

RESPOSTA DINÂMICA DE UM RISER RÍGIDO EM CATENÁRIA DEVIDO À EXCITAÇÃO INDUZIDA PELO ESCOAMENTO INTERNO

Paulo G. Valdivia¹ (UNICAMP), Celso K. Morooka² (UNICAMP), Sérgio N. Bordalo³ (UNICAMP),
Cyntia G. C. Matt⁴ (PETROBRAS/CENPES), Ricardo Franciss⁵ (PETROBRAS/CENPES)

^{1,2,3}DEP/FEM/UNICAMP, Cx. P. 6122, 13083-970, Campinas, SP, valdivia@dep.fem.unicamp.br

^{4,5}PETROBRAS/CENPES, 21941-915, Rio de Janeiro, RJ, cyntiagc@petrobras.com.br

Com as descobertas de reservas de petróleo e gás natural localizadas sob lâminas de água cada vez mais profundas, são necessárias pesquisas e desenvolvimentos de sistemas de produção capazes de atender a condições cada vez mais extremas. Uma parte fundamental do sistema de elevação de hidrocarbonetos é o duto suspenso que interliga o poço produtor à plataforma de produção, denominado *riser*, podendo ser composto de diversos materiais e ter distintas configurações estruturais. Um exemplo é o SCR (*Steel Catenary Riser*), duto rígido de aço, conectado à uma plataforma flutuante na superfície do mar, com ângulo de conexão no topo pré-estabelecido e assumindo o formato geométrico de catenária em seu trecho suspenso. A confiabilidade operacional de um *riser* de produção está diretamente ligada à sua vida útil, que depende do número de solicitações cíclicas a que o *riser* é submetido durante seu período de operação, além dos valores extremos de tensões atenderem os limites de resistência do material do *riser*. Os *risers* durante operação estão sujeitos a diversos tipos de carregamentos hidrodinâmicos externos, tais como correntezas e ondas, aos movimentos induzidos pela plataforma de produção, e ainda, excitação devido a carregamentos internos devido ao escoamento interno de óleo e gás produzido do poço. Os efeitos do carregamento externo ao *riser* têm sido alvo de inúmeros estudos científicos, entretanto, o fenômeno da oscilação decorrente do escoamento interno tem sido pouco pesquisado. A elevação do petróleo durante o processo de sua produção de um reservatório ocorre normalmente em regime de escoamento multifásico. Tem se observado que a dinâmica do escoamento interno do óleo e gás do poço à plataforma de produção através do *riser*, geralmente em regime de escoamento multifásico, acaba provocando solicitações ao *riser*. Com objetivo de se investigar a relevância e caracterizar tais esforços e o comportamento resultante do *riser*, foi construído um modelo em escala reduzida e foram conduzidos experimentos no laboratório. Medições de deslocamentos, acelerações e forças, além das características do escoamento em termo de vazões e pressões foram monitoradas.

Riser de Produção, Sistemas Marítimos de Produção, Exploração de Óleo e Gás

1. INTRODUÇÃO

Risers são dutos com a função de interligar o poço produtor de petróleo, no fundo do mar, e a unidade flutuante de produção na superfície do mar. Podem assumir diversas configurações, sendo que sua escolha depende de fatores como a profundidade do mar, tipo da plataforma de produção, dentre outros. *Risers* em operação em grandes lâminas d'água podem ser considerados elementos esbeltos, tendo em vista a baixa relação entre o diâmetro do *riser* e o seu comprimento total. Estão submetidos, em geral, a elevados carregamentos estáticos e dinâmicos oriundos da ação direta de correntezas e ondas, dos movimentos da plataforma flutuante de produção e, finalmente, carregamentos oriundos do escoamento interno dos fluidos produzidos do reservatório de petróleo (Figura 1). O conhecimento da contribuição de cada um desses carregamentos e correspondentes efeitos no *riser* é fundamental para o entendimento correto do comportamento estático e dinâmico de um *riser* de aço em configuração de catenária (SCR).

O presente trabalho tem como objetivo principal caracterizar a influência do escoamento interno de óleo e gás em um *riser* de aço na configuração de catenária. Observa-se da literatura de que poucos trabalhos podem ser encontrados abordando a questão da influência do escoamento interno no comportamento estático e dinâmico do SCR. Com esta finalidade, foi elaborado o projeto de um modelo reduzido de uma SCR para ensaios em laboratório e testes foram realizados produzindo escoamento bifásico água e ar, simulando escoamento de óleo e gás no interior de um *riser*. Foi considerada como protótipo uma SCR em operação em uma lâmina de água de 900 metros.

Através do estudo de números adimensionais (Kubota *et al.*, 2005) obtiveram-se dimensões para o modelo reduzido e demais características procurando-se manter a similaridade dinâmica e cinemática com o protótipo. Alguns dos principais parâmetros observados foram as dimensões geométricas envolvidas, velocidade do escoamento e módulo de rigidez à flexão do *riser*. Os principais resultados obtidos, em termos de amplitude e frequência de deslocamentos, são mostrados e discutidos, sendo feitas algumas conclusões.

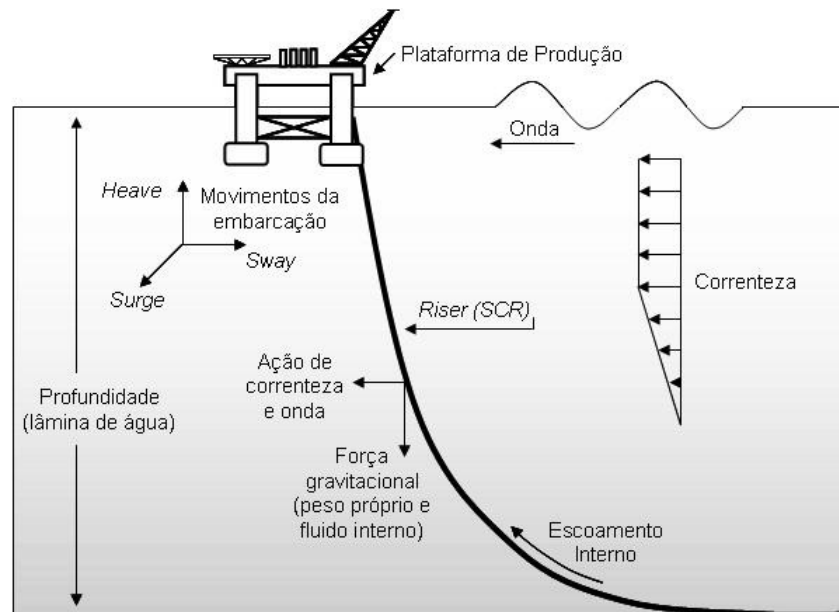


Figura 1. Carregamentos ambientais sobre um riser.

Moe e Chucheeepsakul (1988) investigaram os efeitos do escoamento monofásico em um riser vertical, com tensão de topo constante. O efeito do escoamento interno na frequência natural foi considerado moderado, com exceção em situações em que a velocidade fosse muito elevada e a tração na base do riser seja baixa. Para este último caso, a flexão do riser não mais pode ser negligenciada. Foi detectada uma mudança de fase na vibração ao longo do riser. Para o riser vertical em estudo, o escoamento interno pode ter seu efeito reproduzido pela introdução de uma tração combinada, a qual incorpora forças centrífugas e diferenciais de pressão. Eles também apontam para o fato de que instabilidades podem ocorrer nos risers devido ao escoamento interno, principalmente se o este escoamento for variável no tempo (intermitente ou golfadas).

Patel e Seyed (1989) apresentam as equações governantes de equilíbrio para um riser flexível em duas dimensões, em conjunto com as equações para a excitação devido ao escoamento em golfadas (*slug flow*) dentro do riser. Eles mostram que a curvatura do riser flexível em catenária livre induz forças devido à variação da quantidade de movimento do escoamento, monofásico ou bifásico em golfadas. Mudanças na pressão hidrostática, oriundas da variação da massa do fluido interno, também geram forças que excitam a estrutura. Também chamam a atenção para o fato de que escoamentos bifásicos em golfadas (ou intermitentes) induzem o duto a grandes flutuações nas tensões, acarretando outra fonte de carregamento cíclico, importante para o cálculo da fadiga.

Wu e Lou (1991) desenvolveram um modelo matemático para o movimento lateral de um riser vertical. O objetivo foi de examinar o efeito do escoamento interno monofásico e da rigidez flexural do duto no comportamento dinâmico do riser. O modelo foi também sujeito à ação conjunta de onda, correnteza e *offset* da embarcação. O ângulo da base, para baixas velocidades do escoamento interno, apresenta pouca diferença para um riser ou um cabo. À medida que a velocidade aumenta, essa diferença se torna mais evidente, sendo o ângulo para um riser maior que para um cabo. Os deslocamentos máximos ocorrem nas posições mais profundas, próximas ao fundo do mar. A rigidez se torna mais importante para a resposta dinâmica do riser quando o escoamento interno ocorre em altas velocidades.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente estudo, Kubota *et al.* (2005) realizaram o estudo e o dimensionamento e a construção de um modelo em escala reduzida tendo como referência um protótipo de SCR em operação em uma lâmina de água de 900 metros. Para se manter a correlação entre o riser real (protótipo) e o modelo em laboratório (escala reduzida), procurou-se manter as condições de semelhanças geométrica, cinemática e dinâmica.

2.1 Montagem Experimental

O projeto do experimento e o dimensionamento do modelo reduzido para o SCR tiveram como base a análise dimensional dos parâmetros mais importantes do problema abordado, conforme Tabela 1 (Kubota *et al.*, 2005). Nesta análise procurou-se a manutenção das semelhanças geométrica, cinemática e dinâmica, observando-se

principalmente a semelhança do escoamento interno de óleo e gás no interior do *riser* conforme protótipo. A Tabela 2 apresenta os parâmetros adimensionais adotados.

Tabela 1 – Variáveis aplicadas na redução de escala

Natureza da Variável	Símbolo	Descrição
Geométrica	D, L	diâmetro, comprimento
Estrutural	EI	rigidez à flexão
Escoamento	V, H_L , ρ	velocidade, <i>holdup</i> * de líquido, massa específica
Fenômeno	g	Gravidade

* fração volumétrica de líquido na seção do duto

Tabela 2 – Parâmetros adimensionais obtidos

Grupo	Parâmetro Adimensional
Π_1	$EI/(\rho V^2 D^4)$
Π_2	gD/V^2 (Froude ⁻²)
Π_3	H_L (<i>holdup</i>)
Π_4	L/D

Para a obtenção de uma semelhança completa entre o protótipo e o modelo, conforme parâmetros considerados, as relações entre o modelo e protótipo devem atender aos parâmetros adimensionais considerados relevantes da Tabela 2. Particularmente é desejável que o fator de redução da escala geométrica λ seja o maior possível, para que eventuais distorções introduzidas pela escala sejam menores possíveis e eventuais medições sejam mais evidentes.

Observou-se durante o projeto e dimensionamento do modelo reduzido e do experimento propriamente dito que, tendo em vista operação da SCR em lâmina d'água profunda, uma limitação encontrada seria a profundidade possível de se reproduzir na instalação laboratorial. Assim, a determinação da escala, λ , considerou as restrições de dimensões mínimas desejáveis para o modelo e disponibilidades da instalação física do laboratório onde ocorreria a montagem experimental. Assim, a profundidade considerada para o modelo foi de 12,5 metros para uma profundidade de protótipo de 900 metros, com um fator de escala de 1:72. As principais propriedades da SCR estão apresentadas na Tabela 3, a seguir:

Tabela 3 – Propriedades do riser Protótipo e Modelo

Propriedade	Protótipo	Modelo
Comprimento Total	2066 m	28,70 m
Projeção Horizontal	1600 m	22,20 m
Projeção Vertical	900 m	12,50 m
<i>Touch Down Point</i>	830 m	11,50 m
Diâmetro Interno	230 mm	3,7 mm
Diâmetro Externo	270 mm	3,2 mm
Massa Linear	128,5 kg/m	0,024 kg/m
Rigidez Flexural	$27,3 \cdot 10^6 \text{ N.m}^2$	$14,1 \cdot 10^{-3} \text{ N.m}^2$
Rigidez Axial	$3,4 \cdot 10^9 \text{ N}$	$9,11 \cdot 10^3 \text{ N}$

Conforme apresentado na Tabela 3, os diâmetros interno e externo do modelo seriam muito pequenos e o desenvolvimento do escoamento interno poderia ser comprometido devido a efeitos tais como de capilaridade e viscosos, e consequentemente, os padrões de escoamento esperados não seriam reproduzidos. Outra dificuldade observada é a fabricação de tubos com diâmetros tão reduzidos. A literatura apresenta escoamento bifásico plenamente desenvolvido em tubulações com diâmetro interno da ordem de uma polegada (Taitel *et al.*, 1980).

Assim sendo, foi necessário assumir semelhança incompleta entre modelo e protótipo visto que nem todas as propriedades do riser da Tabela 3 poderiam ser mantidas. E, portanto, foram selecionados os parâmetros de maior importância para o fenômeno abordado, isto é, padrões de escoamento no interior do riser e o seu comportamento estático e dinâmico. Com base nos adimensionais relacionados fizeram-se considerações de redução de escala objetivando obter resultados consistentes e condizentes do experimento para as condições do protótipo. Neste sentido, foi adotada uma distorção de escala para o diâmetro do modelo mantendo-se a relação

de rigidez à flexão, propriedade dependente do módulo de elasticidade (E) e do momento de inércia da seção transversal (I).

Com objetivo de se manter o módulo de rigidez à flexão do modelo do riser foi necessário utilizar um material com módulo de elasticidade mais baixo do que aquele obtido através da redução de escala. O material do modelo é, portanto, um tubo de silicone, com módulo de elasticidade de $16,04 \cdot 10^{-3} \text{ N.m}^2$, e diâmetros interno e externo, respectivamente, de 19 e 25 mm.

2.2 Padrões de Escoamento

Foi feita a correlação do escoamento, para o modelo de riser em configuração estática de catenária, dividindo-se em duas partes distintas o sistema, visto não se conhecer na literatura uma correlação para escoamento obtida para uma configuração geométrica de tubulação na forma de catenária, como o do presente trabalho. No trecho horizontal, aplicou-se a correlação de Beggs & Brill (1986) para o cálculo da perda de carga e previsões de padrões de escoamento, tendo em vista a base de comparação ser o número de Froude ($F_R = V / \sqrt{gL}$), adimensional que relaciona as forças de inércia com as gravitacionais. Destacam-se quatro padrões de escoamento: segregado, transição (entre segregado e intermitente), intermitente e distribuído (Beggs e Brill, 1973). Pelo número de Froude e *holdup* (fração de líquido no interior do tubo) é possível identificar o padrão desenvolvido pelo escoamento. O trecho suspenso, na forma de catenária, tem projeção horizontal de 11,5 metros e vertical de 12,5 metros, conforme esquema da Figura 2. Este trecho suspenso é o foco de atenção do presente trabalho, visto que nele ocorrem as maiores oscilações observadas nos experimentos com o modelo. A correlação de Taitel *et al.* (1980), para escoamento em tubos na vertical, foi utilizada para a previsão de padrões de escoamento no trecho do riser suspenso na forma de catenária. A correlação de Taitel & Dukler (1980) está apresentada na Figura 3, e tem como base velocidades superficiais dos fluidos, água e ar, em dutos de 2,5 e 5,0 cm de diâmetro. Essa correlação permite definir padrões para um escoamento na vertical, tais como bolhas, golfadas, intermitente e anular.

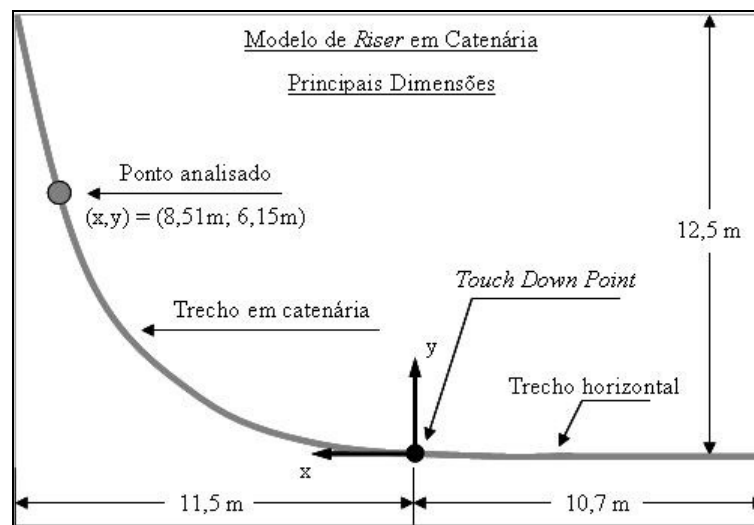


Figura 2. Esquema do modelo de riser.

O cálculo das vazões de ar e água utilizadas nos experimentos com o modelo teve como base, dados das vazões de produção de óleo e gás em riser na escala real, isto é, na fração de gás (ou fração de vazio) e nos diâmetros do protótipo e do modelo. Vazões de fluido também foram extrapoladas, objetivando obter com maior abrangência os resultados no experimento. A vazão no modelo foi obtida da igualdade entre os números de Froude do protótipo e do modelo. E através do uso da Figura 3 foi definida a correlação entre o escoamento no protótipo e o modelo. Para os ensaios, foram escolhidos 20 pares de vazão água-ar dentro dessa área de operação do protótipo, de forma a se ter toda a faixa de padrões de escoamentos que se observa no campo ensaiado no experimento.

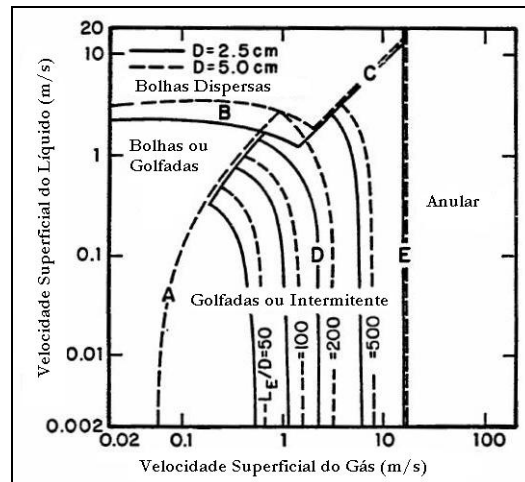


Figura 3. Áreas de escoamento interno a um tubo mapeado por Taitel & Dukler (1980)

2.3 Frequência Natural

Para a determinação das frequências naturais do modelo, para os primeiros modos de vibração, foi utilizado o programa em desenvolvimento pelo grupo de pesquisa. A estimativa da frequência natural foi feita para as dimensões do modelo em laboratório, considerando as distorções de escala adotadas para viabilizar os ensaios pretendidos. Tendo em vista que a variação do *holdup* faz com que a massa do fluido interno varie, para cada *holdup* considerado tem-se respectivas frequências naturais.

3. APARATO EXPERIMENTAL

Com base nas definições anteriores, foi elaborada uma montagem experimental capaz de reproduzir o fenômeno conforme se observa na operação de produção no campo. No experimento, foram dimensionados sistemas distintos para bombeamento de água, compressão de ar, confecção do modelo e instrumentação para monitoração e aquisição de dados, os quais foram interligados entre si para realização do experimento.

Assim sendo, a água circula em um sistema fechado, ou seja, é bombeado para o interior do modelo de *riser* e se mistura ao ar através de um injetor. O escoamento após o injetor tem regime bifásico. Medidores de vazão são utilizados para controlar a quantidade de líquido e de gás.

O escoamento seguindo-se no sentido de ascensão ao longo do interior do modelo de *riser*, após passar pelo injetor, segue para uma seção de uniformização do escoamento, e finalmente prossegue para a parte suspensa da tubulação. No trecho inicial do escoamento (horizontal), um mesmo padrão de escoamento se mantém ao longo do comprimento. Na proximidade do ponto de ascensão da tubulação (TDP - *Touch Down Point*, no inglês), o escoamento inicia-se a movimentar na vertical, além de na direção horizontal. Neste momento, já no trecho suspenso com formato de uma catenária, o escoamento interno ao *riser* acaba induzindo solicitações na estrutura, provocando oscilações no modelo de *riser*, as quais são monitoradas através de um sistema de câmeras com capacidade de medição das oscilações ao comprimento do modelo. Alguns pontos foram definidos ao longo do comprimento suspenso para observação, analisando-se os modos de vibração natural do *riser*.

O extremo superior da parte suspensa do modelo de *riser* em catenária está suspenso através de um dispositivo preso a um dinamômetro, que registra variações de força de topo. O escoamento, após passar por este ponto, retorna ao reservatório e a água é reaproveitada sendo reinjetada ao sistema novamente, enquanto o ar é liberado para a atmosfera.

4. RESULTADOS

Vinte diferentes pares de vazão água-ar foram selecionados para o experimento, e diferentes padrões de escoamento foram reproduzidos para o experimento em laboratório. Os resultados dos ensaios estão apresentados na forma de gráficos de séries temporais. Com finalidade de se ilustrar as medições do experimento, mostra-se resultados de dois ensaios. Em ambos os casos, a velocidade superficial da fase líquida é de 0,82 m/s, e a velocidade superficial da fase gasosa, respectivamente de 1,10 m/s (caso 1) e 3,30 m/s (caso 2).

Considerando-se o TDP como origem do sistema de coordenadas (Figura 2), observou-se o ponto do modelo nas coordenadas (x , y) = (8,51 m, 6,15 m). Este ponto, para o qual se apresentam os deslocamentos medidos, é um ponto intermediário ao longo do comprimento suspenso da catenária.

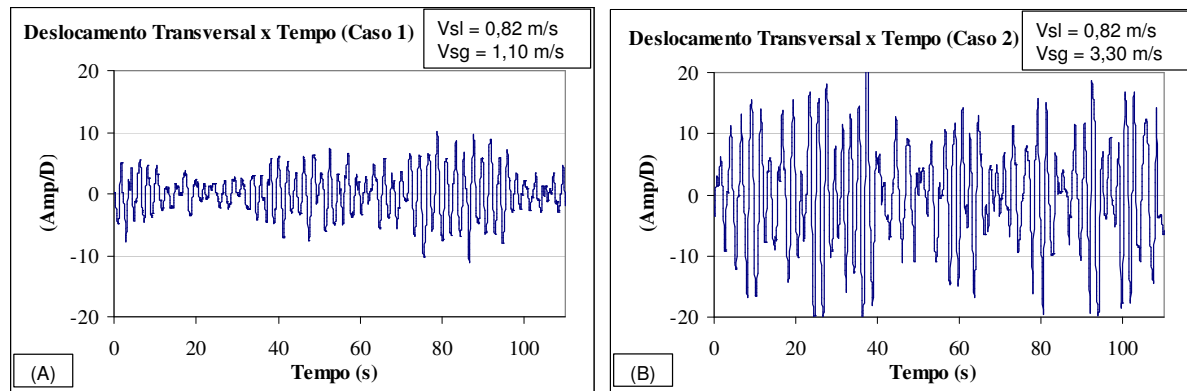


Figura 4. Gráficos do deslocamento ao longo do tempo.

onde V_{sl} é a velocidade superficial de líquido, V_{sg} é a velocidade superficial de gás, Amp é a amplitude do deslocamento e D é o diâmetro externo do modelo. O deslocamento transversal, aqui apresentado, é o deslocamento medido na direção normal ao ponto analisado no modelo.

Entende-se que a excitação do modelo de *riser* pelo escoamento interno deve ocorrer, principalmente, pela variação da quantidade de movimento do próprio escoamento, ao longo do comprimento do *riser*. Dois fatores são de interesse para esta análise. A primeira é o fato de que a mistura bifásica apresenta a massa de fluido variável com o tempo e com o espaço. Assim, para um dado ponto fixo ao longo do modelo, a mudança contínua de massa específica do fluido gera variação na quantidade de movimento do escoamento. Por outro lado, tanto a direção quanto o módulo da velocidade do escoamento variam ao longo do tempo do *riser*. Estes dois fatores dão origem à variação da quantidade de movimento para o escoamento interno considerado.

Como pode ser observado na Figura 4, a amplitude dos deslocamentos aumenta conforme a vazão de ar no sistema aumenta (caso 1 para caso 2, figuras 4.A e 4.B, respectivamente). Isto pode ser entendido pelo fato de que, com uma maior vazão de ar, haverá maior variação da quantidade de movimento do escoamento. E também, o holdup será menor, conseqüentemente o conjunto *riser*-fluido se torna mais leve e acaba resultando em maiores amplitudes de deslocamentos.

Na seqüência, estão apresentados os espectros de energia dos deslocamentos.

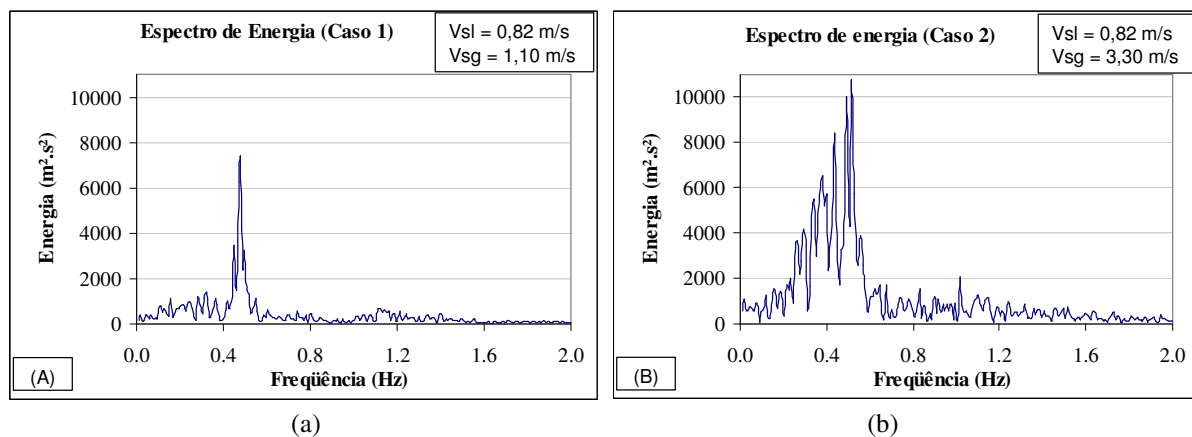


Figura 5. Espectro do deslocamento.

Observa-se da Figura 5, que as frequências dominantes na resposta da estrutura se encontram entre 0,4 e 0,6 Hz. Acima de 1,2 Hz praticamente não se observam frequências com energia significativa. Para avaliar se o modelo está em ressonância, faz-se necessária a determinação da frequência natural do mesmo.

Resultados experimentais apontam para frequência natural da ordem de 0,5 Hz, o que indica que o modelo oscila próximo à mesma.

A simulação numérica fornece as frequências naturais do modelo para os modos de vibração, no plano da catenária. Para cada um dos dois casos de diferentes vazões, tem-se um holdup distinto. Portanto, a massa do fluido interno varia, e, conseqüentemente, as frequências também variam. Entretanto esse fator (*holdup*) tem pouca influencia no resultado do cálculo da frequência. Os resultados da simulação numérica apresentam concordância com a determinação experimental da frequência.

Os valores da força de topo medida durante os ensaios são apresentados na figura 6. Comparando-os com a figura 4, é possível notar que a amplitude da variação da força de topo segue a mesma tendência que os

deslocamentos, isto é, a amplitude da força de tração no topo aumenta à medida que a vazão de gás e as oscilações crescem.

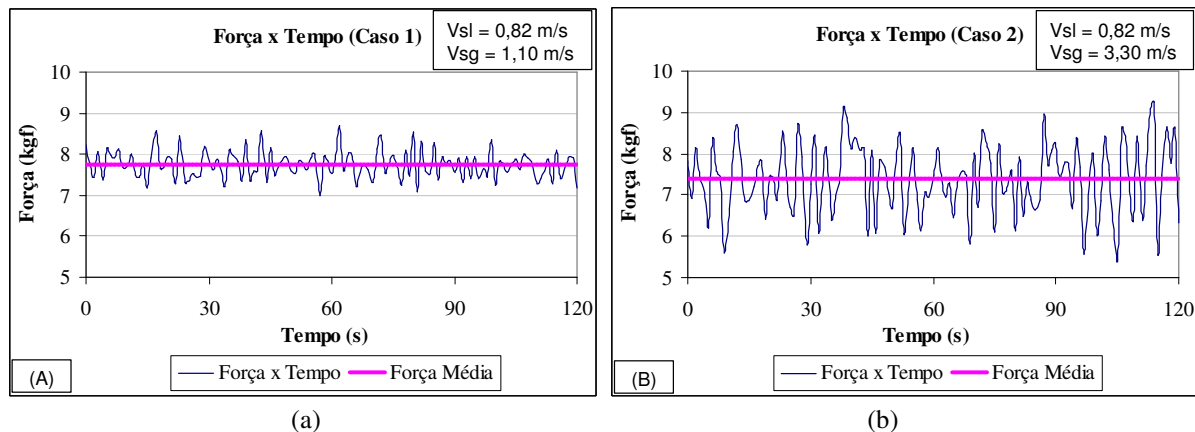


Figura 6. Força de tração de topo no modelo para (a) caso 1 e (b) caso 2.

A força média diminui do caso 1 para o caso 2 (da figura 6.A para figura 6.B). Isto pode ser explicado pelo fato de que, mesmo mantendo a vazão de líquido constante, ao aumentar a vazão de gás, a densidade média do fluido interno se reduz, diminuindo assim a força de tração no topo do modelo.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo tratou da investigação inicial para caracterização do fenômeno de oscilação imposta pelo escoamento interno a um *riser* de produção em forma de catenária, em seu comportamento dinâmico. Foi estudado o efeito do escoamento interno, de forma isolada dos outros carregamentos usuais solicitantes de um *riser* em operação, isto é, não foram considerados efeitos de correnteza do mar, ondas ou ainda movimentos induzidos pela plataforma flutuante, usualmente presentes.

Os resultados obtidos do experimento mostram uma relação importante entre a razão de vazões de líquido e do gás, e o movimento oscilatório do modelo. Ao aumentar a vazão de gás, as amplitudes de oscilação também aumentam, devido à variação da quantidade de movimento do escoamento interno ao *riser*. Para alta vazão de uma das fases e baixa vazão da outra fase, o movimento de chicoteamento do modelo é relativamente baixo (baixa variação da quantidade de movimento do escoamento interno). As amplitudes de oscilação observadas no experimento variam zero a até 20 vezes o diâmetro externo do modelo, e a frequência dominante no modelo apresenta-se na faixa entre 0,4 a 0,6 Hz.

Em um *riser* real, a variação de pressão interna causa uma variação da tensão circunferencial no *riser* que contribui para o dano por fadiga. Os dois efeitos somados, oscilação imposta pelo escoamento interno e variação da pressão pelo mesmo, causam diminuição da vida útil do protótipo. Esta diminuição deve ser investigada para fins do projeto e operação de *riser*. O nível de tensão causado pelo escoamento interno no modelo experimental não é facilmente relacionado com o protótipo. Simulação numérica pode ser necessária para a determinação da variação de tensões ao longo do comprimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos ao CNPq e à FINEP (CT-Petro), e à Petrobras pelo suporte ao presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- Brill, J. P., Beggs, H.D. A study of two-phase flow in inclined pipes. **Journal of Petroleum Technology**. p. 607-617, 1973.
- Brill, J. P., Beggs, H.D. **Two-phase Flow in Pipes**. 5ª ed., 1986.
- Chakrabarti, S. K. **Hydrodynamics of offshore structures** Plainfield, Illinois: CBI Industries, Inc. 1987.
- Kubota, H. Y., Suzuki, H., Morooka, C. K. **Evaluation of a top tensioned riser model for experiments**. In: 18th International Congress of Mechanical Engineering, COBEM 2005, Ouro Preto, Brazil, 2005.

- Moe, G., Chucheepsakul, S. **The effect of internal flow on marine risers.** Proceedings of the Seventh International Conference of Offshore Mechanics and Arctic Engineering, pp. 375-382, 1988.
- Patel, M. H., Seyed, F. B. **Internal flow-induced behaviour of flexible risers.** Engineering Structures, v. 11, n. 4, p. 226-280, 1989.
- Taitel, Y., Bornea, D., Dukler, A. E. **Modeling flow pattern transitions for steady upward gas-liquid flow in vertical tubes.** AIChE Journal, v. 26, n. 3, p. 345-354, 1980.
- Wu, M. C., Lou, J. Y. K. **Effects of rigidity and internal flow on marine riser dynamics.** Applied Ocean Research, v. 13, n.5, p. 235-244, 1991.

DYNAMIC RESPONSE OF STEEL CATENARY RISER CAUSED BY THE INTERNAL FLOW MOMENTUM

With the discoveries of oil and natural gas reservoirs located under deeper water, researches and developments become necessary on production systems which are capable to attend to extreme environmental conditions. A primordial component of the hydrocarbon elevation system is the suspended pipe, named riser, connecting the production well to the platform on the sea surface. The riser may be compound of several material e presents distinct structural configurations. An example is the steel catenary riser (SCR), rigid steel made pipe, connected to the platform with a determined top angle and assuming catenary shape over the suspended length. The reliability of a production riser is directly related to the service life of the duct, which depends on the number of requests that the riser is submitted during its period of operation, beyond the extreme values of stresses to attend the design limits of the riser's material. Risers are submitted to several types of hydrodynamic loads, such as currents, waves, motions induced by the production platform, and also excitation due to the internal flow of produced oil and gas from the well. The effect of the external loads have been subject of innumerable scientific studies, however, the phenomenon of the oscillation caused by the flux inside the riser was not deeply investigated. It has been observed that the dynamics of the internal flow of the produced oil and gas, from the well up to the production platform, through the riser, generally occurs in multiphase flow, which induces requests to the riser. With the purpose of investigating the relevance and characterizing such efforts and the resultant behavior of the riser, a scale model was designed and experiments had been lead in laboratory. Measurements of displacements, accelerations and forces, beyond the characteristics of the internal flow, in terms of flow rates and pressures had been monitored.

Production Riser, Offshore Production Systems, Oil and Gas Exploitation

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo.