

1

INTRODUÇÃO

1.1.

Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é estudar o impacto de mossas simples, na integridade estrutural de dutos e tubulações, a partir de análise da literatura técnica e de testes no laboratório, assim como de modelagem numérica por elementos finitos.

1.2.

Objetivos Específicos

a) Analisar critérios para a avaliação de integridade de dutos contendo mossas, indicando a sua aplicabilidade e estabelecendo aspectos comuns e diferenças.

b) Comparar, mediante resultados experimentais e modelagem numérica os métodos de avaliação de integridade, justificando, quando possível, eventuais diferenças.

c) Elaborar um procedimento geral que oriente o inspetor sob a escolha de um procedimento adequado para o dimensionamento e tratamento de dano por mossas.

1.3.

Considerações Iniciais

Dutos de transporte de óleo e gás encontram-se expostos a danos mecânicos. Na Europa e nos Estados Unidos um número de falhas expressivo obedece a este tipo de dano, tal como indicado na Figura 1.1 [2]. Danos sob forma de moessa fazem parte desta categoria.

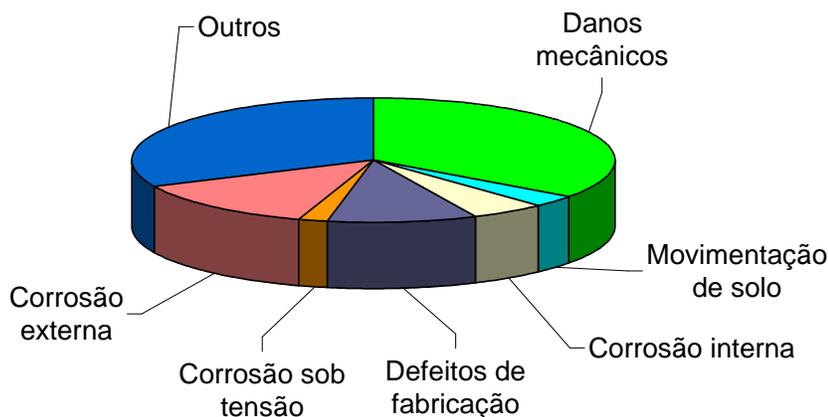


Figura 1.1 - Causas de falha em linhas de transporte de hidrocarbonetos [2].

Os danos sob forma de moessas apresentam denominações distintas conforme a sua geração e o seu formato. Se a moessa for causada por uma ferramenta de escavação, esta pode conter sulcos ou ranhuras, sendo conhecida como moessa lisa com sulco. Da mesma forma, se a moessa estiver perto de uma solda, denomina-se moessa lisa com solda. Se a moessa tiver um vinco, isto é, quando sua região mais dobrada apresentar raio de curvatura menor que 5mm, ela é conhecida como moessa com vinco. Moessas com geometria suave e ausente de outros defeitos são conhecidas como moessas simples. Se qualquer uma das moessas permanece em contato com o indentador, chama-se de moessa contida, se não passa a ser chamada moessa não contida. Numa moessa não contida o indentador dificulta a variação da profundidade do defeito com os ciclos de pressão, diminuindo a atuação de fadiga. Nessas moessas a maioria das falhas obedece à ruptura estática. Numa moessa não contida pode ocorrer tanto ruptura estática como fadiga, depende da sua geometria. Uma descrição detalhada dos tipos de moessas é apresentada no Apêndice A.

O presente trabalho estuda o impacto de “mossas simples-não contidas” na integridade estrutural de dutos, a partir de análise da literatura técnica, de análise experimental e usando modelagem numérica por elementos finitos. Define-se “mossa simples” como uma leve alteração na curvatura de parede do segmento de duto, sem redução significativa da espessura e sem estar associada a uma junta soldada ou a quaisquer defeitos ou imperfeições. Neste trabalho escolheu-se uma mossa transversal com profundidade máxima de 15%, de forma que fosse desqualificada pela aplicação dos códigos de projeto.

A literatura registra diversos métodos para a avaliação da integridade estrutural de dutos indentados assim como alguns critérios de aceitação / rejeição desses defeitos. Tais métodos fundamentam-se em estudos experimentais, na análise teórica, na modelagem numérica e/ou na boa prática de engenharia. A escolha do método mais adequado depende da natureza e geometria do dano.

Este trabalho contribui para a consolidação do conhecimento sobre o processo de criação e os métodos de avaliação de integridade de mossas simples. A análise é orientada de modo a identificar particularidades de cada método, destacando os campos de aplicação, vantagens e desvantagens. Ele se apóia na análise de resultados de testes experimentais e na avaliação por elementos finitos.

1.4.

Escopo do Trabalho

A análise de mossas simples foi desenvolvida em várias fases. Numa primeira fase estudou-se o processo de criação e de recuperação elástica de uma mossa criada experimentalmente, e depois os resultados foram reproduzidos no modelo numérico. Para o processo de criação foi escolhido um indentador cilíndrico orientado em sentido normal ao eixo longitudinal do duto. Outras geometrias de mossas também foram criadas e seus resultados são apresentados nos Apêndices deste trabalho. A análise numérica foi implementada no programa de elementos finitos ANSYS 10.0 e considerou fenômenos não lineares, tais como: contato entre o indentador e o duto, não linearidade do material, grandes deslocamentos e grandes deformações.

Na segunda fase avaliou-se a resistência estática de espécimes tubulares com mossas simples. As mossas recuperadas elasticamente foram testadas hidrosticamente até sua ruptura. Os testes dos espécimes com e sem defeitos foram instrumentados para monitorar as deformações e a variação de pressão com o volume de água bombeado. Posteriormente, desenvolveu-se uma modelagem numérica, iniciando no modelo de elementos finitos da mossa já criada e recuperada na primeira fase. Os resultados dos espécimes foram comparados com os do modelo de elementos finitos, com espécimes livres de defeitos, e com os critérios estabelecidos nos códigos de projeto e procedimentos aplicáveis.

A terceira fase avaliou a vida à fadiga das mossas. Para isto, foram estabelecidos três níveis de pressão cíclica, e aplicados vários ciclos até a estabilização da mossa. No ciclo de estabilização foram lidas as tensões e deformações do software ANSYS 10.0, e considerou-se que tais valores se reproduziriam nos ciclos posteriores. Depois, a partir do histórico de tensões e deformações, calcularam-se os fatores de concentração de tensão e empregaram-se os métodos SN e ϵ N para a determinação da vida de iniciação de trincas por fadiga. O método SN foi implementado usando tensões de Von Mises e circunferenciais. O método ϵ N incorporou as deformações circunferenciais no ponto crítico da região deformada.

No fim do trabalho foram comparados os resultados dos modelos teóricos, procedimentos e metodologias disponíveis na literatura para a criação e avaliação de mossas simples, e foram estabelecidas e justificadas, quando possível, eventuais diferenças ou semelhanças, escopos de aplicação e vantagens / desvantagens.

1.5.

Roteiro da Dissertação

A dissertação foi dividida em 7 capítulos, um que apresenta considerações gerais, cinco de desenvolvimento e um de conclusões e recomendações. A seguir são indicados os aspectos mais importantes de cada capítulo:

- Capítulo 1: apresenta considerações gerais sobre a dissertação e o tema estudado, indicando a estrutura do documento e a rotina de desenvolvimento do trabalho.
- Capítulo 2: descreve o tipo de dano objeto de estudo, apresenta os fundamentos da análise de integridade de dutos e descreve os métodos de avaliação de integridade de mossas simples disponíveis na literatura.
- Capítulo 3: descreve os resultados experimentais e numéricos de criação de mossas e de recuperação elástica.
- Capítulo 4: analisa a integridade estrutural considerando a ruptura estática, apresenta os resultados da avaliação experimental e numérica por elementos finitos.
- Capítulo 5: analisa a integridade estrutural considerando fadiga como modo de falha, mediante um método que combina análise numérica e aplicação de modelos teóricos dos métodos SN e ϵ N.
- Capítulo 6: comenta os resultados dos capítulos 4, 5 e 6, indicando aspectos chaves na avaliação de mossas em dutos.
- Capítulo 7: apresenta as conclusões e recomendações sobre os resultados obtidos no desenvolvimento do presente trabalho.