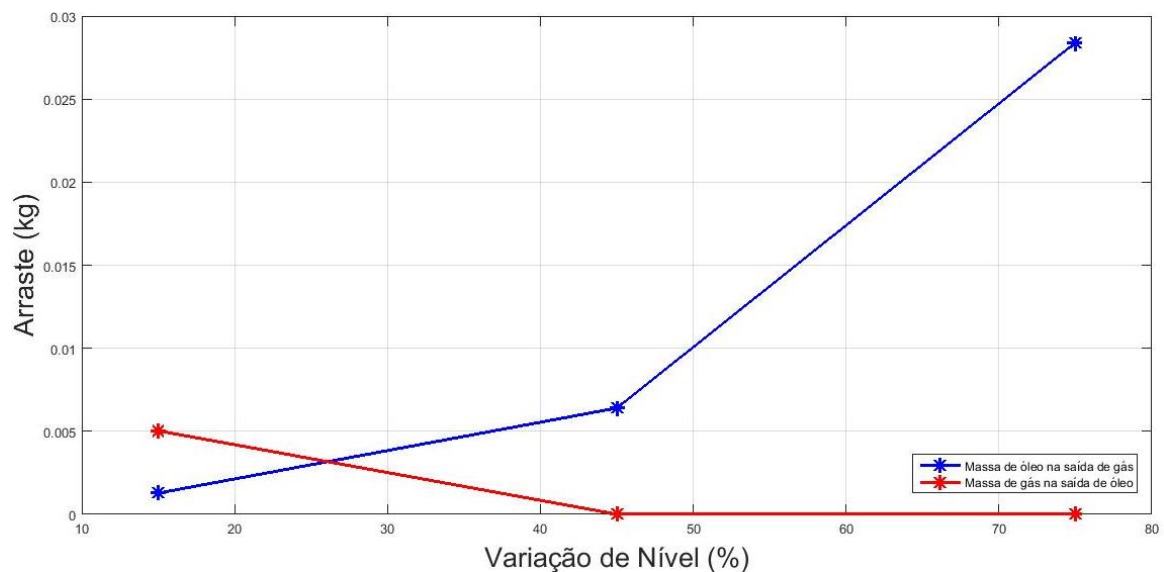


Fonte: Autor.

Influência da Altura do Nível

Para avaliar o efeito do nível de líquido no vaso separador foram realizadas as simulações para o grupo 2. Foram então colhidos os dados que representam o arraste médio de óleo pela corrente de gás e gás pela corrente de óleo para um tempo total de 60s de simulação, conforme o Gráfico 2.

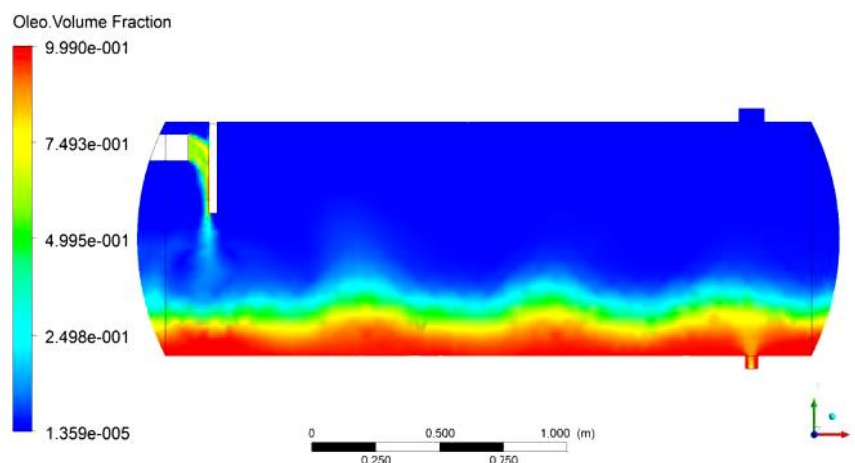
Gráfico 2 - Arraste médio das partículas de óleo na saída de gás e de gás na saída de óleo em função da variação do nível de líquido no interior do vaso.



Fonte: Autor.

A partir do Gráfico 2, percebe-se que para baixos níveis de líquido (15%) no interior do separador há um menor arraste de óleo pela corrente de gás através da saída de gás. Este fato seria bastante positivo caso não houvesse uma produção significativa de gás nestas condições. A turbulência gerada pela queda da mistura da alimentação no óleo faz com que se eleve a agitação do leito líquido com formação de espumas, conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Ênfase da formação de espumas na interface líquido-gás para um nível de 15%



Também é possível notar do Gráfico 2 que para um nível de 45% de líquido, a produção de gás através da saída de óleo já não é tão significativa quanto para um nível de 15%, no entanto observa-se que há o aumento do arraste de óleo pela corrente de gás. Já para um nível de líquido de 75%, o arraste de óleo foi cerca de 4,44 vezes maior comparado com o arraste promovido considerando-se um vaso com 45% de nível de líquido.

O arraste percentual médio de óleo pela corrente de gás, para o tempo total de simulação, considerando os níveis de 15%, 45% e 75% de líquido no interior do vaso separador foi de, respectivamente, 2,35%, 9,72%, e 32,60%. Observou-se que a massa de gás arrastada pela corrente de óleo, comparada com a massa de gás do sistema (massa de gás na saída de gás somada com a massa de gás da saída de líquido), para o nível de 15% de líquido foi de aproximadamente 8,65%. Para os demais casos não foi observada produção significativa de gás na saída de líquido.

Conclusões

A partir das simulações realizadas no presente trabalho, observou-se que a modelagem matemática empregada para descrever o comportamento dos fluidos escoando em um vaso separador bifásico horizontal, foi capaz de reproduzir os fenômenos físicos que ocorrem neste tipo de sistema.

Notou-se também que o aumento da vazão de entrada eleva consideravelmente o arraste de óleo pela fase gasosa devido à maior turbulência e o menor tempo de residência do sistema, embora não tenha havido influência significativa de arraste de gás na fase líquida.

Já o aumento do nível de óleo dentro do vaso, fez subir o arraste da fase líquida pela gasosa pelo aumento da altura da interface, deixando-a mais próxima ao bocal de saída, o que também reduziu a quantidade de gás na saída de líquido, pois a fase gasosa tendeu a se comprimir no alto do vaso.

Entretanto, para níveis baixos o arraste de gás pela fase líquida se mostrou muito alto, pois a fração volumétrica total do sistema é predominantemente gasosa e o impacto gerado pela queda da mistura no baixo nível tende a formar espumas (misturas) na interface.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, M. F. **Dimensionamento de Vaso Separadores de Petróleo**. Projeto de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Natal, 2014.

ANJOS, R. C. N. S. **Dimensionamento de Vaso Separador Bifásico Horizontal**. Projeto de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Natal, 2015.

BRASIL, N.I.; ARAÚJO, M. A. S.; SOUSA, E. C. M. **Processamento de Petróleo e Gás**. 2 edição, LTC, Rio de Janeiro, 2014.

FREITAS, T. E. S. **Dinâmica do Líquido de um Vaso de Separação Gás/Óleo: Modelagem e Simulação**. Projeto de Conclusão de Curso – Centro de Ciências e Tecnologia - Universidade Federal de Campina Grande – PB, 2015.

JUSTINO, D. G. **Os Principais Equipamentos de uma Unidade de Processamento Primário de Óleo**. Dissertação de Mestrado em Gestão de Produção de Petróleo e Gás- Faculdade Capixaba de Nova Venécia. Nova Venécia - SC, 2010.

LYONS, W. C; PLISGA, G. J. **Standar Handbook of Petroleum & Natural Gas Engineering**. 2ed. EUA: Elsevier, 2005.

MARINHO, J. L. G. **Escoamento Anular Isotérmico de Óleos Pesados e Água em Bifurcações Angulares: Modelagem e Simulação**. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos - Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande – PB, 2012.