

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Objetivos	4
2	METODOLOGIA	5
	REFERÊNCIAS	7

,

1 INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, à medida que novos campos de petróleo e gás foram descobertos em águas profundas e distantes da costa, surgiu a necessidade de utilização de sistemas de coleta e exportação submarinos utilizando dutos rígidos cada vez mais extensos. Com uma maior extensão, aumentou-se a propensão à ocorrência de vãos livres devido à irregularidades do leito marinho, sejam elas pré-existentes durante a instalação ou devido a subsequentes movimentos horizontais de *scouring* de dutos durante a operação.

A configuração de dutos no fundo do mar depende das características topográficas do leito marinho, solo, tensão residual, rigidez do duto e seu peso submerso. Seções de duto não suportadas pelo fundo do mar são chamadas de vãos livres. Se o fundo do mar for muito irregular, os dutos tendem a formar vãos em vez de seguir as características topográficas do leito marinho.

A presença de trechos do duto em vão livre exige uma avaliação para determinar a necessidade de ações corretivas para evitar danos aos mesmos. Ainda na fase de projeto, uma avaliação do perfil do fundo do mar ao longo da rota proposta pode ser realizada para identificar se é esperado que haja trechos do duto em vão livre. Na existência de tais trechos, será necessária uma análise que forneça previsões dos números e tamanhos dos vãos esperados, que são indicadores da necessidade de possíveis alterações na rota ou ações corretivas.

Devido aos elevados custos (ambientais, financeiros, e à imagem da empresa), associados aos acidentes, o transporte seguro de hidrocarbonetos e outros fluidos nos oleodutos é uma das principais prioridades da indústria de petróleo e gás. A vibração livre é uma grande preocupação na análise de fadiga de componentes de dutos submarinos, incluindo dutos em vãos livres (GAMINO; ABANKWA; PASCALI, 2013).

Sendo assim, o comportamento estático e dinâmico do duto deve ser investigado para garantir a segurança, combatendo o dano estrutural por fadiga, mantendo-o em um estado aceitavelmente seguro. Se as condições necessárias à segurança não puderem ser garantidas, as ações corretivas na forma de mudança de rota, correção de vãos, supressão do VIV e similares são usadas para garantir que os critérios de projeto relativos aos níveis de tensão e possíveis danos por fadiga devido ao VIV não sejam excedidos. No entanto, devido à quantidade de fatores envolvidos, o projeto do processo de lançamento de dutos é uma das tarefas mais desafiadoras, mesmo quando a rota ideal já está definida. A análise requer o uso de métodos numéricos robustos para seu tratamento, e o Método dos Elementos Finitos (MEF) é amplamente usado nessa tarefa.

Para que as condições de contorno e características do problema simulado reproduzam comportamento in-loco, é necessário modelar desde a etapa de instalação até a operação do duto, assim como considerar efeito de carregamentos dos diferentes valores de pressões internas e externas nas respectivas etapas. Modelar a instalação de dutos em um *software* de elementos finitos para uso geral pode ser um trabalho demorado e tedioso, principalmente devido a grandes quantidades de dados da batimetria. Na maioria das vezes, são necessárias técnicas avançadas de *script* para definir o perfil do leito marinho, selecionar a rota ideal do duto e simular o processo de assentamento (Van den Abeele; BOËL; HILL, 2013).

Nesse cenário, são essenciais ferramentas que auxiliem no pré e pós-processamento de dados e na automação de procedimentos. Uma ferramenta com essas características traz ganhos

significativos para a produtividade e reduzem a probabilidade de erro humano. Além disso, uma ferramenta que integre *softwares* de uso específico (para análise e visualização, por exemplo), pode reduzir atritos do fluxo de trabalho, em comparação ao uso isolado destes *softwares*.

Atualmente, existem diversos sistemas submarinos em operação nas Bacias de Campos e Espírito Santo que estão no final ou já ultrapassaram a metade de sua vida útil de projeto, o que torna ainda mais relevante uma ferramenta auxiliar para a reavaliação de integridade e extensão de vida operacional com critérios de cálculo validados.

Por outro lado, no cenário mundial existe a tendência da indústria de óleo e gas de abraçar a transformação digital em todas as áreas da cadeia, com desenvolvimento de práticas e ferramentas para análise, visualização, predição e resultados (MITTAL; SLAUGHTER; BANSAL, 2017).

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver uma ferramenta para a análise de fadiga em dutos submarinos em vãos livres, que integre um *software* de análise de elementos finitos e o estudo de vida a fadiga. Além disso, este trabalho tem como objetivos específicos:

- Modelar e implementar a ferramenta utilizando o paradigma da programação orientada a objetos, através da linguagem *Python*;
- Contribuir para a metodologia de análise de fadiga em dutos por meio da criação de uma metodologia de seleção de modos de vibração;
- Criar um ambiente interativo de visualização de resultados da simulação com ferramentas que garantam maior liberdade e eficiência para o projetista;
- Validar a ferramenta com aplicação de casos.

2 METODOLOGIA

Uma vez que o trabalho pretende desenvolver uma ferramenta que facilite o fluxo de trabalho do profissional que avalia a vida a fadiga de dutos em vão live, foi necessário, como etapas iniciais do trabalho realizar:

- Revisão da literatura acerca dos temas nos quais esse profissional lida nesta tarefa - modelagem do assentamento de dutos e vibração induzida por vórtice - a fim de nivelar os conhecimentos básicos necessário para o próximo item.
- Entender o completo fluxo de trabalho de profissional, desde a acesso as informações até chegar nos resultados de fadiga. Nessa etapa, é que serão identificados os principais gargalos do processos e aqueles de maior potencial de automatização.

Inicialmente a revisão da literatura foi feita por meio de leitura de livros, artigos e referências/recomendações técnicas. Aqui se destacaram a DNVGL-RP-F105, no tocante ao VIV, e o livro de Bai e Bai (2014), na parte de modelagem. Ambos os textos são referências mundiais no assunto, como milhares de citações em outro trabalhos, sendo a DNVGL-RP-F105 a principal referência no assunto que se propõe.

A etapa de análise do fluxo de trabalho, e parte da etapa de revisão da literatura, foram realizadas por meio de reuniões e oficinas ministrados pelos próprios profissionais no decorrer do desenvolvimento do projeto IntegriSpan. Onde cada encontro era uma oportunidades de diagnosticar novos itens a serem trabalhados, definindo assim os requisitos da ferramenta a ser desenvolvida.

Superada esta fase de revisão da literatura e algumas oficinas, houve o desenvolvimento de uma série de *scripts* em linguagem Python para automação de algumas tarefas. Essa fase, de caráter exploratório, permitiu o desenvolvimento de pequenas ferramentas que podiam ter feedback mais rápido, melhorando o entendimento dos requisitos e compressão da visão geral do fluxo de trabalho.

Essa forma de trabalho, com loops de feedback rápidos, influenciou fortemente a na adoção de Python como a linguagem de programação adotada. A linguagem adotada para Implementação da ferramenta será Python¹. Além de ser uma linguagem interpretada de alto nível Orientada a Objeto – que permite um alto índice de reaproveitamento de código – e da sintaxe simples, Rao (2018) apresenta algumas das principais vantagens que destaca a linguagem para este tipo de aplicação:

- Disponibilidade de bibliotecas para aplicações científicas contemplando manipulação de matrizes (Numpy), funções matemáticas (SciPy), manipulação de dados em forma tabular (Pandas), criação de gráficos interativos (Matplotlib e Bokeh);
- Suporte para automação de tarefas. Os recursos de *script* internos do Python e vários pacotes têm um forte suporte à automação de tarefas. A automação de tarefas repetitivas e a realização do registro de dados são fáceis e requerem pouco esforço.

¹ <https://www.python.org>

- Pacotes Python como Django e Flask tornam possível desenvolver e usar o Python como uma API² com um *front-end* da web. Essa funcionalidade é particularmente útil ao usar uma infraestrutura baseada em nuvem como plataforma para acessar *back-ends* de computação de alto desempenho (HPC).

² Na programação de computadores, uma Interface de Programação de Aplicativos (*Application Programming Interface* – API) é um conjunto de definições de sub-rotinas e ferramentas para a criação de software. Em termos gerais, é um conjunto de métodos de comunicação claramente definidos entre vários componentes.

REFERÊNCIAS

BAI, Q.; BAI, Y. *Subsea Pipeline Design, Analysis, and Installation*. [S.l.]: Elsevier Inc., 2014. ISBN 978-0-12-386888-6. Citado na página 5.

GAMINO, M.; ABANKWA, S.; PASCALI, R. FSI methodology for analyzing VIV on subsea piping components with practical boundary conditions. *Proceedings of the International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering - OMAE*, v. 7, 2013. Citado na página 3.

MITTAL, A.; SLAUGHTER, A.; BANSAL, V. *From bytes to barrels: The digital transformation in upstream oil and gas*. 2017. 1–28 p. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/oil-and-gas/digital-transformation-upstream-oil-and-gas.html><https://www2.deloitte.com/insights/us/en/industry/oil-and-gas/digital-transformation-upstream-oil-and-gas.html>[https://dupress.deloitte.com/dup->](https://dupress.deloitte.com/dup-). Citado na página 4.

RAO, V. R. *Here's Why You Should Use Python for Scientific Research*. 2018. <https://developer.ibm.com/dwblog/2018/use-python-for-scientific-research/>. Citado na página 5.

Van den Abeele, F.; BOËL, F.; HILL, M. Fatigue Analysis of Free Spanning Pipelines Subjected to Vortex Induced Vibrations. In: *Volume 7: CFD and VIV*. Nantes, France: American Society of Mechanical Engineers, 2013. p. V007T08A039. ISBN 978-0-7918-5541-6. Citado na página 3.