

ANÁLISE DO ESCOAMENTO MULTIFÁSICO NO BOCAL CONVERGENTE DE EJETORES MULTIFÁSICOS

Autor: Rafael Breno Pereira de Medeiros; Co-autor: MSc. Leonardo Asfora de Oliveira;
Orientador: Prof. Dr. Lindemberg de Jesus Nogueira Duarte.

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, ljnduarte@hotmail.com

Resumo: Em poços que produzem por métodos de elevação bombeados, são instalados separadores de gás visando direcioná-lo para o anular, pois o gás livre na sucção dessas bombas prejudica sua performance. Este gás, no entanto, pode ficar aprisionado, aumentando a contrapressão no reservatório e reduzindo a vazão do poço. O presente trabalho possui por objetivo avançar nos estudos da análise de uma possível solução para este problema - resultado de uma parceria entre a Petrobras e a UFRN - que é a instalação de equipamentos denominados de ejetores na linha de surgência. Ejetores utilizam a energia cinética de um fluido motriz para succionar outro, denominado de secundário. Neste caso, a ideia é utilizar a produção do próprio poço como fluido motriz para aspirar o gás aprisionado no anular. O estudo realizado foi focado em uma das seções do ejetor, o bocal convergente, onde buscou-se compreender o efeito do escorregamento entre as fases no perfil de pressão. Para isto, utilizou-se o software de fluidodinâmica computacional CFX da empresa ANSYS, versão 16.0. O modelo matemático estudado foi o Modelo de Dois Fluidos, onde foram consideradas as forças de arraste e de massa virtual. Concluiu-se que o efeito do aumento da fração de vazios e do diâmetro de bolha é aumentar o escorregamento entre as fases, e que para os casos simulados o perfil de pressão no bocal não variou significativamente quando comparado ao caso homogêneo (sem escorregamento).

Palavras-chave: Ejetor, CFX, bocal convergente.

Introdução

Ao longo da vida produtiva de poços de petróleo, em algum momento haverá a necessidade de implementar métodos de elevação artificial. De maneira geral, tais métodos reduzem a pressão requerida de fluxo de fundo para o escoamento, permitindo assim que os fluidos cheguem à superfície (OLIVEIRA, 2017). Dentre estes métodos estão aqueles que se valem da instalação de bombas de subsuperfície, como é o caso do Bombeio Mecânico, Bombeio por Cavidades Progressivas e o Bombeio Centrífugo Submerso.

Os métodos bombeados de elevação artificial têm como principal desafio o bombeio de gás juntamente com o óleo produzido, principalmente em poços de alta Razão Gás-Líquido (RGL). À isto deve-se a drástica redução da eficiência

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

www.conepetro.com.br

que estas bombas apresentam em tais condições. Na prática, separadores de gás são instalados para redirecioná-lo ao espaço anular.

Devido a questões ambientais e de segurança impostas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o gás separado não pode ser liberado à atmosfera. Faz-se então uma conexão entre o espaço anular e a linha de surgência através de uma válvula de retenção, de forma a enviar o gás separado para as facilidades de separação juntamente com o óleo produzido. No entanto, em poços de alta pressão de linha, a pressão necessária no anular para abrir a válvula é elevada, fazendo com que o gás separado se acumule, aumentando a contrapressão no reservatório.

A Petrobras tem investido em pesquisa e desenvolvimento para solucionar problemas encontrados no ramo petrolífero, inclusive o citado anteriormente. Uma solução que está em estudo é a utilização de ejetores de superfície, um equipamento que utilizará a energia cinética da própria produção do poço para succionar o gás aprisionado no anular. Estes equipamentos são conhecidos por possuírem um mecanismo simples, de baixo custo e pouca manutenção, incentivando cada vez mais a sua utilização (CHAGAS, 2016). Na aplicação estudada, o ejetor é vinculado à cabeça do poço ligado a linha de surgência e a ao espaço anular, como mostra a Figura 1.

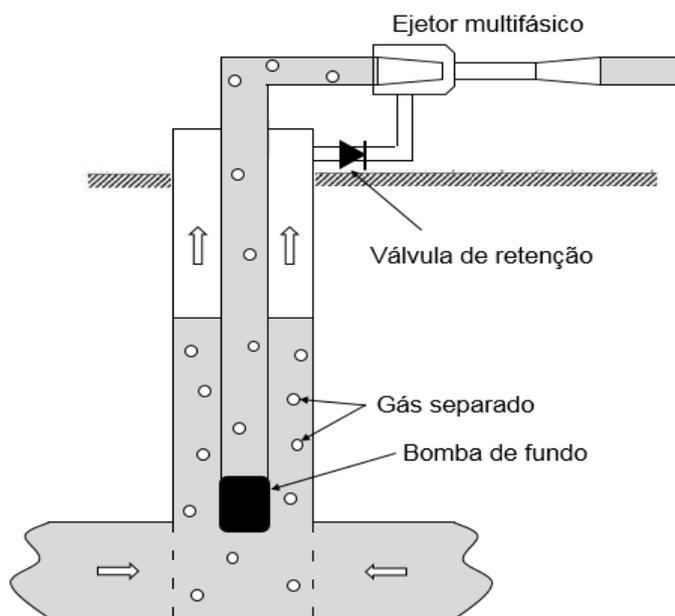


Figura 1 – Esquema de ejetor multifásico instalado na linha de surgência.

Ejetores são divididos em quatro seções: bocal convergente, câmara de sucção, garganta e difusor. Este primeiro compreende a seção por onde o fluido primário ou motriz entra com uma alta pressão, sendo caracterizado por seção de área transversal decrescente, fazendo com que o fluido tenha um aumento de velocidade e uma diminuição de pressão (CHAGAS, 2016). Devido a diferença de inércia entre líquido e gás, as altas acelerações acarretam no escorregamento entre as fases, que pode ser de elevada magnitude a depender da quantidade de gás presente.

O presente trabalho teve por objetivo estudar o escoamento bifásico de líquido e gás no interior do bocal convergente utilizando o modelo de dois fluidos.

Metodologia

O CFX 16.0 é um *software* de fluidodinâmica computacional de propósito genérico que, através da combinação de ferramentas de pré e pró-processamento com um avançado módulo de simulação, possibilita a modelagem das mais diversas condições de fluxo, onde dentre estas está o escoamento multifásico (OLIVEIRA, 2017). Ele consiste de basicamente quatro módulos que permitem, dado um certo domínio e malha computacional, realizar análises de fluidodinâmica computacional. A Figura 2 mostra o processo de utilização destes módulos.

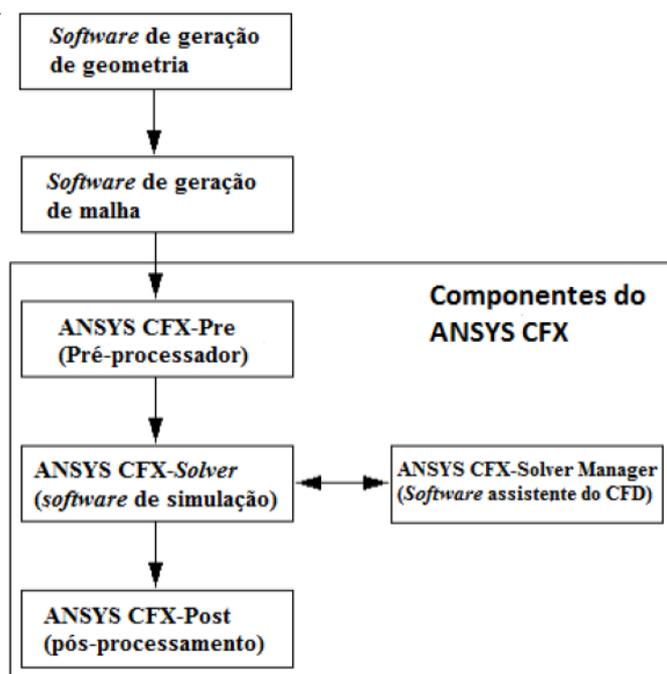


Figura 2 - Módulos que compõe o ANSYS-CFX.

O software de geração do domínio computacional utilizado para criação da geometria do bocal convergente foi o *Design Modeler*, e para a geração da malha utilizou-se o *Mesh*. Ambos estão disponíveis no ANSYS Workbench. A Figura 1 abaixo mostra o domínio computacional do bocal convergente estudado, juntamente a malha computacional e as dimensões utilizadas. O meio ângulo do bocal foi de 20°.

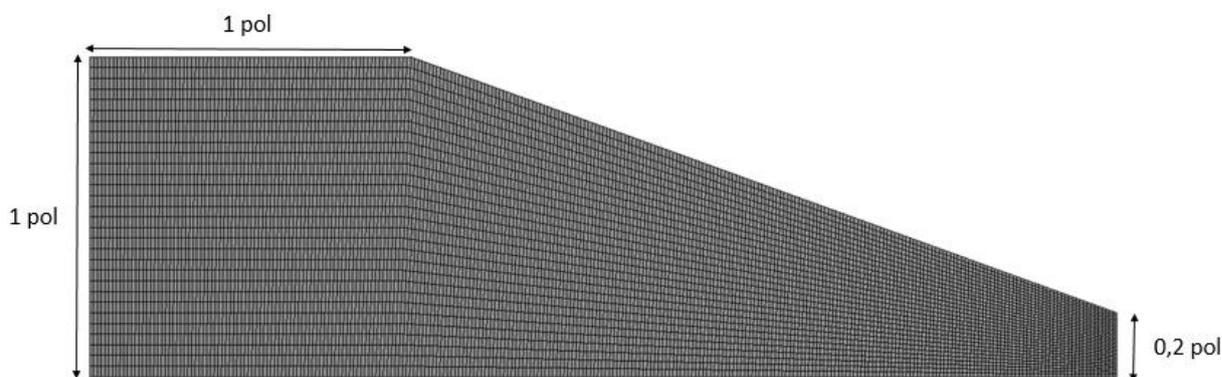


Figura 3 – Dimensões e malha computacional utilizada nas simulações.

Note que o bocal consiste de um plano bidimensional, e apenas metade dele foi considerado. A razão por trás disto deve-se a simetria axial inerente ao escoamento neste tipo de geometria, que torna suficiente esta simplificação. A malha representada na Figura é composta de 8190 elementos e foi escolhida através de uma análise de independência de malha.

A Tabela 1 mostra os principais parâmetros utilizados nas simulações:

| Parâmetros | Informações |
|--|--|
| Tipo de simulação | Regime permanente |
| Fluidos utilizados | Água (incompressível) e ar (gás ideal) |
| Morfologia das fases | Gás disperso em água |
| Diâmetro das bolhas de gás | 0,5, 1 e 2 mm. |
| Fração de vazios na entrada do bocal | 5 e 10%. |
| Modelo multifásico | Dois Fluidos |
| Modelo de transferência de calor | Isotérmico: 25°C |
| Modelo de transferência interfacial de momento | Forças de arraste e de massa virtual |
| Modelo de turbulência | <i>k-epsilon</i> padrão |

| | |
|---|--|
| Pressão na saída do bocal | 8 atm abs. |
| Velocidade da água e do gás na entrada do bocal | 1 m/s |
| Critério de convergência | Resíduos de 10^{-5} para todas as equações |

Tabela 1 – Parâmetros utilizados nas simulações.

Para modelar o coeficiente de arrasto utilizou-se o modelo de Schiller Naumann disponível no CFX, e para o coeficiente de massa virtual utilizou-se a mesma equação utilizada por PALADINO (2005) em seu estudo a respeito de escoamento multifásico em tubos venturi.

Detalhes a respeito das equações diferenciais resolvidas pelo CFX para o modelo de dois fluidos e de turbulência, e para as equações constitutivas das forças de arraste e massa virtual podem ser encontradas em ANSYS CFX - SOLVER THEORY GUIDE (2013).

Resultados e Discussão

A Figura 4 mostra o efeito do diâmetro das bolhas de gás e da fração de vazios na velocidade de escorregamento considerando as forças de arraste e de massa virtual (MV). Note que, como esperado, o efeito do aumento do diâmetro de bolha e da fração de vazios é o de aumentar o escorregamento entre as fases. Ainda, para todos os casos, a velocidade de escorregamento tende a aumentar à medida que os fluidos deslocam-se para a saída.

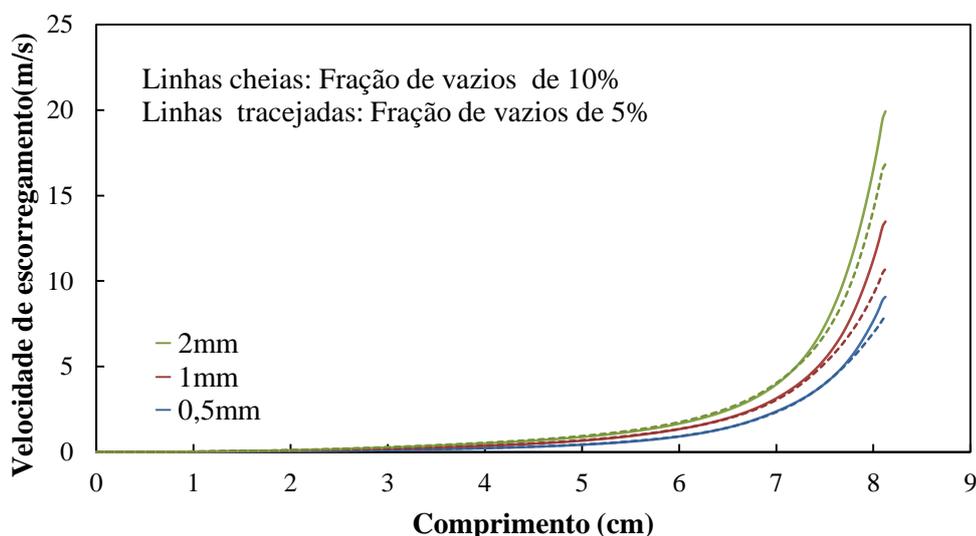


Figura 4 – Efeito do diâmetro das bolhas de gás e da fração de vazios na velocidade de escorregamento considerando força de arraste e de massa virtual.

Já a Figura 5 mostra um gráfico do perfil de pressão ao longo do bocal para um diâmetro de bolha de 2mm e fração de vazios de 10%, onde foi analisado a influência das forças de transferência interfacial na resposta.

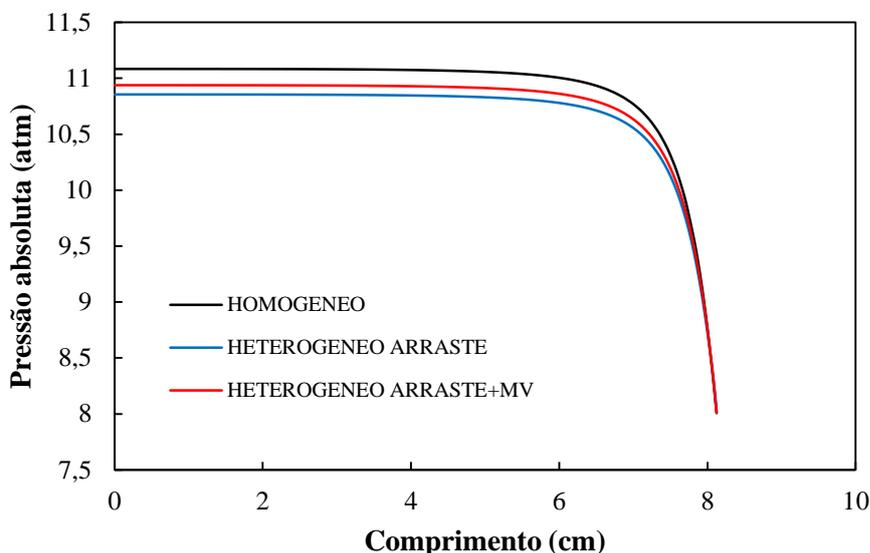


Figura 5 – Efeito da influência das forças de transferência interfacial no perfil de pressão para um diâmetro de bolha de 2mm e fração de vazios de 10%.

Note que no modelo homogêneo (sem escorregamento), a queda de pressão no bocal é maior do que para os demais casos. Além disto, a adição da força de massa virtual reduz a queda de pressão quando comparado ao caso somente com arraste. Comportamento similar foi encontrado por PALADINO (2005).

Se nos lembrarmos que a pressão de entrada do bocal condiz com a pressão na cabeça do poço (ver Figura 1), nota-se que o caso homogêneo fornece a condição mais pessimista, uma vez que um aumento da pressão de cabeça acarreta na redução da vazão de produção do poço. Este resultado é de extrema relevância, uma vez que embora na teoria o modelo homogêneo seja inadequado para prever de maneira satisfatória o escoamento bifásico acelerado no bocal, ele fornecerá, no contexto geral da instalação do ejetor no poço, uma análise conservadora.

Por fim, é possível observar que a variação no perfil de pressão entre os casos homogêneo e heterogêneo não foi tão significativa. De fato, para o caso simulado com fração de vazios de 5%, praticamente nenhuma diferença foi observada,

razão esta pela qual não foi demonstrado. Estes resultados sugerem que, ao menos para os casos simulados, a utilização de um modelo sem escorregamento (como aquele proposto por OLIVEIRA (2017)) pode ser utilizado de maneira satisfatória para previsão da queda de pressão no bocal convergente.

Conclusões

Através dos resultados obtidos nas simulações foi possível observar que o efeito do aumento da fração de vazios e do diâmetro das bolhas de gás é o de aumentar o escorregamento entre as fases. Além disto, o efeito da adição das forças de arraste e de massa virtual não acarretou em variações significativas do perfil de pressão no bocal quando comparado ao caso homogêneo, pelo menos para os casos estudados. Ainda, conclui-se dos resultados que o modelo homogêneo fornece o modelo mais pessimista quando levamos em consideração a atuação do ejetor em conjunto com o poço de petróleo, fornecendo a maior pressão de cabeça.

Agradecimentos

A Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) por proporcionar todo apoio, a Petrobrás pela parceria com a UFRN, ao meu orientador Prof. Dr. Lindemberg de Jesus Nogueira Duarte e ao meu coorientador MSc. Leonardo Asfora de Oliveira.

Referências

ANSYS Inc. **ANSYS CFX - SOLVER MODELING GUIDE**. Canonsburg, Pennsylvania: Release 15.0, Nov. 2013. 356 f.

ANSYS Inc. **ANSYS CFX – SOLVER THEORY GUIDE**. Canonsburg, Pennsylvania: Release 15.0, Nov. 2013. 626 f.

CHAGAS, K. W. **Validação e análise de modelo de ejetor para depressurização do anular de poços produtores**. 2016. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia de Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

OLIVEIRA, Leonardo Asfora de – **Análise da Aplicação de Ejetores de Superfície para Aumento de Produção de Poços de Petróleo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Petróleo) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.



PALADINO, E. E. Estudo do escoamento multifásico em medidores do tipo pressão diferencial. 2005. 263f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.