Sistemas de suportação de plantas de processo em plataformas de produção de petróleo do tipo FPSO.

Wagner Mespaque[1], Vitor Frainer[2] & Paulo Roberto Teixeira[3]
[1]*Mestrando do Curso de Engenharia. Oceânica – FURG, Rio Grande, RS – wmespaque@petrobras.com.br*
[2]*Departamento de Materiais e Construção – FURG, Rio Grande, RS – vitor@gefmat.eng.br*
[3]*Departamento de Materiais e Construção – FURG, Rio Grande, RS – teixeira@dmc.furg.br*

RESUMO: Estruturas flutuantes do tipo navio são comumente utilizadas para suportar a planta de processo ou outras facilidades de sistemas flutuantes de produção de petróleo. A forma como a planta de processo é apoiada sobre o convés tem diversas alternativas, cada qual com suas particularidades e, no que se refere à interface *topside*-casco, ora vantajosas quando se trata de novos cascos, ora de cascos convertidos. Entre os fatores que afetam a escolha pela melhor solução está o peso dos módulos bem como seu comprimento (plantas modulares ou não). Este artigo aborda as diferentes soluções para sistemas de suportação de módulos, suas vantagens, aplicações e dificuldades que levaram à evolução destes sistemas.

PALAVRAS-CHAVE: STOOL, FPSO, TOPSIDE INTERFACE.

ABSTRACT: Ship type floating units are commonly used to support process and utilities plant of floating production systems. The way as that plant is supported above the main deck has many configurations, each one with its especial characteristics and, about the topside-hull interface, sometimes more advantageous for new buildings or converted vessels. Among the factors that affect the choice for the better solution for process modules support system there are the weight of the modules and their length. This paper deals with the different support systems solutions for process plant modules, their advantages, applications and the main difficulties that motivated their evolution.

KEYWORDS: STOOL, FPSO, TOPSIDE INTERFACE.

1. INTRODUÇÃO

Estruturas flutuantes do tipo navio são comumente utilizadas para suportar a planta de processo ou outras facilidades de sistemas flutuantes de produção de petróleo. Estes sistemas podem ser do tipo FPSO ("*Floating, Production, Storage and Offloading System"*, figura 1), ou FSO ("*Floating, Storage and Offloading System"*, figura 2), quando os tanques de carga do casco do navio são utilizados para armazenamento temporário do óleo produzido, ou do tipo FPU ("*Floating Production Unit"*) quando a única função do casco é ser o suporte flutuante das facilidades de produção.

Figura 1: FPSO P-34 (Brasil)

Figura 2: FSO P-47 (Brasil)

FPSO's podem ser construídas a partir de cascos de navios tanque convertidos para receberem uma planta de processo (figura 1) ou a partir de cascos especialmente projetados para este fim (construção nova, figura 3). Na maioria dos casos, a opção pela conversão é mais econômica e com menor tempo de entrega (Neto e Lima, [4]).

Figura 3: FPSO Girassol (Angola)

Estas unidades têm como principais vantagens:

- grande área de convés;
- custo pouco sensível à variação de profundidade;
- ideal para regiões sem infra-estrutura como oleodutos ou FSO;
- fácil remoção e relocação.

Por essas razões este tipo de unidade é especialmente atraente para os campos de produção brasileiros. Segundo o Anuário Estatístico 2008 da ANP [1], as reservas provadas de petróleo somam aproximadamente 12,5 bilhões de barris, das quais mais de 90% estão sob o solo marinho. O Brasil hoje dispõe em operação de 20 FPSO's (17 convertidas, 3 novas construções), de uma frota mundial de cerca de 115 unidades (www.offshore-mag.com [6]).

A opção pelo sistema de suportação mais adequado para uma plataforma do tipo FPSO depende basicamente do casco (se de um navio convertido ou se especialmente construído para esse fim), e do grau de modularização da planta de processo a ser instalada sobre o seu convés por meio do referido sistema.

2. CONFIGURAÇÃO DA PLANTA DE PROCESSO E UTILIDADES

Existem dois tipos de configurações de planta de processo e utilidades de FPSO's comummente adotadas: Estrado Metálico ("*Grillage Deck"*) e Plantas Modulares (Krekel e Kaminski [3]). Na primeira a planta é montada a partir de conjuntos menores de equipamentos ("*skids"*) e são edificadas sobre estrados metálicos (grelhas ou "*pancake*", figura 4) acima do convés principal, e no local definitivo recebem as tubulações, conexões elétricas e de instrumentação, passando a formar parte integrante da embarcação. Não há maior ônus para a estrutura originalmente existente, o que é especialmente interessante no caso de navios convertidos. Essa alternativa requer um nível de completação mínimo do casco para aí sim ter sua construção iniciada. Sendo assim, a construção exige que casco e planta de processo sejam ambos construídos no mesmo estaleiro.

Figura 4: Estrado metálico ou "*pancake"*

Plantas modulares (figura 5) por outro lado permitem que a planta de processo seja construída a partir de sub-conjuntos pré-montados (módulos, figura 6), os quais são içados para o convés do casco devidamente preparado. A diferença é que dessa forma o início da construção dos módulos pode ser antecipada, pois passa a não depender mais da construção do casco para ter seu início, podendo estas atividades serem feitas em paralelo (incluindo a fase de pré-comissionamento) e em canteiros diferentes. A limitação fica somente a cargo da capacidade de içamento dos guindastes (figura 7), sendo os mesmos poucos disponíveis e caros. Cada unidade pré-montada módulo pode alcançar até 1800 ton (peso seco) e até 3000 ton em operação.

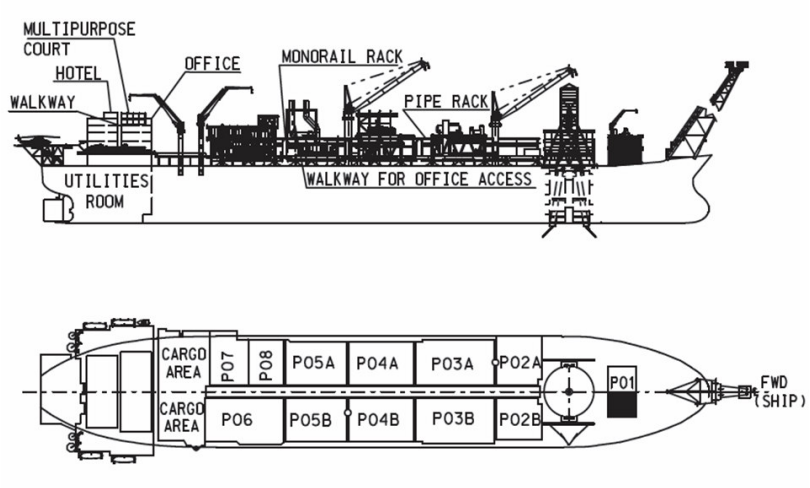

Figura 5: Planta modularizada

Figura 6: Módulo (unidade pré-montada)

Figura 7: Operação de içamento de um módulo (P-53, Brasil).

Para plantas modulares se deve considerar, além do peso dos módulos, também o comprimento dos mesmos (medido na direção longitudinal da embarcação), que ao exceder 15m começam a se tornar relevantes os efeitos da deflexão da viga navio. Alguns módulos têm entre pés, na direção longitudinal do navio, até 25m de comprimento. São fatores que influenciam sobre a deflexão da viga navio: condições operacionais (lastro e nível dos tanques de armazenamento de óleo) e condições ambientais. Este último pode ser melhor explicado considerando o navio uma viga sob a qual uma onda regular com igual comprimento a apóia (figura 8). As cristas desta onda quando coincidem com as extremidades da embarcação ou no meio dela, induzem dessa forma momentos fletores na estrutura (UKOOA [5]). Tanto o lastro como o nível dos tanques de armazenamento (sendo estes últimos bastante variáveis) afetam a rigidez da viga navio.

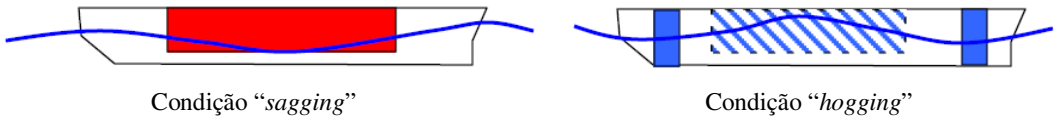

Figura 8: Deflexão da viga navio associada ao comprimento de onda.

3. SOLUÇÕES PARA SUPORTAÇÃO DO TOPSIDE DE PLANTAS MODULARES

3.1 *Stools*

"Stool" (ou "banqueta" em inglês, figura 9) é um tipo de suporte especialmente aplicável à plantas modulares (UKOOA [5]). O apoio em quatro pontos cria concentradores de carga (figura 10), tendo por essa razão a característica de grande capacidade de suportação de carga, podendo essa configuração receber unidades pré-montadas de mais de 3000 ton, favorável à modularização.

Esta solução para suportação de módulos é mais vantajosa quando se trata de cascos especialmente construídos para servir de plataformas de produção, uma vez que cascos convertidos requerem modificações para se adaptar à nova aplicação, distante daquela para o qual foi projetado para atender originalmente. Em uma construção nova há possibilidade de identificação de pontos críticos e de para eles dar o tratamento adequado já na fase de projeto.

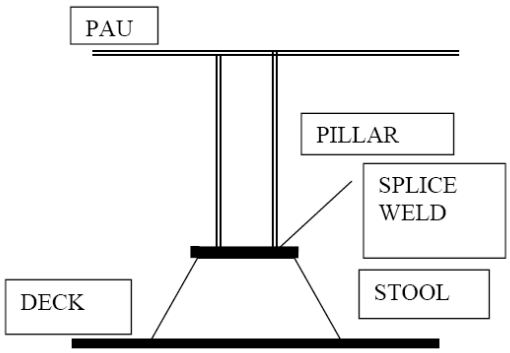

Figura 9: *Stool*

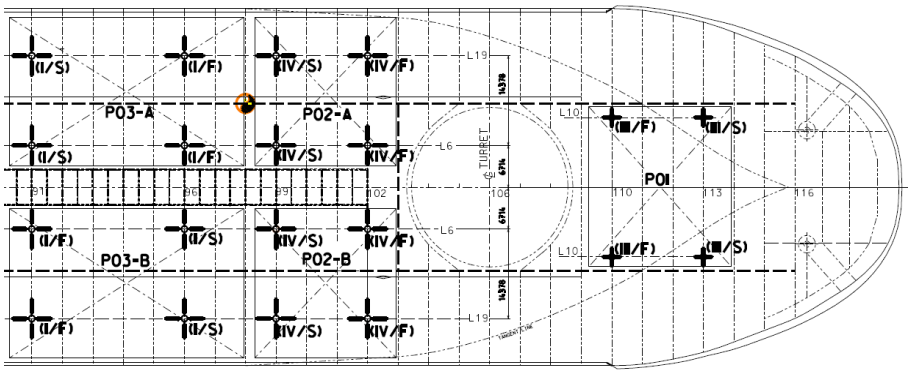

Figura 10: Arranjo dos *stools* sobre convés – meia-nau à proa (/S: deslizante; /F: fixo).

Em algumas plataformas com plantas modulares, os módulos são suportados em quatro pontos, dois fixos e dois deslizantes (figura 10). Estes últimos permitem deslocamentos somente na direção longitudinal do navio e têm essa configuração para minimizar a transferência de esforços horizontais devidos às deflexões do navio para as estruturas dos módulos.

3.2 Suportes treliçados ou viga transversal

Esta solução possibilita uma melhor distribuição de peso sobre o convés, diminuindo concentrações de carga sobre a estrutura do navio (UKOOA [5]), entretanto provoca congestionamento da área no convés. As figuras 11 e 12, a seguir, ilustram bem as variações deste tipo de sistema de suportação.

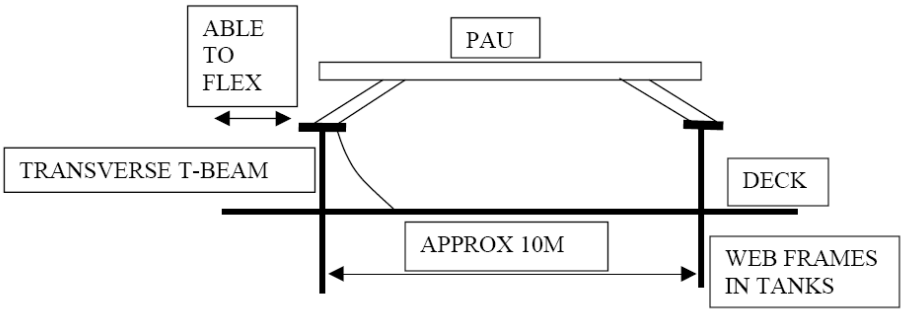

Figura 12: Suporte com viga transversal.

Figura 13: Sob o módulo içado, estruturas treliçadas.

A figura 14, a seguir, mostra outra variação peculiar dos suportes com vigas transversais, sendo adequada tanto para cascos convertidos ou novas construções (Krekel e Kaminski [3]). Esta solução associa as vantagens das duas primeiras: grande capacidade de carga e melhor distribuição da mesma carga sobre a estrutura sob o convés. A figura 15 ilustra o comportamento do sistema de suportação, quando a viga navio se encontra submetida sob condição de "*sagging*" ou "*hogging*". Esta figura mostra que sob estas condições, a transmissão dos efeitos das deflexões da viga navio é amenizada.

Figura 14: Casco do Aoka Mizu (Reino Unido).

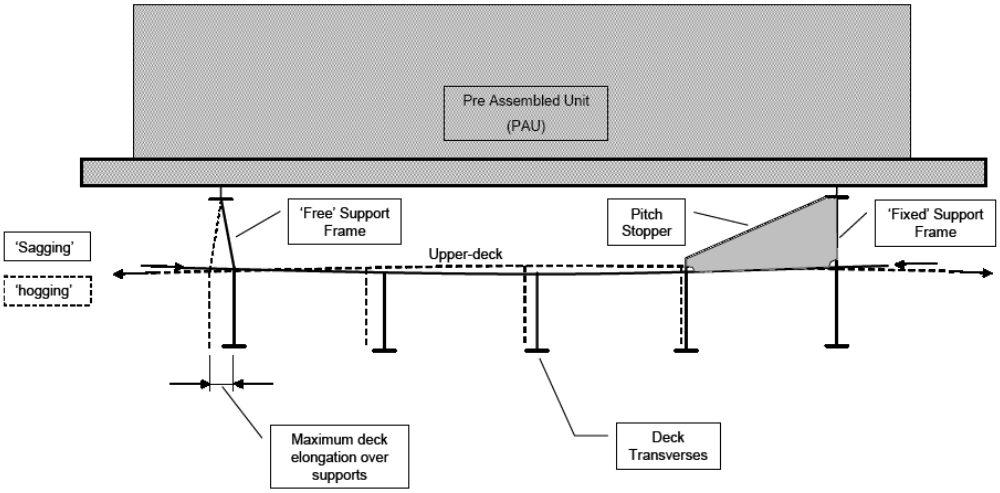

Figura 15: Comportamento do sistema de suportação mediante a deflexão da viga navio.

4. DIFICULDADES COMUMENTE OBSERVADAS NA SUPORTAÇÃO COM STOOLS

As principais dificuldades relacionadas aos sistemas de suportação de módulos dizem respeito a problemas dimensionais (Henriques e Brandão [2]). Desvios de nivelamento do pé do módulo e do topo do s*tool* podem acarretar falta total de contato do módulo com o suporte em um dos pontos (figura 16), não havendo transferência de carga para aquele apoio sobrecarregando assim os demais. Desvios no comprimento entre pés e o vão entre apoios induzem cargas excêntricas, provocando transferência de momentos adicionais à estrutura do suporte. Desvios de planicidade também causam o mesmo efeito uma vez que o contato acontece frequentemente fora do centro da estrutura e, por acontecer em uma área menor do que a área do suporte, tem-se intensificadas as tensões no local em que há o contato (figura 17).

Figura 16: Desnivelamento (falta de contato entre o pé do módulo e o suporte).

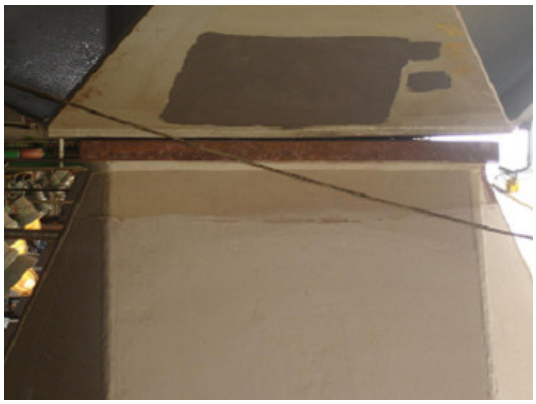

Figura 17: Desvio de planicidade (pouco contato).

No sentido de amenizar o problema de desnivelamento, a solução adotada no projeto da plataforma P-53 sugere a utilização de uma peça de transição (figura 18). Após a verificação

dimensional, a mesma tem suas dimensões retificadas para permitir melhor contato entre as partes.

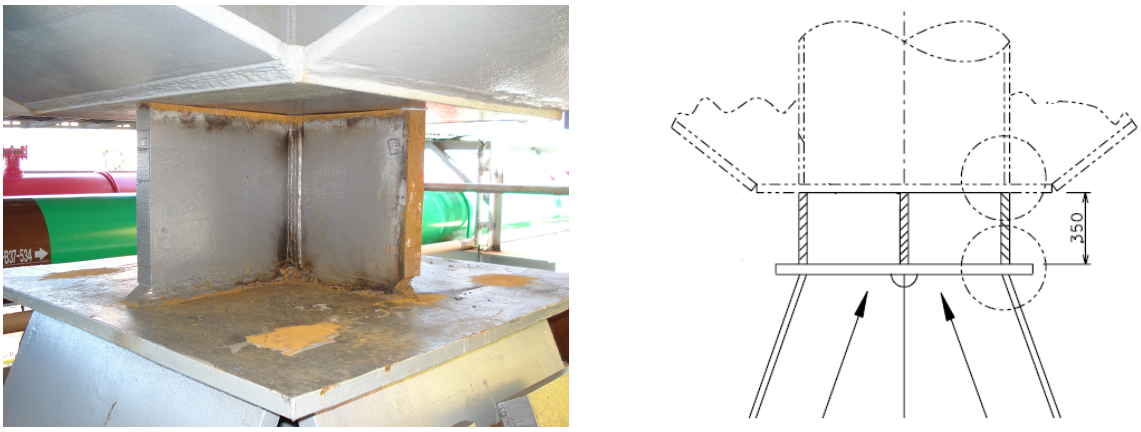

Figura 18: Peça de transição (altura ajustável).

Para suprimir a transferência de momentos devido ao engastamento dos *stools* fixos, alguns projetos utilizam um aparelho de apoio em neoprene, a exemplo da plataforma P-57 (figura 19). Não há ligação soldada, sendo a fixação do módulo feita através de batentes instalados após o assentamento do mesmo. O *stool* passa a ter menos de 2m sendo a planta elevada em relação ao convés principal através da extensão das colunas do módulo. Possíveis desnivelamentos podem ser corrigidos com ajustes na altura da coluna.

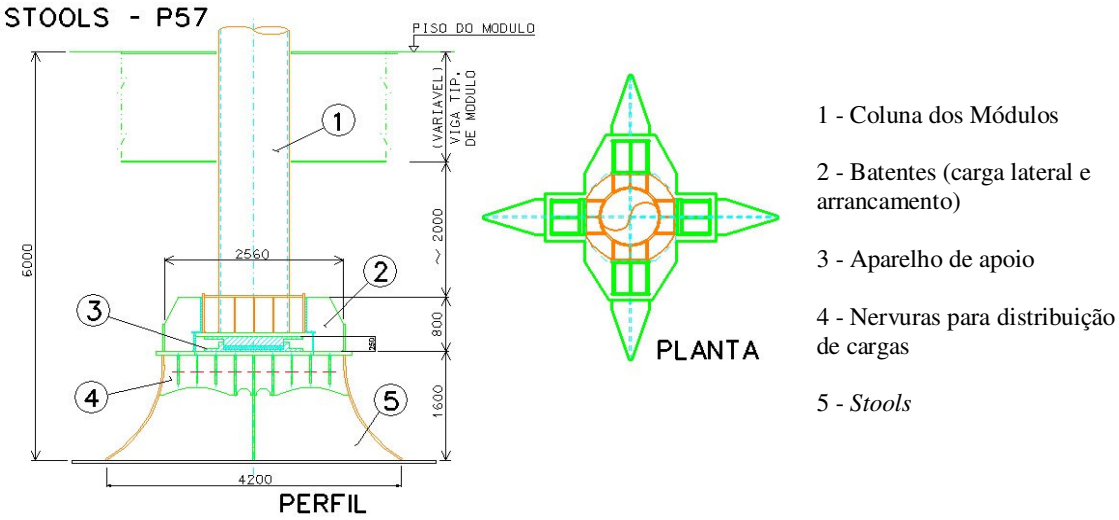

Figura 19: Sistema de suportação da P-57.

5. CONCLUSÃO

Fica claro que a melhor alternativa de solução para suportação de plantas de processo em plataformas *offshore* não é evidente, sendo esta fortemente dependente de fatores como modularização da planta e projeto do casco. A cada novo projeto surgem alterações no sentido de suprimir problemas já experimentados, sendo essa evolução constatada que faz com que cada um deles seja particular.

REFERÊNCIAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO – ANP: "*Anuário Estatístico*", 2008;
2. HENRIQUES, C.C.D.; BRANDÃO, F.N.: "*From P-34 to P-50: FPSO Evolution",* Offshore Technology Conference – OTC 2007;
3. KREKEL, M.H.; KAMINSKI, M.L.: *"FPSO's: Design Considerations for the Structural Interface Hull and Topsides",* Offshore Technology Conference – OTC 2002;
4. NETO, T.G.; LIMA, H.A.S.: "*Conversion of Tankers into FPSO and FSO: Practical Design Experiences",* Offshore Technology Conference – OTC 2001;
5. UNITED KINGDOM OFFSHORE OPERATORS ASSOCIATION – UKOOA: "*FPSO Design Guidance Notes for UKCS Service"*; março 2002;
6. OFFSHORE MAGAZINE ONLINE; www.offshore-mag.com, 2008.