

ANÁLISE DOS SISTEMAS DE *RISERS* UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE ÓLEO EM SISTEMAS SUBMARINOS

Alexandre Patrick de Leão¹ | Carolina Caldas Sardinha²

Monique Amaral³ | Ana Paula Santana⁴

Engenharia de Petróleo



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO:

A necessidade de transportar produtos combustíveis líquidos ou gasosos entre dois pontos gera a oportunidade da implementação de um projeto de dutos. O crescimento econômico e populacional da humanidade faz com que a atividade de transporte de combustível por dutos aumente a cada dia e torna-se cada vez mais atuante. Em face da concentração de descobertas de grandes campos produtores de hidrocarbonetos nos oceanos, os dutos submarinos vêm assumindo grande importância como forma de garantir a produção desses campos. A importância das estruturas rígidas e flexíveis tem aumentado consideravelmente nos últimos anos. As principais razões são, primeiramente, o desenvolvimento tecnológico e, em segundo lugar, as aplicações diretas, tendo as estruturas rígidas e flexíveis um papel fundamental na extração de óleo e gás do fundo do solo marinho. Portanto, torna-se imprescindível o entendimento dessas estruturas, de modo a otimizar a sua aplicação e a utilizá-las com segurança em um dado desenvolvimento de campo petrolífero.

PALAVRAS-CHAVES

Dutos, rígidos, flexíveis, óleo, gás.

ABSTRACT

The need to transport liquid or gaseous fuel products between two points creates the opportunity of implementing a pipeline project. The economic and population growth of humanity makes the activity of transporting fuel by pipeline increases every day and becomes increasingly active. Given the concentration of discoveries of large fields producing hydrocarbons in the oceans, the submarine pipelines are assuming great importance in order to ensure the production of these fields. The importance of rigid and flexible structures has increased considerably in recent years. The main reasons are, first, technological development and, secondly, the direct applications, and rigid and flexible structures a key role in extracting oil and gas from the bottom of the seabed. Therefore, it is essential to the understanding of these structures in order to optimize your application and use them safely in a given development of oilfield.

KEYWORDS

Pipeline. Rigid. Flexible. Oil. Gas.

1 INTRODUÇÃO

As novas descobertas de petróleo em águas brasileiras ultra-profundas tornam o país um dos maiores produtores de hidrocarbonetos no mundo, passando de 100 milhões de barris de petróleo em 2008. Com isso, os projetos para sistemas submarinos de produção tornaram-se cada vez mais aprimorados e desafiantes, tendo em vistas a complexidade dessas operações. A elaboração de um bom projeto de produção offshore abrange desde o conhecimento minucioso sobre o arranjo submarino até a definição e instalação dos equipamentos e dutos que devem garantir a produção e assegurar seu escoamento.

O sistema submarino de produção é subdividido em sistema de coleta, que é composto pelos dutos e equipamentos que coletam a produção do poço interligando-a a unidade estacionária de produção (UEP's), e o de exportação, que compreende os dutos e equipamentos submarinos, monobóias e navios off-loading que transferem a produção de uma ou mais UEP's até um ponto de recebimento (terminal oceânico ou terrestre). Por sua vez, os dois sistemas variam de acordo com a unidade de exploração/produção e de acordo com alguns fatores como característica do fluido e tipo de escoamento.

Dentre essas áreas o estudo sobre os risers se destaca por apresentar grandes desafios computacionais, pois qualquer falha em tal sistema pode causar sérios danos a todo o ambiente marinho, além de provocar altos gastos no reparo do sistema e

na recuperação do meio ambiente e provocar a indesejada interrupção da produção de óleo. Este trabalho limita-se à abordagem dos dutos do sistema de coleta de óleo em ambientes submarinos, bem como avaliar e comparar os tipos existentes (Rígido e Flexível) e suas subdivisões mais utilizadas, além de comentar sobre algumas configurações especiais de risers.

2 SISTEMA DE RISERS

Chama-se de riser o trecho suspenso do duto que conecta a unidade de exploração e produção a um equipamento no fundo do leito marinho. O riser desempenha um papel fundamental dentro do sistema de exploração e produção de óleo e gás, devendo-se garantir sua integridade e confiabilidade em suas diferentes aplicações (SILVA, 2011).

Esse trecho suspenso dos dutos de coleta sujeito á esforços dinâmicos deverá ser dimensionado para resistir á dobramentos, tensões e torções. As várias cargas que agem em dutos submarinos são classificadas em cargas funcionais (pressão interna e externa, forças térmicas, peso do duto e forças residuais e de lançamento), cargas ambientais (de onda, de corrente e vão livre em solos irregulares e de instabilidade no solo) e cargas acidentais (impacto de âncora, impactos de queda de objetos, impactos devido a pesca de fundo, impactos de embarcações etc.) (SOLANO, 2001).

A escolha do tipo de riser mais adequado para desenvolvimento da produção será baseada em critérios como condições ambientais, perfil de correntes submarinas, profundidade e layout do campo, excursão e movimento da unidade flutuante, número de risers, carga máxima do sistema de suspensão do riser, facilidade e custo de instalação (DOLINSKI, 2009).

Eles podem ser definidos classificando-se a sua funcionalidade como: riser de produção, utilizado na transferência dos fluidos produzidos (óleo e gás) do poço à plataforma, riser de injeção, para injetar água no reservatório e ajudar a manter sua pressão, riser de exportação, utilizado na transferência do fluido processado da plataforma até a terra ou outra unidade e riser de perfuração que é utilizado principalmente para proteger a coluna da broca de perfuração do poço (SILVA, 2011).

Do ponto de vista estrutural, estes risers podem ser rígidos ou flexíveis, porém, independente do tipo empregado, com o aumento da profundidade, aumentam-se os esforços de tração sobre essas estruturas. Em águas profundas, essa desvantagem pode ser diminuída com a utilização de configurações especiais mais complexas. Como exemplo destes sistemas mais complexos, tem o Riser Híbrido Auto-sustentável (RHAS), utilizado pela Petrobrás em poços da Bacia de Campos. Sistemas bastante semelhantes têm sido considerados para o desenvolvimento da região do pré-sal, tais como: a bóia de sustentação e a riser tower (BALENA, 2010).

Figura 1 – Estruturas utilizadas para exploração de petróleo



Fonte: <http://www.defesaareanaval.com.br/?p=29972>

3 RISER RÍGIDO

São tubos de aço formados por uma série de juntas soldadas ou rosqueadas, em lâminas profundas, pode ser utilizado flutuadores para diminuir o peso, possuem grande rigidez e resistência a cargas axiais, radiais e de flexão (SILVA, 2011). Normalmente são compostos de aço ou titânio, e tem sido largamente empregado na exploração em águas profundas por possibilitar a utilização de grandes diâmetros, operar com maior variedade de pressões internas, além disso, a sua simples fabricação oferecem maior dificuldade de manuseio, armazenagem, transporte e instalação (MUNIZ, 2013).

Figura 2 – Exemplo de duto rígido em processo de construção



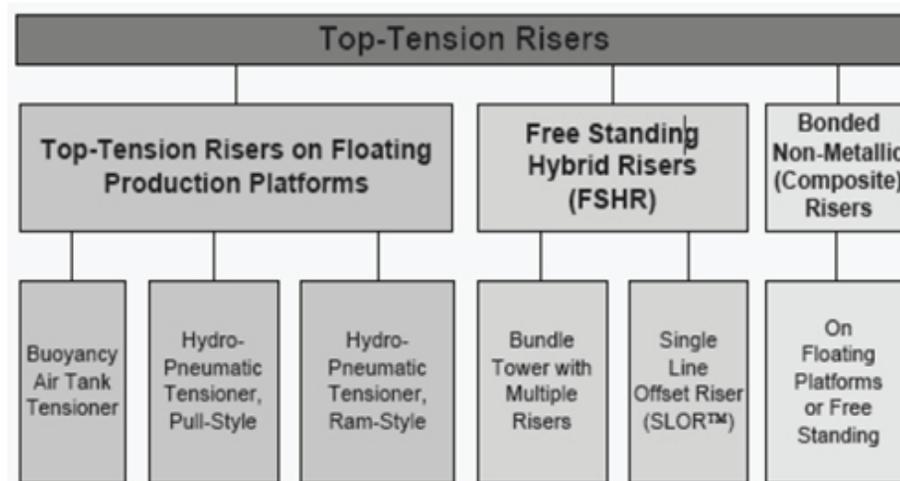
Fonte: <http://oilandgastechologies.wordpress.com/2012/09/17/top-tensioned-risers-cross-section/>

Segundo Queiroz, os dutos rígidos são muito requeridos nas necessidades de calçamentos dos dutos nos trechos com grandes vãos, eles possuem, usualmente, grande rigidez e resistência a cargas axiais, radiais e de flexão.

Seus tipos são Top Tensioned Riser (TTR), quando disposto verticalmente, e Steel Catenary Riser (SCR) quando em catenária, estes poderão ser do tipo pipe-in-pipe (dois tubos de aço concêntrico e com um espaçamento anular entre eles com um material isolante, gás ou espuma polimérica), sua parte que garante a resistência mecânica é caracterizada pelos seus tubos interno e externo, pois o material do anular não oferece nenhuma função estrutural.

Os risers do tipo TTR, normalmente o riser é tracionado no topo por flutuadores ou tracionadores hidráulicos, permitindo a completação seca (SILVA, 2011), fazendo uso destes dispositivos no topo da estrutura a movimentação vertical da plataforma é amenizada diminuindo o risco de flambagem, são usualmente empregados em plataformas do tipo Tension Leg (TLP). Tal mecanismo não é muito utilizado em águas profundas por causa das movimentações da unidade por conta das correntes marítimas, neste tipo de riser também se faz necessário o uso de um dispositivo.

Figura 3 – Sistema de riser de produção para águas profundas (Top-Tension)



Fonte: <http://www.tenaris.com/en/Products/OffshoreLinePipe/Risers/TopTensionedRisers.aspx>

O riser em catenária ou Steel Catenary Riser (SCR) é um duto suspenso a partir de instalações na superfície em forma de catenária que se apoia no fundo do mar e conecta-se diretamente às linhas submarinas (flowlines) horizontais. A interface com a unidade flutuante de produção é constituída de uma junta flexível e/ou cônica (taper joint) para absorver as variações de momento geradas pela movimentação da plataforma (ALVES, 2012). Para sua fabricação é necessário um bom projeto acerca das cargas hidrodinâmicas (ondas, correntes), pois estas criam uma zona de fadiga

sensível na interface com o fundo do mar. Segundo Silva (2011) a configuração de catenária é a mais utilizada no Brasil e comporta tanto o riser rígido quanto o flexível, esta escolha é feita a depender do ângulo de saída catenárias, podendo variar de 5 a 7 graus para o flexível e 20 para o rígido.

4 RISER FLEXÍVEL

Segundo Silva (2011) os risers flexíveis são dutos compostos pela superposição de camadas plásticas e metálicas que lhe conferem respectivamente estanqueidade e resistência mecânica, caracterizando-se pela baixa rigidez à flexão.

O mercado de dutos flexíveis no Brasil é crescente devido ao uso dos sistemas de produção flutuantes que atendem as demandas em águas ultra profundas, porém os centros de pesquisa ainda enfrentam desafios para obtenção de dutos flexíveis mais resistentes e com menor peso. Essas estruturas compostas têm sido utilizadas na maioria dos campos da Petrobrás, seus diâmetros variam de 2,5" a 18" e pressões de 200 a 6700 psi (DOLINSKI, 2009).

O riser flexível pode ser classificado de acordo com a função e camada interna:

- Rough Bore: Duto com parede interna rugosa, envolvendo o transporte de fluidos que possuem gás (Produção e exportação de óleo, injeção, produção e exportação de gás). Possui obrigatoriamente carcaça.
- Smooth Bore: Duto com parede interna lisa, envolvendo transporte de fluidos sem gás (injeção de água). Não há necessidade da carcaça (SILVA, 2011).
- Há também outra classificação de acordo com sua construção:
- Unbonded pipe: As camadas metálicas e poliméricas não são unidas entre si, garantindo um movimento relativo entre elas.
- Bonded pipe: As camadas são coladas por um processo de vulcanização com o elastômero.

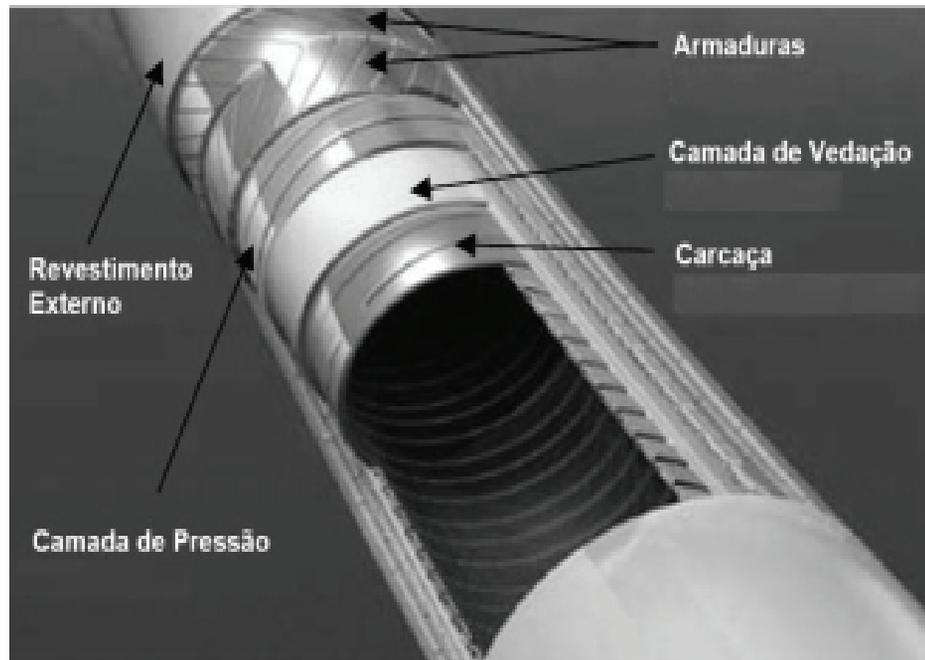
A seleção dos tubos flexíveis deve levar em consideração fatores como:

- Propriedade e composição do fluido interno (quantidade de CO₂, H₂S e água);
- Taxa de escoamento requerida;
- Pressão e temperatura do fluido;
- Vida útil do duto e lamina d'água;
- Necessidade de isolamento térmico;
- Método e navio para instalação.

De acordo com Dolinski (2009) a composição do riser flexível por diferentes materiais possui como objetivo combinar as melhores propriedades de cada um deles formando uma estrutura ideal. Como mostra a Figura 4, suas camadas são nomeadas como carcaça, camada de pressão, armadura de pressão, armaduras de tração e ca-

mada externa. Vale ainda ressaltar que existe um espaço anular no tubo que se limita ao espaço radial que vai do diâmetro externo da camada de pressão ao diâmetro interno da camada externa do tubo.

Figura 4 – Estrutura flexível Rough Bore



Fonte: PUC-Rio - Certificado Digital nº. 0221059/CA - Sistemas de Produção em Águas Profundas

a) CARCAÇA

Essa camada mais interna do tubo é feita com estrutura de aço inter travado e torna-se obrigatória quando o fluido possui gás. Em caso de fluido sem gás, essa camada poderá ser substituída por uma camada anticlapso. A principal função da carcaça é evitar o colapso da camada seguinte (camada de pressão) nos casos de aumento da pressão externa ou do anular do duto. Devido ao seu modelo estrutural, como pode ser visto na Figura 4, essa camada não foi elaborada com propósito de impedir o fluxo de fluido para as camadas adjacentes, portanto ela não resiste ao aumento da pressão interna do duto.

O material metálico dessa carcaça também deverá: suportar as cargas radiais das armaduras de tração quando o duto estiver sob tração, suportar as cargas radiais de equipamentos como boias, colar, restritores de flexão e enrijecedores montados no tubo, e por fim, deverá suportar, também, o esforço radial gerado pelos tensionadores durante o aperto de instalação. O conhecimento prévio do fluido interno que estará em contato direto com a carcaça é indispensável, pois a presença de CO₂, H₂S, cloretos ou areia, por exemplo, podem corroer o duto e causar graves danos à produção.

b) CAMADA DE PRESSÃO:

Camada plástica elaborada a partir de materiais como polietileno, gamma flex ou poliamida, cuja principal função é garantir estanqueidade do riser e transmitir os esforços oriundos do aumento da pressão interna para as armaduras seguintes. Em dutos smooth bore, onde não existe a carcaça, essa camada é o próprio tubo interno, onde sua espessura deve ser dimensionada para resistir ao colapso em caso de despressurização emergencial (sucção).

É de grande relevância o conhecimento do fluido interno e sua compatibilidade química com o material da camada de pressão, além do conhecimento de fatores como pressão e temperatura que irão influenciar diretamente na vida útil dessa camada.

c) ARMADURA DE PRESSÃO:

São perfis de aço de diferentes formatos (zeta, teta ou psi) e espessuras que devem resistir aos esforços radiais causados principalmente pela pressão interna, além daqueles causados pelas armaduras de tração, pelos tensionadores e pelos equipamentos auxiliares. Essa armadura, como pode ser vista na Figura 5, também, auxilia a carcaça a resistir ao aumento de pressão externa causada por dano à camada mais externa do riser. A previsão de difusão do gás do fluido interno pela camada de pressão, também, deve ser considerada, pois isso poderá ocasionar um ambiente corrosivo dentro do anular do riser, danificando todas as outras camadas, inclusive as metálicas. O conhecimento prévio desse possível ambiente corrosivo irá contribuir para escolha do material das armaduras de pressão e tração.

Geralmente essa armadura de pressão poderá ser seguida por uma camada espiral que irá aumentar a resistência à pressão interna sem precisar aumentar a armadura, isso minimiza o peso do duto e as dificuldades para instalação.

Figura 5 – Armadura de pressão (Perfil Zeta e Teta)



Fonte: QUEIROZ, J. O

d) ARMADURAS DE TRAÇÃO:

São fios chatos de aço fabricados em pares e aplicados de forma helicoidal, de modo que sua resistência e funcionalidade iram variar de acordo com o ângulo de aplicação dessas hélices. Sua principal função é resistir à tração e às car-

gas compressivas, além de suportar as cargas radiais de pressão interna e resistir aos esforços de torção. Para evitar desorganização desses arranjos helicoidais, fitas são aplicadas sobre essas armaduras beneficiando o processo de fabricação.

e) CAMADA EXTERNA:

É a camada mais externa do tubo feita a partir de material plástico, tendo como função garantir a estanqueidade externa do duto e proteger as camadas mais internas do riser do contato com a gua do mar e entrada de areia. Além disso, em caso de difusão do gás pela camada de pressão, essa camada externa irá impedir a difusão desse gás contido internamente no anular do duto. Para solucionar isso existem válvulas de alívio nos conectores da extremidade, evitando problemas de aumento da pressão interna do anular e corrosão das armaduras.

f) CAMADAS AUXILIARES:

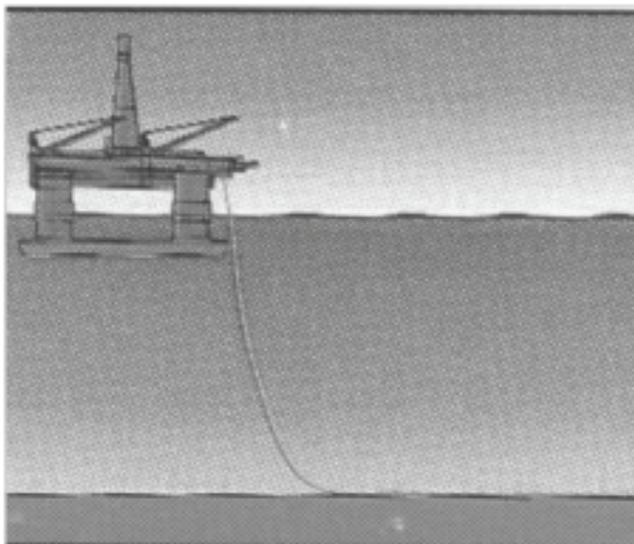
Existem camadas que somam funcionalidade às camadas básicas de um duto flexível, como por exemplo: camada antiatrito, fitas de alta resistência, camada anticolapso e isolamento térmico.

Previamente à aquisição dos risers as empresas responsáveis pelo projeto irão se utilizar de softwares específicos que avaliam o comportamento do riser quanto á tração de topo, fadiga e compressão no TDP (região crítica de máxima flexão) a fim de aprovar ou modificar as configurações adotadas pelo projeto. Essas configurações foram definidas a partir de fatores como: tipo de unidade de exploração e produção, função e diâmetro do riser, lamina d'água e parâmetro meteoceanográficos do ambiente a ser instalado (UNIVERSIDADE PETROBRÁS).

Os riser flexíveis possuem um raio limite de curvatura, acima do qual poderá ocorrer o destravamento da armadura de pressão ou o rasgo da camada externa. Por isso esses dados, também, devem estar presentes na configuração dos dutos a serem utilizados. De acordo com a literatura, em águas profundas o comprimento do riser pode ser dividido em duas seções. A seção de topo será projetada para resistir aos esforços de tração e fadiga, enquanto que a seção do fundo será projetada para pressão de colapso, cargas de instalação e efeito de fundo negativo (DOLINSKI, 2009).

Segundo dados da Petrobrás os riser flexíveis mais utilizados pela empresa estão na configuração de catenária livre ou free-hanging, como mostrado na Figura 6, pois é de fácil instalação e pode ser alterado caso seja necessário uma mudança de unidade flutuante.

Figura 6 – Catenária livre



Fonte: http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/2010/Debora_LuizFernando/relat1/Relat1.htm

No entanto, devido à não idealidade sob determinadas situações, alguns projetos adotam outras configurações com auxílio de boias, também conhecidas como configurações complacentes.

Nas configurações com boias, a tensão residual do fundo é diminuída, viabilizando o projeto. Essas configurações, também, podem ser requeridas quando a excursão da unidade flutuante combinada à condição ambiental severa solicita raios de curvaturas críticos para o riser na região do TDP durante uma posição NEAR da unidade flutuante. Existe um lado negativo dessas configurações em águas profundas, pois devido ao comprimento suspenso do riser flexível, o número de boias deve ser muito grande, dificultando a instalação e aumentando os custos operacionais.

Esse projeto, porém, torna-se viável a medida que existam limitações na capacidade de carga do sistema de sustentação do riser ou quando o peso dos risers pode comprometer a flutuabilidade da plataforma flutuante (DOLINSKI, 2009).

Ainda segundo Petrobrás, as configurações Lazy-S e Steep-S não são adotadas pela empresa devido aos riscos impostos por esse tipo de conexão vertical. A configuração Lazy-wave será preferencialmente adotada em campos do pré-sal da Bacia de Santos (UNIVERSIDADE PETROBRÁS).

Os projetos tanto de dutos rígidos quanto de flexíveis são elaborados evitando-se o cruzamento entre eles. No entanto, quando isso não é possível o projeto obedece algumas premissas:

- Dutos de exportação e de produção tem prioridade para que fiquem por cima dos demais.
- Os flexíveis devem ficar por cima dos rígidos. Ressalva quando os rígidos sejam lançados posteriormente.
- Entre dutos rígidos prioriza-se o de menor diâmetro por cima do duto de maior diâmetro.
- O ponto de cruzamento entre os dutos flexíveis deve ser o mais afastado possível da ANM e da unidade de produção para permitir operações de intervenção e manutenção.

5 COMPARAÇÃO ENTRE DUTOS RÍGIDOS E FLEXÍVEIS

Tabela 1 – Tabela comparativa entre os risers rígidos e flexíveis

Flexíveis	Rígidos
Possui maior flexibilidade de traçado devido ao menor raio de curvatura	Menor flexibilidade de traçado, devido ao maior raio de curvatura
Possui menor sensibilidade aos acidentes no fundo do mar	Maior sensibilidade aos acidentes no fundo do mar
Possui baixa rigidez à flexão, permitindo ajustar-se aos movimentos da plataforma, e elevada rigidez axial.	Possui um menor custo e são capazes de resistir a altas pressões, tornando sua utilização interessante em águas profundas e ultra profundas.

Fonte: Autor

Diante de necessidades de uma menor restrição ao uso, e para uma solução mais viável em campos de águas profundas, faz-se uso dos risers híbridos, estes são a mistura dos risers rígidos e flexíveis. Esta configuração de riser será discutida mais adiante na seção de sistemas especiais.

6 SISTEMAS ESPECIAIS

a) IPB (integrated production bundle):

É uma estrutura constituída por um duto flexível centralmente e envolto por um arranjo externo (bundle) com mangueiras de injeção de gás para elevação do óleo à superfície, cabos elétricos para aquecimento do óleo e cabos de fibra ótica para monitoramento do perfil de temperatura. Externamente a esse arranjo pode ainda ser aplicado um isolamento térmico.

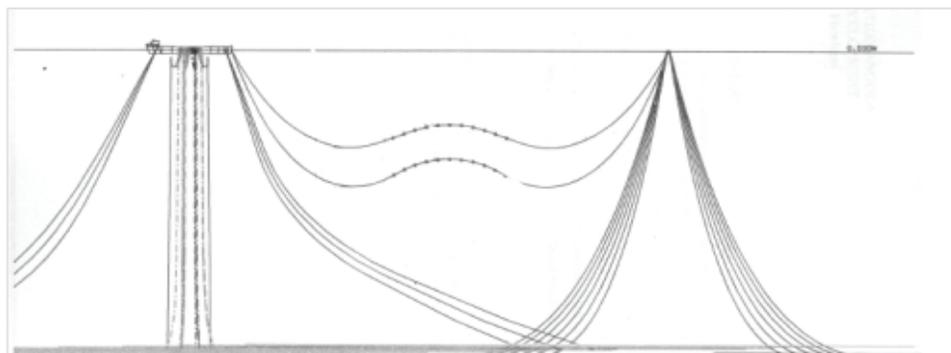
b) Riser Varal:

É um riser de transferência a meia-água entre as unidades de exploração e produção. Como pode ser visto na Figura 7. Este tipo de configuração está sendo utilizada no campo de Papa-Terra. Sua aplicação deve ser definida a partir de:

- Distância mínima entre as plataformas;

- Ângulo de saída dos risers nas plataformas;
- Carga horizontal dos risers nas extremidades em função do seu diâmetro.

Figura 7 – Riser Varal com e sem boia

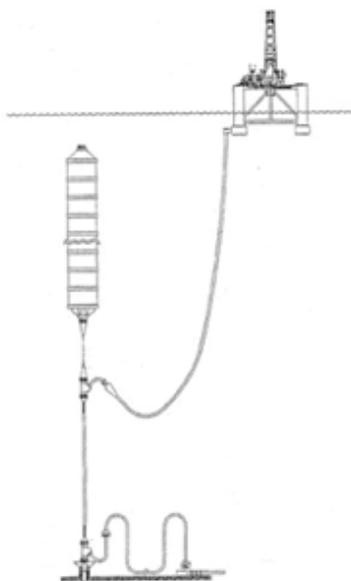


Fonte: SILVA, V. R. M.

c) Riser híbrido auto-sustentável (riser tower ou RHAS):

Os risers híbridos são, basicamente constituídos de uma seção vertical rígida, com uma boia cilíndrica de sub-superfície conectada no topo, sendo essa torre ancorada no fundo do mar, por uma fundação. O riser rígido por sua vez é conectado a unidade flutuante através de jumper flexível sob a forma de catenária (Figura 8). Estes risers são melhor empregados, pois permitem movimentos ocasionados à unidade flutuante sem danos às seções rígidas e mantém as configurações de risers rígidos na cabeça do poço.

Figura 8 – Estruturas de riser híbrido



Fonte: <http://relacionamento.petrobras.com.br/otc2013/PreSal>

d) Sistema de bóia de semi-superfície:

É composto por tanques cilíndricos flutuantes ancorados no leito marinho, com empuxo capaz de mantê-los 100m abaixo da superfície do mar suportando os risers (rígidos ou flexíveis) em profundidade de até 1800m. Esse sistema é um método indireto de acoplamento do riser à unidade flutuante, permitindo menores movimentos no topo do riser.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. C.; **Análise de fadiga em risers rígidos tipo catenária submetidos a carregamentos de onda e corrente**, Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012.

BALENA, R.; **Estudo analítico-numérico das vibrações induzidas por vórtices em trecho vertical de riser rígido, sujeito à variação de tração, e sua influência na fadiga**, São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2010.

MUNIZ, L. V.; **Análise global de duto sanduíche na configuração de riser híbrido**, Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2013.

QUEIROZ, J. O.; **Análise de estabilidade em dutos rígidos submarinos sujeitos à ação de ondas e correntes marinhas**, Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2011.

SILVA, V. R. M.; **Análise global de riser rígido vertical tracionado no topo para águas ultra-profundas**, Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2011.

SOLANO, R. F.; **Flambagem Térmica de um Sistema Pipe-in-Pipe Dual em Águas profundas**, Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2001.

TN Petróleo. Benício Biz Editores Associados Ltda. Disponível em: <<http://www.tnpetroleo.com.br>>. Acesso em: 5 nov. 2013.

Data do recebimento: 29 de Março de 2014

Data da avaliação: 17 de Agosto de 2014

Data de aceite: 18 de Agosto de 2014

-
1. Graduando em Engenharia de Petróleo – UNIVERSIDADE TIRADENTES – Email: xandre.patrick@gmail.com
 2. Graduanda em Engenharia de Petróleo – UNIVERSIDADE TIRADENTES – Email: carolasardinha@hotmail.com
 3. Graduanda em Engenharia de Petróleo – UNIVERSIDADE TIRADENTES –
Email: moniquej.amaral@yahoo.com.br
 4. Professora do Curso de Engenharia de Petróleo – UNIVERSIDADE TIRADENTES –
Email: anapaulasc@yahoo.com.br