



### Projeto de dispositivo de variação da posição da massa excêntrica para ensaio de fadiga por ressonância

Gabriel Bertoti da Silva, Prof. Dr. Afonso Reguly

#### Introdução

Avaliar o comportamento em fadiga de dutos rígidos de petróleo e gás é essencial para sua utilização, visto que estão continuamente submetidos a um grande número de solicitações e severas condições ambientais. Um dos ensaios para avaliar este comportamento é o ensaio de fadiga por ressonância. O teste consiste em rotacionar uma massa excêntrica posicionada em uma das extremidades da amostra, em uma frequência próxima a frequência natural de vibração do conjunto, gerando flexões alternadas com máxima deformação no centro da amostra. Um esquema da bancada de ensaio pode ser visto na figura 1. No LAMEF, o teste é controlado através de um sistema PID que relaciona a rotação da massa excêntrica com a deformação do duto. Com o intuito de manter a deformação constante ao longo do teste, o sistema varia a frequência angular do motor ligado a massa excêntrica, entretanto, essa frequência varia quadraticamente em relação a força necessária para gerar a deformação, não conferindo um ajuste fino do valor de controle.

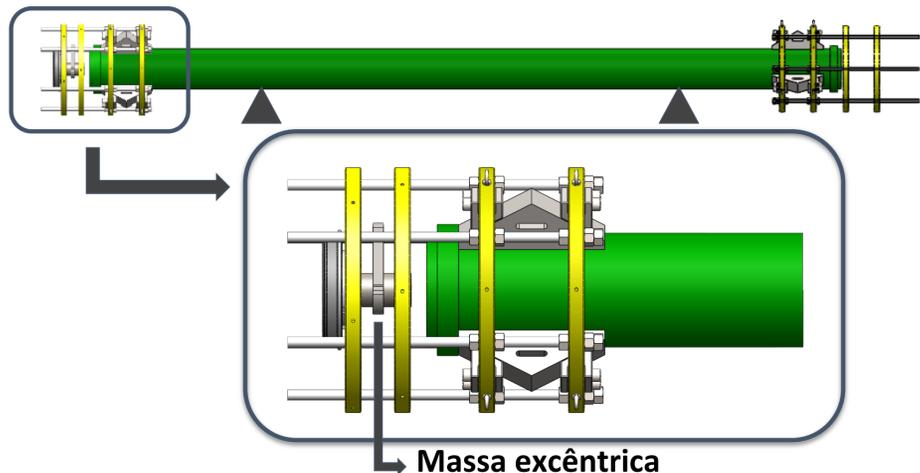


Figura 1: Ensaio de fadiga por ressonância

#### Objetivo

Com o objetivo de agregar mais uma variável ao controle da deformação, o presente trabalho consiste na elaboração do projeto de dispositivo para variação da posição do raio de excentricidade da massa, que possibilitará maior precisão no ajuste da deformação devido à variação do raio ser linear em relação a força de excitação.

#### Metodologia

A metodologia consistiu em uma revisão bibliográfica e elaboração do conceito do dispositivo em software CAD (Desenho Assistido por Computador). Realizou-se comparação analítica da força externa gerada pelo modelo atual e pelo novo conceito. Para alcançar a energia de vibração necessária e atingir o estado de ressonância, a força externa é aplicada em uma das extremidades do duto através do movimento rotacional de uma massa excêntrica. Sendo a força externa resultante  $f$ , descrita pela equação (1).

$$(1) f = m\omega^2r$$

Onde  $m$ ,  $\omega$  e  $r$  são respectivamente a massa, a frequência angular e o raio de excentricidade.

Pela equação verifica-se que pequenas variações da frequência, geram variações grandes da força externa. Com uma variação grande da força, torna-se mais difícil manter a deformação constante em torno do valor de controle. Logo ao variar o raio ao longo do teste, minimiza-se a amplitude da variação da força, atingindo assim valores mais precisos para o controle

#### Resultados

O dispositivo projetado possui movimentação angular para variação da frequência e movimentação linear para a movimento da massa. Para o controle, a rotação será acionada para levar a deformação próxima ao valor alvo, em seguida, será acionada a movimentação da massa excêntrica para diminuir a amplitude em torno do mesmo. O modelo em CAD pode ser visualizado na figura 2.



Figura 2: Movimentação linear e angular do dispositivo excêntrico

A figura 3 exemplifica o mecanismo de movimentação linear e de rotação da massa excêntrica [1]. Um motor de passo acionará um conjunto fuso [2] castanha [3], que através de um pistão de deslocamento [4] realizará a movimentação linear de um anel guia [5] ligado à haste da massa, variando o ângulo da massa entre 15° e 90°. O rolamento [6] fixo em [4] e em uma bucha fixada à carcaça externa do dispositivo possibilitará as duas movimentações simultaneamente.

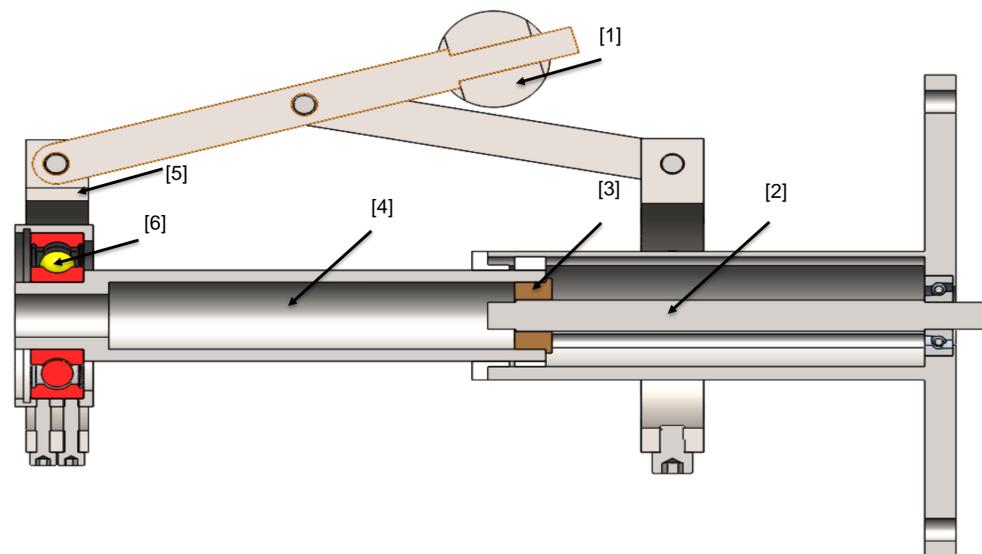


Figura 3: Mecanismo de acionamento

Para a frequência máxima analisada, na tabela 1 é possível comparar a força excêntrica resultante pelo modelo atual e pelo dispositivo, com diferentes ângulos para a massa excêntrica. Verificando que, além de a força resultante ser suficiente, comparando o modelo atual com dispositivo no raio máximo, é possível realizar pequenas variações, para alcançar um resultado mais preciso.

Tabela 1 : Comparativo força modelo atual e projeto

Modelo atual	Força (N)	6135,8						
Dispositivo Excêntrico	Ângulo	90°	85°	80°	75°	70°	60°	50°
	Força (N)	6384,5	6368,7	6321	6242,1	6132,5	5824,8	5406,9

#### Conclusão

Através do modelo criado demonstrou-se a viabilidade de ajuste por variação do raio de excentricidade da massa. As peças fabricadas do modelo não foram concluídas e não puderam ser ensaiadas para este trabalho. Como trabalho futuro será realizado ensaio demonstrando o uso e validação do projeto.

#### Referências

- SHIGLEY, J. E.; Mischke, C. R.; Budynas, R. G.: **Projeto de Engenharia Mecânica**. 7ª Edição. Bookman. 2005.  
 PINTO, O.O. **Desenvolvimento e comissionamento de máquina para testes de fadiga por ressonância em dutos rígidos**. Porto Alegre. 2018. p. 51