

## 4 Separador

Uma opção para a produção submarina é a utilização de separadores submarinos. Os separadores submarinos são equipamentos utilizados para segregar e separar as fases de um escoamento multifásico. Se a ocorrência do gás em conjunto do óleo por um lado diminui a energia hidrostática da coluna de produção, por outro lado, aumenta a energia dissipada no escoamento, induz oscilações de pressão e vazão e impede a instalação de equipamentos que sejam sensíveis à presença de gás.

Um tipo de separador utilizado em processamento submarino é o separador centrífugo. Neste separador um campo helicoidal transforma o escoamento em um campo centrífugo onde o líquido é separado do gás indo para a periferia do equipamento e o gás estando no centro. Coletores recolhem estes dois escoamentos e direcionam para as tubulações específicas.

Um sistema de produção submarina através de separação desenvolvido pela Petrobras é o projeto VASPS (*Vertical annular separation and pumping system*). O VASPS trata-se de um separador de escoamento multifásico em duas correntes, uma de líquido, onde haverá uma bomba monofásica tipo BCS (bomba centrífuga submersa) para o transporte do mesmo, e uma linha de gás que ascende naturalmente sem a necessidade de energia adicional. Este separador é do tipo helicoidal, instalado em um poço falso. Neste sistema ainda há a necessidade que o poço produza por surgência até o VASPS. Mas caso o poço não produza naturalmente, pode ser utilizado *gas lift* em paralelo, para a elevação dos fluidos produzidos até o leito marinho onde se encontra o VASPS. De acordo com CAETANO (2005), o primeiro separador tipo VASPS construído e instalado era composto principalmente por três revestimentos: o *housing* de pressão, o separador helicoidal e o tubo de descarga de líquido. A Figura 4-1 ilustra as partes descritas acima do separador.

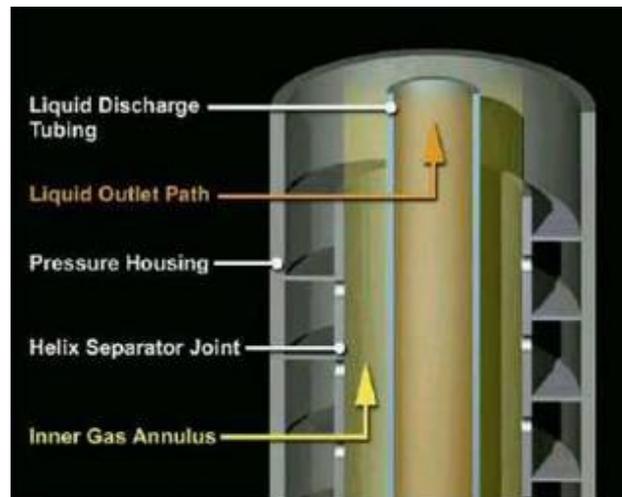


Figura 4-1: Ilustração interna de um separador tipo VASPS (*Vertical annular separation and pumping system*)

O escoamento multifásico vindo do poço entra no anular entre o *housing* e o separador helicoidal. Dentro da unidade, o líquido é direcionado para a parte inferior do separador, conduzido pelo condutor espiral, o qual aumenta a separação através do aumento da força centrífuga. O gás, já separado do líquido, flui através de furos na parede do tubo central do separador helicoidal, passa pelo anular interno e atinge a câmara de expansão do gás de onde ele sairá por uma linha exclusiva até o destino. O líquido desgaseificado desce até o “reservatório de líquido”. Desse reservatório, o líquido entra no tubo de descarga de líquido onde um conjunto de BCS está instalado para bombeá-lo até a superfície por uma linha de produção (*flowline*) exclusiva.

No topo do *housing* de pressão está instalado o *head assembly*. Este equipamento contém o topo do separador helicoidal, a saída de exportação do líquido já separado, a válvula de controle, a instrumentação e os conectores dos cabos de alimentação da bomba BCS. Ou seja, o *head assembly* é o controle do VASPS e a interface com o sistema de monitoração remota. A Figura 4-2 ilustra um separador tipo VASPS com o *head assembly*.

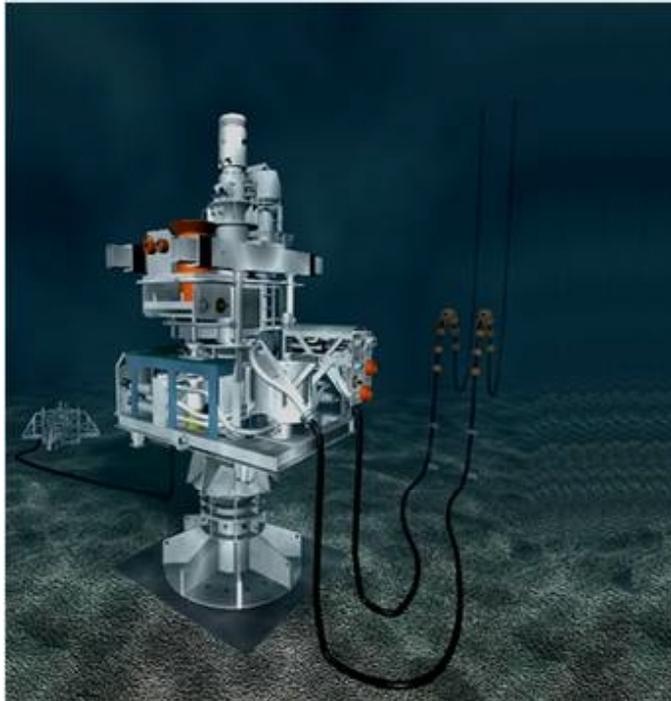


Figura 4-2: Ilustração do *head assembly* de um separador tipo VASPS (*Vertical annular separation and pumping system*)

Um primeiro protótipo foi instalado em 2.000 no campo de Marimbá na bacia de Campos. Este sistema foi instalado a 1.000m do ponto de destino com uma lâmina d'água de 435m. A vazão de líquido produzida foi de 830m<sup>3</sup>/d. Ao combinar este sistema a um sistema de *gas lift* obteve-se até 970 m<sup>3</sup>/d.

Este sistema não é indicado para altas viscosidades, o que dificulta a separação. Porém sua vantagem é a capacidade de lidar com maiores volumes de fluido quando se tratando de maiores razões de gás-líquido. Tal fato permite o sistema atuar em vários poços ao mesmo tempo com o mesmo sistema.

Outro tipo de separador é o separador Caisson. Este sistema possui um separador de ciclone acoplado com uma bomba monofásica. Este sistema é bem parecido com o VASPS. O líquido é separado do gás e escoar para a parte inferior onde será bombeado através de uma linha independente, enquanto o gás escoar para a parte superior.

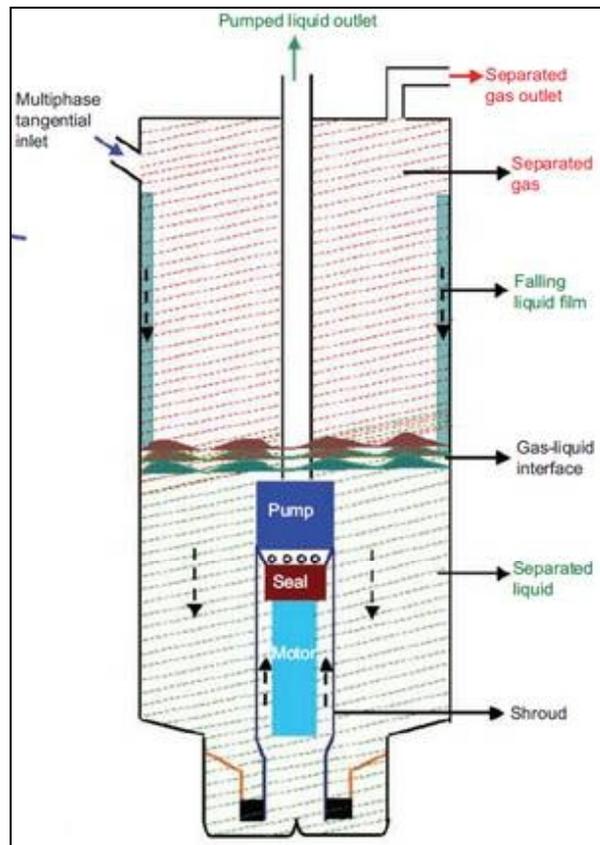


Figura 4-3: Ilustração do separador tipo Caisson (Projeto Shell e FMC- Parque das Conchas)

#### 4.1 Dimensionamento de um sistema de separação

O dimensionamento de um separador VASPS se diferencia de um sistema de bombeamento devido o separador helicoidal. A eficiência da separação deste equipamento é função, principalmente, das propriedades dos fluidos produzidos e da vazão de produção. Propriedades como a viscosidade do óleo e RGO, junto com a vazão, definem as características do separador. O modelo computacional do fluxo dentro de um separador é algo muito difícil e ainda se encontra em estudos. Portanto os modelos atuais são conhecidos e estudados através de testes experimentais.

Como o VASPS é um projeto da Petrobras, a mesma possui através de teste vários resultados frente a uma gama de condições de vazão, pressão e características do fluido, porém estes números não são divulgados.

#### 4.2 Cenário atual

HENNING (2009) apresenta o estado atual dos separadores submarinos. Pode-se observar neste texto alguns projetos de sucesso realizados com separadores submarinos. Destacam-se os projetos de Tordis, no Mar do Norte, Perdido no Golfo do México, Pazflor na Angola e o BC-10 no Brasil.

Os projetos de BC-10 e Perdido utilizam separadores tipo Caisson juntamente com uma bomba monofásica ESP (*electrical submersible pump*, ou bomba centrífuga submersa). Já o projeto de Tordis realizou a primeira produção em escala comercial utilizando um separador submarino em 1994. Este separador, além de “separar” o gás, também “separa” areia e água, reinjetando esta de volta para elevar a pressão do reservatório.

O projeto de Pazflor cogitou o uso de uma bomba multifásica. Porém o diferencial de pressão requerido era muito alto e exigiria um consumo de energia muito elevado. Além disso, o fluxo multifásico nos risers iria complicar os desafios operacionais. A vantagem do uso do separador neste projeto foi a possibilidade de se operar fora da região de formação de hidrato.

Tordis é um campo de produção operado pela StatoilHydro que produz desde 1994. Este campo consiste de 9 poços de produção a 200 metros de lâmina d'água, produzindo ao longo de 11km de linha. Este campo apresentou grande produção de água reduzindo assim a produção de óleo.

Em 2005 a Statoil contratou a empresa FMC Technologies para fabricação do primeiro sistema completo de separação submarina, TIORA, que consistia em um manifold submarino e um separador que permite bombeamento e re-injeção da água separada (*Subsea Separation Boosting and Injection*).

A estação submarina de Tordis consiste de uma base de fundação, um manifold, dois módulos multifásicos de medição de vazão, um separador tipo ciclone com detector de nível de líquido e areia. Uma bomba centrífuga submersa de injeção de água de 2,3MW, um medidor de vazão de água e um módulo de controle submarino.

Para garantir energia, uma base foi montada na superfície constando de várias estações de controle. Tais estações foram conectadas ao sistema submarino através de umbilicais de controle e de energia de alta voltagem.

Dentro deste cenário, observa-se que ao utilizar tecnologias já conhecidas de separação em terra, como ciclones, separação gravitacional e helicoidal, o processamento por separação submarina torna-se um importante meio de produção para lâminas d'águas rasas a profundas, principalmente em casos onde a garantia de escoamento é um fator importante e a utilização de bombas multifásicas não é economicamente viável.

A Tabela 4-1 abaixo relata alguns números de um separador tipo VASPS retirados de ALBAUGH (2009) e CAETANO (2010).

Tabela 4-1-Dados de bombas monofásicas atuais para utilização junto ao separador

Bomba	Ano iniciação	Capacidade total (m <sup>3</sup> /h)	$\Delta P$ bomba (bar)	Potência (kW)
Marimba (Bacia de Campos)	2001	60	60	300
Tordiz (Mar do Norte)	2007	1500	27	2300
Perdido	2010	264	158	1000
Ostra (Brasil)	2010	185	152	1100
Pazflor (Angola)	2011	1800	90	2300