

Análise Estrutural de Dutos Corroídos

Pedro Humberto de Accioly Costa, pedro.accioly@poli.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Centro de Tecnologia Bloco I - Sala 231; Cidade Universitária - Ilha do Fundão - RJ - Brasil. Caixa Postal 68503 - CEP 21945-970

RESUMO: Este trabalho é vinculado a um projeto mais amplo de análise de integridade de dutos, em particular, dutos submetidos à pressão interna quando na presença de defeitos oriundos de corrosão mecânica ou danos similares, em que a perda concentrada de material é característica. Utilizados em campos diversos como o petroquímico e o elétrico, a operação e o meio a que esses dutos se expõem possibilita a produção de defeitos que afetam sua integridade e capacidade de transporte pelo estresse localizado que introduz nessas estruturas. O estudo, então, compromete-se a simular situações e estabelecer seus estados limites, identificando os parâmetros de maior influência na integridade estrutural de dutos nessas condições. O modelo geométrico e a análise incremental elasto-plástica foram desenvolvidos com apoio da ferramenta de simulação computacional ANSYS®, com a qual é possível determinar a configuração deformada do tubo danificado e a distribuição de tensões no tubo em condições de serviço. A análise limite foi estudada a partir da plataforma de pré e pós processamento GID® e do programa de Análise Shakedown desenvolvido pelo pesquisador Néstor Zouain do Departamento de Mecânica dos Sólidos da UFRJ.

PALAVRAS-CHAVE: Dutos, análise estrutural, análise limite

ABSTRACT: *This work is linked to a larger analysis project pipeline integrity, in particular pipelines subjected to internal pressure when in the presence of defects arising from corrosion or mechanical damage similar, where that the concentrated material loss is characteristic. Used in various fields such as petrochemical and electric operation and the means that these ducts are exposed allows the production of defects affecting its integrity and ability to transport by introducing stress located in these structures. The study then undertakes to simulate situations and establish its limits states, identifying the most influential parameters in the structural integrity of pipelines in those conditions. The geometric model and the elasto-plastic incremental analysis were developed with the support of computer simulation ANSYS® tool, with which you can determine the deformed configuration of the damaged tube and the stress distribution in the tube in terms of service. The limit analysis was studied from the pre and post processing platform GID® and Shakedown Analysis program developed by the researcher Néstor Zouain Department of Solid Mechanics, UFRJ.*

KEYWORDS: *pipes, structural analysis, computational simulation, limit analysis*

INTRODUÇÃO

Uma grande quantidade de variáveis tais como aeração, umidade, pH, presença de micro-organismos, condições climáticas, heterogeneidades entre outros podem expor o metal em meio a moléculas de água e gás oxigênio, criando uma espécie de pilha galvânica, e assim fazer com que o solo seja considerado um dos meios corrosivos mais complexos que existem, sendo praticamente impossível de se determinar com exatidão sua ação agressiva para os materiais metálicos nele enterrados, normalmente o aço e o ferro fundido, muito comuns em plantas industriais.

Fato é que a perda de material nessas estruturas tubulares devido a processos corrosivos pode provocar afetar a sua integridade estrutural, até culminar em falha. É importante destacar nesse momento, que a falha aqui descrita se refere ao limite da hipótese de pequenas deformações atingido e não, necessariamente, a uma falha de dimensões catastrófica. A falha pode ser entendida como perda de funcionalidade.

Economicamente, a perda de produção devido a reparos ou troca dessas tubulações pode ser te tornar inviável pelo difícil acesso aos tubos ou custos

envolvidos neste processo. Por isso, muitos seguem em operação ainda que os sinais externos de deterioração se tornem claros. Para que isso seja feito de forma segura, porém, faz-se necessário um novo cálculo de máxima pressão interna admissível, devido às novas condições de serviço a que será exposto, para que não ocorra rompimento ou fratura do duto.

Buscamos um método alternativo, mais rápido e barato para seu uso contínuo, com bom grau de confiabilidade, e que substitua as opções mais dispendiosas tradicionais nos utilizando de simulações computacionais, e métodos numéricos para determinar essas novas limitações no uso do duto comprometido.

O objetivo do projeto é apresentar métodos que garantam a avaliação de integridade estrutural, bem como estratégias necessárias a sua utilização segura e viável nessas condições e, com isso, fomentar a pesquisa científica e a produção de conhecimento nesta área, aprimorando o funcionamento dos dutos comprometidos.

METODOLOGIA

Analizadas as diversas formas de possíveis falhas por plasticidade em metais tais como: colapso instantâneo, incremental, plasticidade alternada e

shakedown, estudos de casos foram estudados. A partir de uma revisão bibliográfica de artigos relacionados pode obter informações acerca dos efeitos de parâmetros de interesse, como número de defeitos, na capacidade de transporte de carga desses dutos.

O modelo foi desenvolvido com apoio da ferramenta de simulação computacional ANSYS®, com a qual é possível determinar a configuração final do tubo danificado e a distribuição de tensões ao longo do tubo na condição de serviço e, assim, suas regiões críticas passíveis de falha através de uma análise elastoplástica.

Além disso, foi feito um breve estudo sobre a transferência de calor no duto com o intuito de entender o comportamento da temperatura no duto de parede fina. Na análise de Shakedown o acoplamento entre as variações de pressão e temperatura foram analisadas.

Os resultados obtidos pelo estudo paramétrico correlacionando parâmetros geométricos da superfície corroída com a redução carga de colapso em relação aos íntegros serão comparados com soluções experimentais e semi-analíticas encontradas em estudos já verificados [1,3].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No modelo, um quarto de tubo foi representado aproveitando-se da condição de simetria presente, reduzindo custos computacionais e promovendo a rapidez da simulação. Num primeiro momento, foi executado um modelo mais simples e grosseiro, mas que ajustada sua geometria, reduziu a concentração de tensões pela inserção de adocamentos e representou maior proximidade a configuração do defeito. Esta geometria foi gerada com o auxílio da ferramenta SolidWorks® representada na Fig. 1. Foram feitos dutos com diferentes tipos de perda de material baseando-se no material fornecido pela Prof. Orientadora Lavinia e pela aluna de pós-graduação Livia Mendonça.

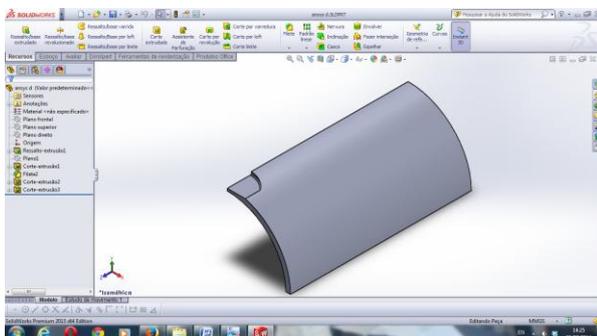


Figura 1. Geometria de um quarto de tubo com perda de material gerada no SolidWorks®

O efeito corrosivo é modelado com uma redução da espessura nominal do tubo. Os valores assumidos para cada parâmetro foram segundo

experimentos já realizados. Com isso, buscamos sua correspondência com a simulação produzida através dos softwares utilizados. Esses dados foram obtidos a partir da referência [3].

Definida a geometria de interesse, aplicamos as condições de contorno adequadas (o cordão de nós ao longo da região inferior foi fixado no eixo “x” e o superior fixado no eixo “y”, correspondendo às condições de apoio que garantem a imposição de simetria do modelo), uma malha de elementos finitos ainda sem maiores refinamentos foi utilizada e então foi aplicado o carregamento referente à pressão interna ao tubo a fim de analisar seu real comportamento nessas condições.

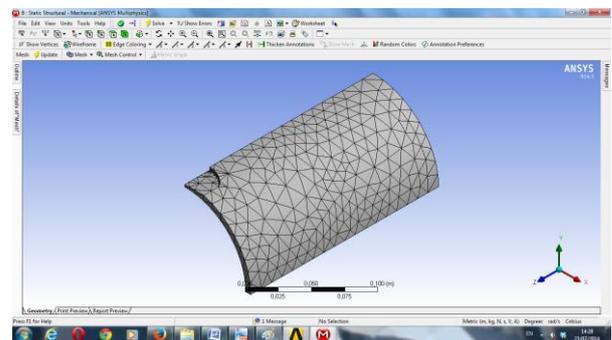


Figura 2. Duto transportado para a ferramenta ANSYS® e a malha utilizada.

O objetivo principal reside no estudo qualitativo do modelo, isto é, configuração deformada e áreas de maior tensão associadas, pois serão essas as passíveis de falha. O estado de tensões equivalentes de Von Mises apresentado e a deformação total do duto, a princípio, correspondem ao esperado, apresentando maiores valores na região de menor espessura.

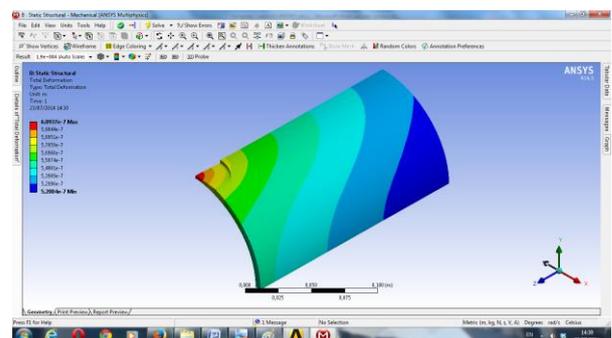


Figura 3. Deformação total do duto

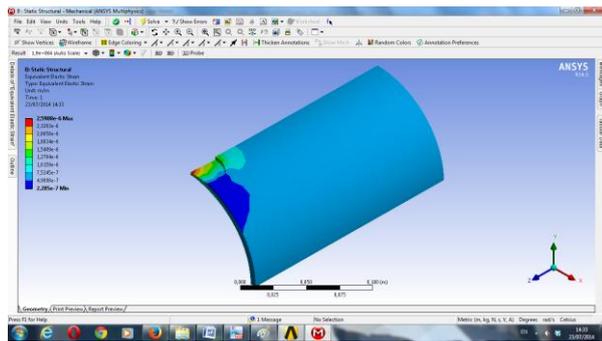


Figura 4. Estado de tensões equivalentes segundo critério de Von Mises

Foi feito paralelamente um estudo de transferência de calor no duto e foi constatado que mesmo na parede de espessura mais fina, devido à corrosão, a temperatura permanece constante, como vemos na Fig. 5 a seguir.

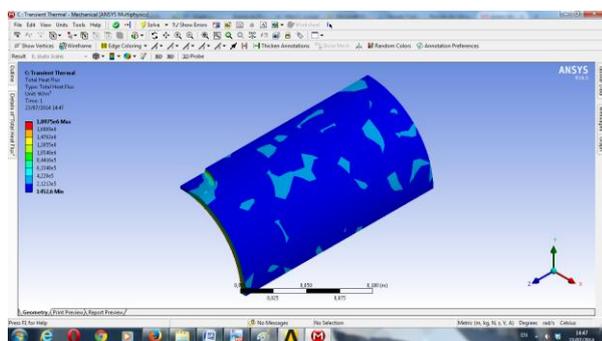


Figura 5. Transferência de calor constante no duto

CONCLUSÃO

O projeto caminha por duas vertentes. Estão sendo elaborados modelos para representação de diferentes defeitos possíveis com a variação de parâmetros tais como a profundidade e quantidade destes. Por outro lado, complementando a análise elastoplástica, será feita uma análise de Shakedown utilizando o software desenvolvido pelo Prof. Nestor da Engenharia Mecânica na UFRJ, para analisar as falhas associadas aos fenômenos de colapso incremental, colapso instantâneo ou plasticidade alternada. Esta segunda fase de análise será iniciada com a exportação do modelo para a plataforma Gid que permite o pós-processamento de dados. O projeto fomenta a pesquisa científica com a produção de conhecimento de grande aplicabilidade profissional.

Um dos pontos de destaque a ser destacado é a variabilidade de ferramentas computacionais propostas que promove grande enriquecimento de habilidades que aproximam os alunos, de fato, ao campo de pesquisa.

AGRADECIMENTOS

A Universidade UFRJ, pela oportunidade de fazer o curso.

À professora Lavínia, pela orientação, incentivo e confiança.

E à aluna de pós-graduação Lívia Mendonça, pelo apoio e suporte ao longo do trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 CHEN, H. F. SHU, D. "Simplified limit analysis of pipelines with multi-defects". Engineering Structures, Singapore, oct. 1999.
- 2 HEITZER, M. "Plastic limit loads of defective pipes under combined internal pressure and axial tension." International Journal of Mechanical Sciences, Germany, nov. 2000.
- 3 LOUREIRO, J.F.; NETTO, T.A.; ESTEFEN, S.F.; "On the effect of corrosion defects in the burst pressure of pipelines." International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, Rio de Janeiro, jun. 2001

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

O autor Pedro Humberto de Accioly Costa e a aluna de pós-graduação Lívia Mendonça são os únicos responsáveis pelo Projeto de Análise Estrutural de Dutos Corroídos.