

1

Introdução

1.1

Motivação

Devido à contínua demanda de óleo, as empresas de petróleo têm sido forçadas a explorarem novas reservas em águas cada vez mais profundas, o que representa um maior desafio em termos operacionais, de segurança e econômicos. De fato, com as descobertas da Petrobras em lâminas d'água da ordem de 2 mil metros na camada de pré-sal, que se estende do litoral do Estado do Espírito Santo ao de Santa Catarina, os *risers*, que são os principais componentes responsáveis pelo transporte de óleo desde o reservatório até a unidade flutuante, passaram a ser solicitados de forma mais intensa. Um dos principais problemas que afetam o comportamento dos *risers* são as ondas compressivas de grande amplitude que atuam sobre eles e que são geradas pela transmissão de movimentos das unidades flutuantes. A propagação dessas ondas compressivas, combinada com as ações das correntes marítimas, pode ocasionar, dentre outros, problemas de flambagem sobretudo na região em que os *risers* tocam o fundo do mar, e vibrações indesejadas – vibrações induzidas por vórtices (*VIV*) -, que reduzem a vida útil dos mesmos. Desta maneira, a utilização de configurações geométricas tradicionais de *risers*, tais como a catenária, tem se mostrado inviável, tornando-se necessário o estudo e desenvolvimento de novas alternativas de configurações de *risers* capazes de suportar os esforços impostos à sua estrutura e que sejam ainda viáveis, sob o ponto de vista econômico. Nesse contexto, as indústrias de petróleo vêm desenvolvendo com sucesso configurações complexas de *risers*, tais como *Lazy-S*, *Pliant-Wave*, *Lazy Wave*, *Riser Híbrido Autossustentável* e a *Boia de Subsuperfície*, visando a redução dos efeitos dessas ondas compressivas. No entanto, muitas vezes a aplicação e instalação dessas configurações têm apresentado problemas de logística, maior tempo de instalação e custos elevados. Com o objetivo de pesquisar uma configuração que permita controlar o problema da flambagem, reduzindo as tensões solicitantes, e cuja aplicação seja de fácil implementação, os *risers* em catenária hidro-amortecidos (*RCHA*) (Mourelle et. al, 2010) surgem como uma nova alternativa de projeto.

Nos projetos de engenharia, basicamente, dois princípios fundamentais devem ser considerados: viabilidade técnica e viabilidade econômica; ou seja, o dimensionamento de sistemas estruturais deve atender com segurança aos critérios

de operação e, ao mesmo tempo, satisfazer os requisitos econômicos. No contexto da engenharia *offshore*, de acordo com o campo e as condições de operação, existe um grande número de possibilidades de configuração de *risers* a ser considerado, sob o ponto de vista da viabilidade técnica e econômica. A avaliação de todas essas possíveis configurações na busca pela melhor opção demanda longo tempo e elevado custo computacional.

O processo tradicional da escolha de configurações viáveis é baseado em tentativa e erro, no qual a cada tentativa as variáveis do projeto são ajustadas, com base na intuição quanto ao comportamento da estrutura, e a configuração obtida é então avaliada quanto às suas condições operacionais e de integridade estrutural. Seguindo-se essa metodologia, o tempo necessário e a qualidade do projeto final tornam-se extremamente dependentes da experiência do projetista, e portanto passível de erros. Nesse contexto, o uso de técnicas de otimização passou a ser adotado como uma alternativa para se minimizar o tempo e o custo computacional da procura por configurações viáveis.

Com o objetivo de superar as dificuldades apresentadas na busca de configurações de *risers* capazes de minimizar os efeitos provocados pelas ondas de compressão ao longo de seus comprimentos e os custos envolvidos na utilização dessas configurações, o presente trabalho aborda a aplicação de técnicas de otimização multiobjetivo no projeto de *risers* em catenária com amortecedores hidrodinâmicos.

1.1.1

Trabalhos relacionados

Recentemente, alguns trabalhos foram desenvolvidos com sucesso sobre processos de otimização aplicados na indústria do petróleo. Por exemplo, Andrade et al. (2010) e Martins (2011) estudaram métodos de otimização de configurações de *risers* e Carbono (2005) trabalhou com processos de otimização da disposição de linhas de ancoragem. Tais trabalhos foram desenvolvidos utilizando algoritmos baseados nos princípios da computação evolucionária. Da mesma forma, outros autores, citados nesta dissertação, contribuíram de forma significativa com informações importantes para o desenvolvimento do presente trabalho. Apesar dos resultados encontrados na literatura técnica serem bastante interessantes e relevantes, seus respectivos autores enfatizam a necessidade da melhoria dos processos de otimização adotados.

1.2

Objetivo

Com base na motivação apresentada, o principal objetivo deste trabalho é a aplicação de técnicas de otimização multiobjetivo no estudo do comportamento estrutural de *risers* em catenária hidroamortecidos (RCHA).

1.2.1

Objetivos específicos

- (i) Estudar o comportamento e as características determinantes no projeto de RCHA;
- (ii) Formular o dimensionamento desses *risers* no contexto de um problema de otimização;
- (iii) Contribuir com a abordagem de projeto de *risers* em geral por meio de uma metodologia eficiente, com aplicação específica para os RCHA;
- (iv) Contribuir com informações e indicações relevantes no projeto de RCHA.

1.3

Organização do trabalho

No Capítulo 2 é descrita a sequência de análise utilizada na prática de projetos de *risers*, linhas de ancoragem e unidades flutuantes usando modelos desacoplados, com a finalidade de contextualizar os problemas de otimização nas práticas de tipo *offshore*. Também são apresentadas as principais configurações geométricas adotadas pelo *risers*.

No Capítulo 3 são descritos os conceitos básicos de um problema de otimização.

No Capítulo 4 é apresentada a formulação matemática e os principais aspectos relacionados com a implementação computacional do processo de otimização da configuração geométrica de um *riser* em catenária hidroamortecido.

No Capítulo 5 é apresentado um exemplo de aplicação da metodologia de otimização descrita no Capítulo 4 usada para definir a configuração ótima de *risers* do tipo RCHA.

No Capítulo 6 são apresentadas as conclusões deste trabalho, juntamente com algumas recomendações para trabalhos futuros.