

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

WEVERTON MARQUES DA SILVA

**MODELAGEM E DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO DE UMA PARA
ANÁLISE DUTOS EM VÃO-LIVRE**

Maceió-AL

Setembro de 2019

WEVERTON MARQUES DA SILVA

**MODELAGEM E DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO DE UMA PARA
ANÁLISE DUTOS EM VÃO-LIVRE**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre pelo Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Cen-
tro de Tecnologia da Universidade Federal de
Alagoas.

Orientador: Adeildo Soares Ramos Júnior
Coorientador: Eduardo Setton Sampaio da Sil-
veira

Maceió-AL

Setembro de 2019

RESUMO

TODO.

Palavras-chaves: Análise Paramétrica; Assentamento de duto; Dutos Submarinos.

ABSTRACT

TODO.

Keywords: TODO.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Modelo de elementos finitos durante o lançamento	10
---	----

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MEF	Método dos Elementos Finitos
VIV	Vibração Induzida por Vórtice

SUMÁRIO

0.1	Introdução	8
1	MODELAGEM DE ASSENTAMENTO DE DUTOS SUBMARINOS . .	9
1.1	Modelagem do sistema de dutos com Elementos Finitos	9
	REFERÊNCIAS	11

0.1 Introdução

Recentemente, as indústrias *offshore* e submarina experimentaram uma revolução técnica no processo de projeto. Métodos avançados e ferramentas de análise permitiram uma abordagem mais sofisticada ao projeto, que aproveita os materiais modernos e os códigos de projeto revisados, que dão suporte aos conceitos de estado limite de projeto e aos métodos de confiabilidade. A nova abordagem é chamada de Projeto Através de Análise (*Design Through Analysis* - DTA), onde o Método dos Elementos Finitos é usado para simular o comportamento global dos dutos, bem como os esforços estruturais locais.

O processo de duas etapas é usado de maneira complementar para determinar os estados limites normativos e otimizar um projeto específico.

Devido a quantidade de fatores envolvidos, a análise requer o uso de métodos numéricos robustos para seu tratamento. O Método dos Elementos Finitos (MEF) é amplamente usado nessa tarefa. De modo a representar adequadamente as condições de campo, 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.

1 MODELAGEM DE ASSENTAMENTO DE DUTOS SUBMARINOS

O assentamento de dutos submarinos tem sido o núcleo da engenharia *offshore* por meio século. Vários métodos e técnicas tem sido desenvolvidas e usadas para dutos submarinos (IVIC, 2016). O processo de lançamento de dutos é uma das tarefas mais desafiadoras, mesmo quando a rota ideal já está definida. 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).

A simulação do duto projetado em um ambiente tridimensional realista obtido por medições da topografia do fundo marinho, permite que os engenheiros explorem quaisquer oportunidades que o comportamento do mesmo pode oferecer para desenvolver soluções seguras e econômicas. Por exemplo, o projetista pode analisar primeiro o comportamento do duto na batimetria original. Se alguns dos casos de carga resultam em tensões além do limite aceitável, pode-se simular uma modificação do fundo do mar no modelo de elementos finitos. A análise é então executada novamente para confirmar que as modificações levaram à diminuição desejada de tensão ou deformação.

O modelo de elementos finitos pode ser uma ferramenta para analisar o comportamento *in-situ* de um duto. Por comportamento *in-situ* duto entenda-se a resposta do mesmo as cargas ao longo de parte do todo o seu histórico de carregamento (BAI; BAI, 2014), isso pode consistir em vários casos de carga em sequência, por exemplo:

1. instalação;
2. testes de pressão (enchimento de água e do teste hidrostático);
3. operação (enchimento com conteúdo, pressão de projeto e temperatura);
4. ciclos de carga/descarga;
5. flambagem lateral e vertical (*upheaval*);
6. onda dinâmica e/ou de corrente;
7. cargas de impacto.

1.1 Modelagem do sistema de dutos com Elementos Finitos

A modelagem da instalação do duto é o primeiro passo para o estudo do comportamento *in-situ* do duto, e visa reproduzir a configuração indeformada do duto assim que lançado sobre

a leito marinho. Esta configuração serve como ponto de partida para as etapas posteriores da análise. Mais importante do que investigar o comportamento do duto durante a instalação é garantir que a correta representação da tração e ângulo de lançamento de tal modo que consigam gerar forças residuais no duto, oriundas do atrito quando o duto se assenta sobre a batimetria.

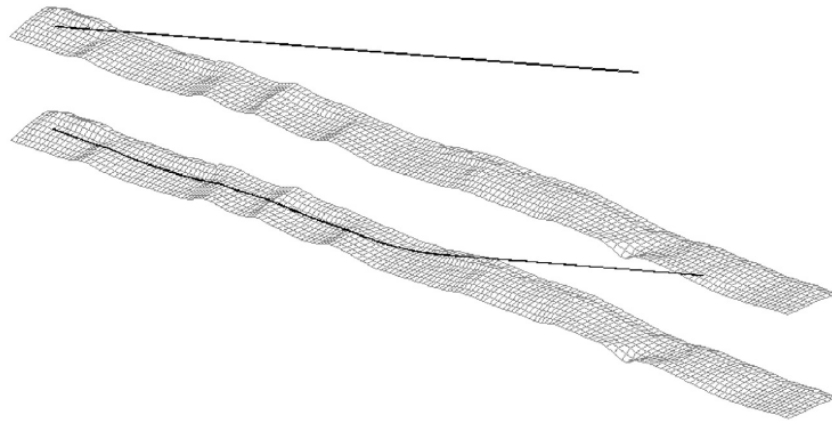


Figura 1.1 – Modelo de elementos finitos durante o lançamento.
Fonte: (BAI; BAI, 2014)

Por simplicidade, neste trabalho, vamos assumir que o ângulo entre o duto e a horizontal o será nulo, isto é, o duto estará num plano horizontal que desce em direção a superfície batimétrica. Desso modo, o modelo permitirá especificar somente a tração de lançamento. Essa modelagem visa garantir a correta representação do contato entre o duto e a batimetria (forças de contato e ponto onde o duto toca o solo). A Figura 1.1 mostra o duto antes e durante o processo de instalação.

A medida que o duto se assenta é necessário garantir um equilíbrio estável entre o duto e o solo, o que é feito mediante um modelo representativo dessa interação. Esse modelo define o atrito e rigidez do leito marinho. No Abaqus (SIMULIA, 2018), pode-ser relacionar a penetração e a pressão de resposta do solo por meio de uma curva de rigidez axial, além de usar modelo anisotrópico para o atrito do solo para representar as diferenças entre os atritos nas direções longitudinal e transversal.

REFERÊNCIAS

BAI, Q.; BAI, Y. *Subsea Pipeline Design, Analysis, and Installation*. [S.l.]: Elsevier Inc., 2014. 1–809 p. ISBN 9780123868886. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 10.

IVIĆ, S. Sensitivity analysis of S-lay pipe-laying configuration. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2016. Citado na página 9.

SIMULIA. *ABAQUS*. 2018. Citado na página 10.

Van den Abeele, F.; BOËL, F.; HILL, M. Fatigue Analysis of Free Spanning Pipelines Subjected to Vortex Induced Vibrations. In: *Proceedings of the 32rd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering. Volume 7: CFD and VIV*. [S.l.: s.n.], 2013. ISBN 978-0-7918-5541-6. Citado na página 9.