

10º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

ESTUDO EXPERIMENTAL DA APLICAÇÃO DE EJETOES DE SUPERFÍCIE EM POÇOS DE PETRÓLEO

AUTORES:

DIANA CARLA BRANDÃO MAIA, GUSTAVO HENRIQUE MEDEIROS ZAWADZKI, ANA RAFAELLY AMARAL BEZERRA, LEONARDO ASFORA DE OLIVEIRA E LINDEMBERG DE JESUS NOGUEIRA DUARTE

INSTITUIÇÃO:

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

ESTUDO EXPERIMENTAL DA APLICAÇÃO DE EJETORES DE SUPERFÍCIE EM POÇOS DE PETRÓLEO

Abstract

Ejector is an equipment of low cost and simple design, with high reliability. It's generally composed of four sections: nozzle, suction chamber, convergent section and diffuser. They operate from the transfer of kinetic energy of a primary fluid as a consequence of its high velocity in order to suck a secondary fluid. This suction mechanism results from the pressure difference between the nozzle outlet and the suction chamber. They are devices already used in the petroleum industry in artificial lifting methods or in order to improve the efficiency of gas lift systems. This work proposed a different use from those commonly used, to use an ejector in order to depressurize the annulment of oil producing wells. The goal is to analyze this application on a laboratory scale. A prototype of a three-part modulated ejector (nozzle, suction chamber, convergent section and diffuser) was constructed, unlike conventional models that do not have moving parts, which was assembled at the Oil and Gas Teaching and Research Center (NUPEG), located at the Technological Innovation Center of the Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN). The driving fluid used to simulate oil well production was water and the secondary fluid atmospheric air. Several tests were performed, varying some of the operational conditions, such as the primary fluid flow, aiming to obtain the best equipment performance. The tests were performed at room temperature, atmospheric pressure and flow rates below 30 L / min. The initial analysis showed the capacity of the convergent section, responsible for the low pressure zone in the equipment and for allowing the atmospheric air aspiration. However, the diffuser was not able to recover the pressure satisfactorily, which should be the subject of future studies.

Introdução

Ao longo da vida produtiva de um poço de petróleo, geralmente, faz-se necessário o uso de algum método de elevação artificial quando a pressão do reservatório não é capaz de elevar os fluidos até a superfície de maneira desejada. Os métodos de elevação mais utilizados na indústria do petróleo são: Elevação Natural, Gás-Lift, Bombeio Mecânico com Hastes (BM), Bombeio Centrifugo Submerso (BCS) e Bombeio por Cavidades Progressivas (BCP). A escolha do melhor método para um determinado poço depende de inúmeros fatores, os principais a serem considerados são: quantidade de poços, diâmetro de revestimento, razão gás-líquido, viscosidade dos fluidos, mecanismo de produção do reservatório, entre outros.

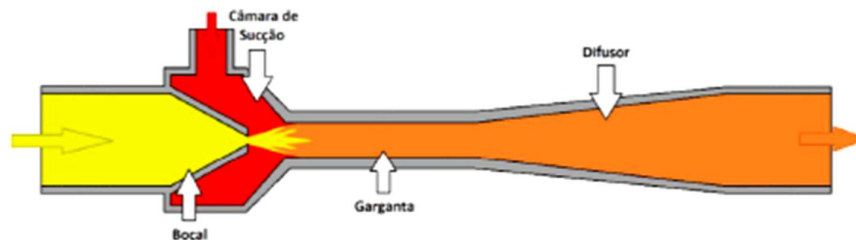
Contudo, poços com uma Razão Gás-Óleo (RGO) muito elevada possuem uma certa limitação relativa aos métodos de elevação, isso se deve a sucção de gás livre na bomba que acaba prejudicando seu desempenho e até pode ocasionar danos a sua estrutura. Esses efeitos indesejados justificam a completação desses poços sem a presença de *packer* e com o uso de separadores de gás a fim de direcioná-lo para o espaço anular.

Devido à ausência do *packer*, o anular deve ser mantido fechado por questões ambientais e de segurança, que são regulamentadas pela Agência Nacional de Petróleo (ANP), para evitar que esse gás seja descartado na atmosfera. No entanto, o acúmulo de gás no anular causa uma contrapressão no fundo do poço reduzindo a submergência da bomba, podendo prejudicar a capacidade produtiva do poço.

Em vista dessa problemática, uma possível solução de baixo custo seria a instalação de um ejeter, com partes móveis, conectado à linha de surgência que seria capaz de diminuir a pressão através da sucção do gás presente no anular usando a energia cinética da própria linha de produção do poço.

Os ejetores surgem com elevado potencial de aplicação por serem dispositivos de design estrutural simples, de fácil instalação, baixo custo e que possuem uma elevada confiabilidade em comparação com outros equipamentos. Por outro lado, apresenta a desvantagem de baixa eficiência energética. Geralmente, eles são divididos em quatro seções: bocal, câmara de sucção, garganta e difusor, como mostra a Figura 1.

Figura 1. Esquema básico de um ejetor.



Fonte: CHAGAS (2016)

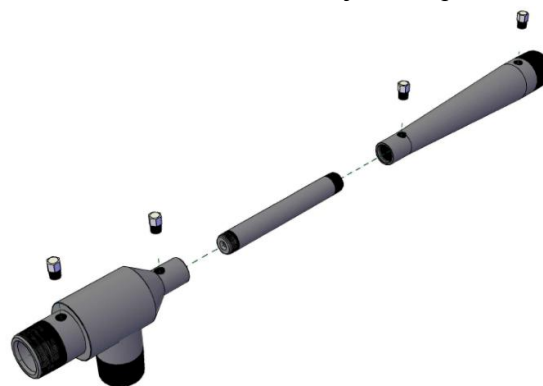
Neste sentido, este trabalho teve como objetivo principal o dimensionamento de um ejetor para acoplamento em uma linha de escoamento laboratorial com o intuito de obtenção de dados experimentais preliminares para avaliar o comportamento da pressão ao longo do ejetor, assim como sua capacidade de aspiração de ar atmosférico ou proveniente de um compressor.

Metodologia

Dimensionamento e montagem do sistema

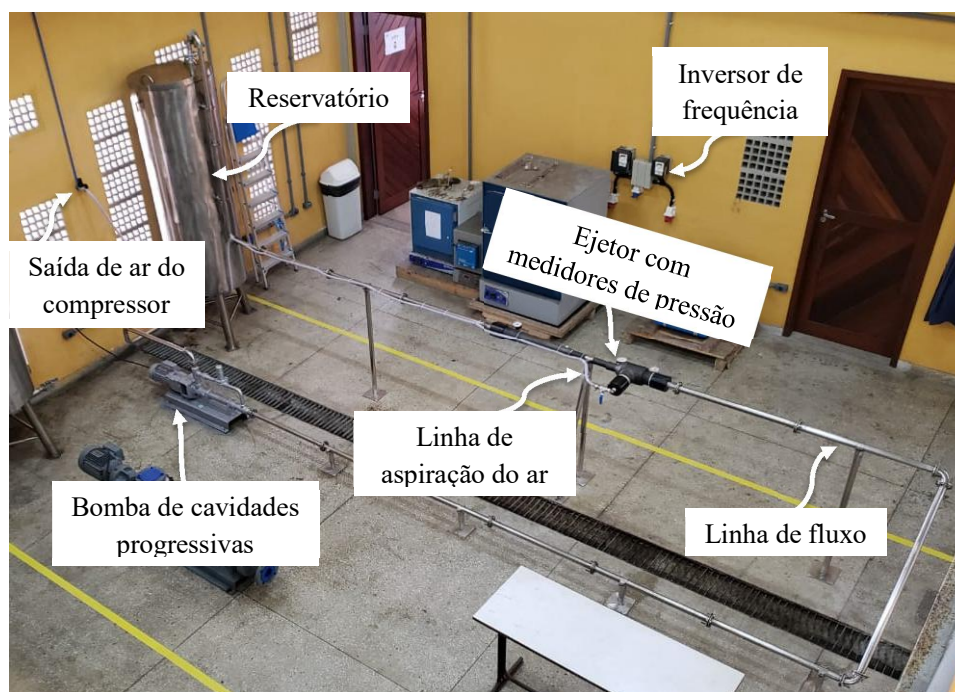
Inicialmente, foi realizado o dimensionamento do ejetor que será posteriormente acoplado ao sistema de escoamento laboratorial. A geometria do ejetor foi desenvolvida com base nas informações obtidas através da ferramenta computacional desenvolvida por Queiróz (2015), denominada de DimEjetor. Na ferramenta são solicitados os dados das condições de contorno de entrada, sucção e descarga do ejetor, ângulos inclusos do bocal e do difusor, massa específica do líquido, densidade do gás e, através de processos iterativos, retorna o diâmetro do bocal e da garganta, comprimento da garganta e do difusor, além da eficiência do ejetor dimensionado. O ejetor dimensionado é constituído de três partes móveis rosqueáveis: câmara de sucção com bocal convergente-reto (1), garganta (2) e difusor (3), conforme é apresentado na Figura 2.

Figura 2. Geometria tridimensional do ejetor acoplado ao sistema.



Após o dimensionamento e a construção do ejedor, realizou-se a montagem do aparato experimental, conforme é apresentado na Figura 3.

Figura 3. Sistema de escoamento com ejedor gás/líquido acoplado.



O sistema é composto por um reservatório, com capacidade para 560 litros, uma bomba de cavidades progressivas modelo MN021*1L da Netzsch, um ejedor modulado em três partes (câmara de sucção com bocal, garganta e difusor), três medidores de pressão, um compressor, uma linha de aspiração de gás, um inversor de frequência modelo ATV312H075N4 da Schneider, e uma linha de fluxo composta por tubos de 1"1/2 interligados por conexões flangeadas, pela qual escoam os fluidos utilizados nos experimentos. A Tabela 1 apresenta as especificações da bomba de cavidade progressivas instalada no sistema.

Tabela 1. Especificações da bomba de cavidades progressivas modelo MN021*1L da Netzsch.

Rotação	93 a 429 RPM
Potência Absorvida	0,266 KW
Vazão Nominal	220 a 1150 L/H

Procedimento experimental

O procedimento realizado para análise experimental foi dividido em duas etapas: (1) utilizando água e ar atmosférico e (2) utilizando água e ar comprimido. O processo consiste na variação da frequência do inversor e na aplicação de uma contrapressão na entrada do reservatório, com o intuito de verificar o comportamento das pressões nas seções do ejedor.

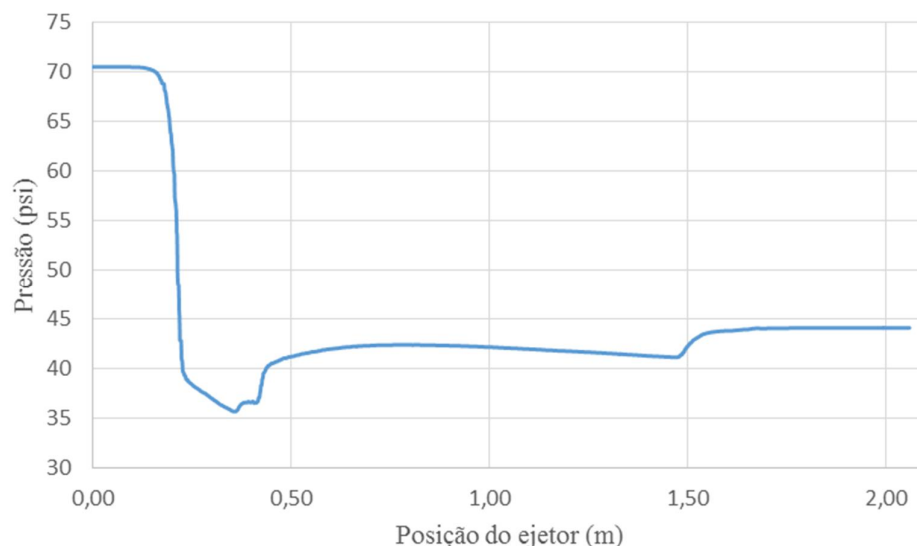
Foram efetuadas análises para as frequências de 60, 80, 100 e 120 Hz, utilizando ar atmosférico e válvula de entrada do reservatório aberta e semiaberta. Em seguida, foram realizadas novas análises

para as mesmas quatro frequências com o compressor conectado a câmara de sucção de ar aspirado à uma pressão de 15 psi e válvula de entrada do reservatório aberta e semiaberta.

Resultados e Discussão

Inicialmente, de posse da geometria do ejedor e considerando condições operacionais definidas para o sistema, foi realizado um estudo teórico capaz de observar a evolução da pressão ao longo das seções do ejedor, conforme ilustra a Figura 4.

Figura 4. Gráfico da pressão versus a posição.



A evolução da pressão ao longo do ejedor mostra uma queda de pressão intensa provocada pelo bocal e um discreto incremento de pressão no difusor. Este comportamento foi coerente com os resultados obtidos nos trabalhos de Chagas et al., (2017) e Varela e Duarte, (2017). Este comportamento já é um indicativo que a recuperação da pressão no ejedor do aparato experimental também deve ser baixa.

Em seguida, realizou-se os ensaios experimentais do teste 01 considerando a aspiração do ar atmosférico sob condições apresentadas na Tabela 01.

Tabela 01 – Resultados experimentais preliminares do teste 01.

TESTE 01			
Frequência (Hz)	P ₁ (psi)	P ₂ (psi)	P ₃ (psi)
60	10	0	2
80	15	0	2
100	20	0	2
120	30	0	2

De acordo com os resultados preliminares obtidos, vale ressaltar que os experimentos realizados nas frequências de 60 e 80 Hz foram realizados com a válvula de entrada do reservatório completamente aberta e com a válvula da câmara de sucção de ar fechada, uma vez que estava ocorrendo recirculação de fluido na câmara de gás, fato que impede a aspiração do ar atmosférico. Desta forma, foi necessário operar com as frequências de 100 e 120 Hz. Neste caso, manteve-se a válvula de entrada do reservatório completamente aberta, porém com a válvula da câmara de sucção de ar (anular) aberta para atmosfera. Nestas condições, foi possível constatar uma queda de pressão drástica entre o bocal e a garganta, o que permitiu a aspiração do ar atmosférico pela câmara de sucção. Por outro lado, observa-se que o difusor apresenta baixa capacidade de recuperação da pressão, o que justifica testar outras configurações do difusor.

Os resultados experimentais preliminares do teste 02 encontra-se discriminado na Tabela 02. Neste caso, o experimento foi executado com a bomba na frequência de 100 Hz, o compressor conectado à câmara de sucção (o regulador de pressão foi ajustado a uma pressão de 15 psi) e com a válvula de entrada do reservatório (V_2) inicialmente aberta. No decorrer do experimento, foi observado o efeito da contrapressão na linha através do fechamento parcial da válvula V_2 , verificando o aumento da pressão no difusor com o fechamento de V_2 .

Tabela 02 – Resultados experimentais preliminares do teste 02.

TESTE 02					
Frequência (Hz)	Números de voltas em V_2	$P_{\text{compressor}}$ (psi)	P_1 (psi)	P_2 (psi)	P_3 (psi)
100	0	15	30	10	2
100	3	15	30	10	2
100	4	15	30	10	7

Com o intuito de avaliar a capacidade de operação e estabilidade do sistema foi realizado o teste 03 com a frequência da bomba em 120 Hz e impondo uma contrapressão no ejetor através do fechamento da válvula V_2 . Os resultados preliminares do teste 03 estão descritos na Tabela 03.

Tabela 03 – Resultados experimentais preliminares do teste 03.

TESTE 03					
Frequência (Hz)	Números de voltas em V_2	$P_{\text{compressor}}$ (psi)	P_1 (psi)	P_2 (psi)	P_3 (psi)
120	0	15	30	10	2
120	3	15	30	10	2 – 4
120	4	15	30	10	6 – 8
120	5	15	30	10	15

Estes resultados preliminares evidenciam que a contrapressão provocada pelo fechamento da válvula V₂ permitiu que o difusor atingisse uma pressão de 15 psi, porém observou-se uma vibração da linha de escoamento, limitando o teste nesta condição.

Conclusões

Os resultados preliminares mostraram que o ejetor dimensionado apresenta boa capacidade de aspiração de ar pela câmara de sucção, seja do ar atmosférico quanto do ar proveniente do compressor. As condições analisadas permitiram avaliar a capacidade de operação do aparato experimental com ou sem contrapressão do sistema, identificando o poder de recuperação de pressão no difusor. Vale ressaltar que os resultados obtidos neste trabalho são preliminares e tiveram o intuito de avaliar a capacidade de operação do aparato experimental em função da vazão e pressão do sistema. É importante destacar que a instrumentação do aparato será realizada de modo a quantificar precisamente os dados de pressão e vazão (líquido e gás).

Agradecimentos

Ao Núcleo de Ensino e Pesquisa em Petróleo e Gás (NUPEG) e à Petrobras, pelas condições proporcionadas para realização desse trabalho.

Referências Bibliográficas

CHAGAS, K. W.; ÁLVARES, K. C. M.; OLIVEIRA, L. A.; DUARTE, L. J. N. **Análise geométrica de ejetores para descompressão do revestimento em poços maduros**. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2., 2016, Natal.

CHAGAS, K. W. **Validação e análise de modelo de ejetor para despressurização do anular de poços produtores**. 2016. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, 2016.

QUEIRÓZ, C. D. de O. **Desenvolvimento de uma Ferramenta Computacional para o Dimensionamento de Ejetores Acoplados à Cabeça de Poço**. Mai. 2015, 50 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

SILVA, F. M. F. da. **Proposta de um protótipo de ejetor laboratorial para obtenção de dados experimentais**. 2018. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, 2018.

VARELA, N. K. L.; DUARTE, L. J. N. **Análise da geometria do difusor em ejetores de superfície instalados em poços de petróleo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS, 9., 2017, Maceió.