

### 3. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

Este item contempla a descrição dos processos inerentes à atividade de produção de óleo e gás previstas para o desenvolvimento dos campos de Bijupirá e Salema pela Enterprise Oil do Brasil. Ressalta-se que atualmente, o Projeto Bijupirá & Salema encontra-se em execução da etapa de perfuração dos poços, tendo sido todas as atividades pertinentes a esta fase apresentadas no Relatório de Controle Ambiental (HABTEC, 2000) e aprovadas durante processo de licenciamento específico para a perfuração.

#### 3.1. DESCRIÇÃO GERAL DO PROCESSO

O processo de produção de óleo e gás a ser realizado pela Enterprise Oil do Brasil, nos campos de Bijupirá e Salema envolve a unidade flutuante de produção, estocagem e transferência de óleo (FPSO - *Floating, Production, Storage and Offloading*) chamada Fluminense, um sistema de conexão entre o FPSO e as linhas de fluxo do processo, chamado *turret*, e um sistema submarino composto pelas linhas de fluxo e estruturas submarinas.

Também fazem parte deste processo as operações de transferência de óleo, as quais serão realizadas a partir de petroleiros, e a exportação de gás, a qual se dará a partir de um gasoduto de propriedade da Petrobrás, que interligará o FPSO e a Plataforma P-15, que receberá o gás produzido nos campos de Bijupirá e Salema. Além de exportador, o gasoduto poderá atuar como importador de gás ao final das atividades de produção nestes campos, se o volume de gás extraído não for mais suficiente para manter as operações do FPSO.

O fluxograma apresentado na Figura 3.1-a e a Figura 3.1-b apresentam uma visão geral do sistema projetado para atender às Atividades de Produção do Projeto Bijupirá & Salema. A partir destas Figuras, foi elaborada em seguida uma breve descrição do processo de produção de óleo e gás, apresentando em linhas gerais as características e etapas dos sistema de produção. Nos itens subsequentes encontram-se descritos em maiores detalhes todos os processos e sistemas que regem as atividades de exploração do Projeto Bijupirá & Salema.

O Plano de Desenvolvimento dos campos de Bijupirá e Salema prevê a produção de hidrocarbonetos a partir de 10 poços, sendo 7 (6 poços de produção e 1 de contingência) em Bijupirá e 3 em Salema, ao longo de 17 anos (2003 – 2020). Entretanto, este reservatório encontra-se atualmente depletado (sem pressão natural necessária para produção passiva), em virtude de exploração pretérita realizada entre agosto de 1993 e março de 2000 pela PETROBRAS. Dessa forma, os poços não apresentam surgência natural, sendo por isso necessária a utilização de técnicas de elevação artificial para deslocar os hidrocarbonetos do reservatório até o FPSO. Uma destas técnicas consiste em injetar gás a alta pressão (gás *lift*) na base da coluna de produção com objetivo de gaseificar o fluido desde o ponto de injeção até a superfície.

Além desta, outra técnica a ser utilizada será a recuperação dita convencional, que consiste na injeção de um fluido no reservatório (no caso do Projeto Bijupirá & Salema será usada água do mar como fluido deslocante) com objetivo de empurrar o óleo para fora dos poros da rocha reservatório e ao mesmo tempo ir ocupando o espaço deixado à medida em que o óleo vai sendo expulso. Isto será realizado através de 4 poços de injeção de água em Bijupirá e 2 em Salema.

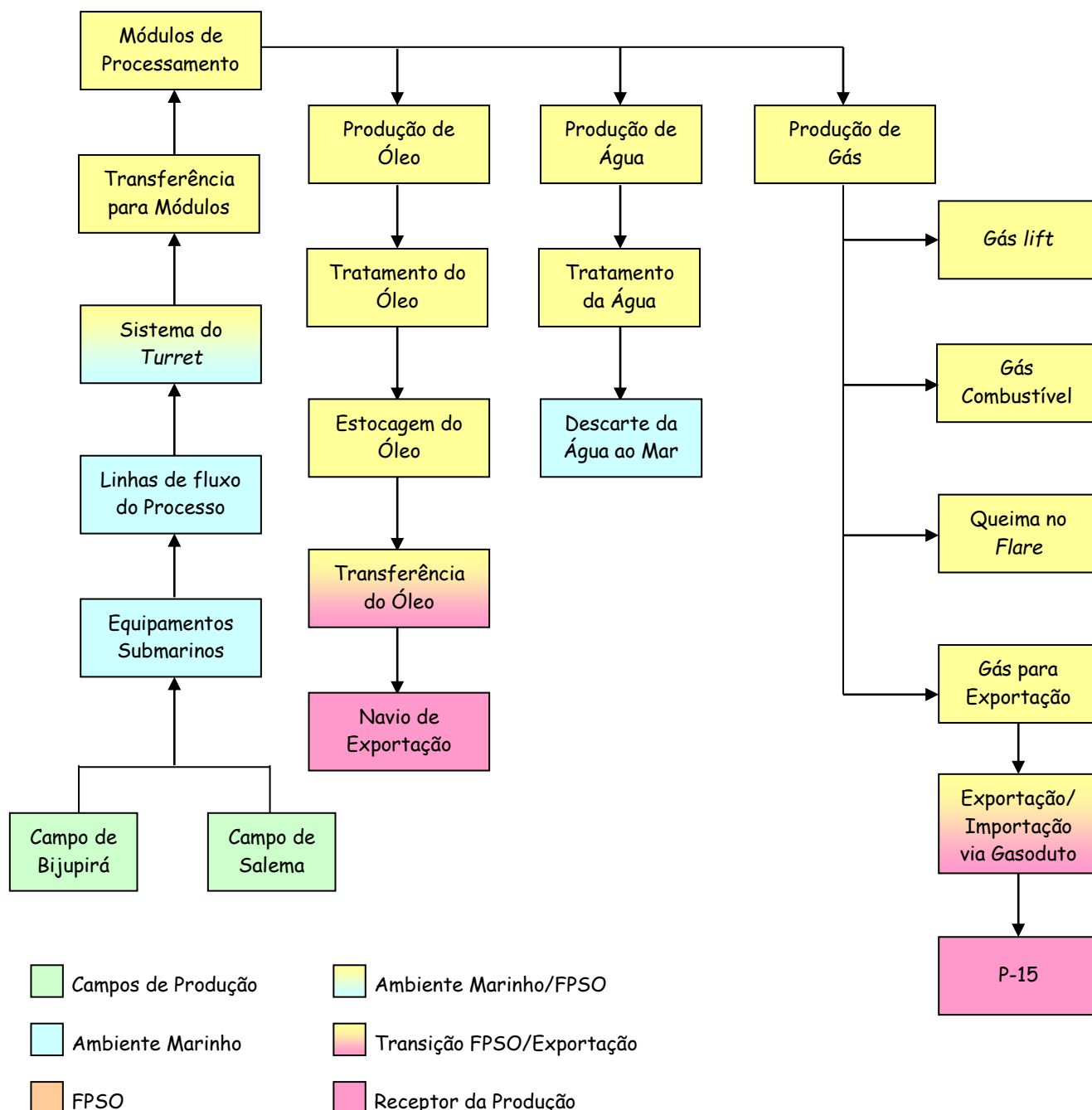


Figura 3.1-a. Diagrama de blocos simplificado das etapas dos processos de produção de hidrocarbonetos previstas no Plano de Desenvolvimento dos campos de Bijupirá e Salema.

Figura 3.1-b. Ilustração esquemática do Projeto Bijupirá & Salema.

Tendo-se conseguido obter a pressão necessária para deslocar os fluidos do reservatório até a superfície do assoalho marinho, torna-se possível escoá-los para o sistema submarino. Dessa forma, os fluidos passam primeiramente pela coluna de produção, chegando então à superfície do leito oceânico ao alcançar a cabeça dos poços, sendo por fim deslocados para as árvores de natal molhadas que ficam conectadas em cada cabeça de poço.

Os fluidos, em estado trifásico (água, gás e óleo), são deslocados das árvores de natal para os *manifolds* de produção que têm como objetivo a equalização das diferentes pressões dos fluxos de cada um dos poços, antes de enviá-los às linhas de produção. Além disso, a instalação de *manifolds* reduzem a necessidade de instalação de um grande número de linhas de fluxo, reduzindo o risco ambiental da atividade. Serão instalados 3 *manifolds* de produção, 2 em Bijupirá e 1 em Salema. A partir dos *manifolds*, os fluidos são deslocados através das linhas de produção, as quais estarão conectadas ao sistema do *turret*.

As linhas de fluxo contendo os fluidos do reservatório são conectados ao FPSO através de um sistema de *turret* externo. Além destes, toda interferência necessária à manutenção da atividade de produção é realizada através deste conector. Assim, somadas às linhas de produção, estão conectadas ao *turret* as linhas de fluxo que levam insumos enviados da planta de processo do FPSO para os poços ou para o reservatório e a linha de exportação e importação de gás ligada à Plataforma P-15 da Petrobrás.

Além de ser a estrutura responsável pela interligação entre a planta de processo do FPSO e o sistema submarino, o *turret* também abriga o sistema de ancoragem desta unidade de produção. A amarração dos cabos destas âncoras se dará no *turret*, permitindo ao FPSO um livre deslocamento de 360° em torno do *turret* externo, sem gerar movimentação, ou mesmo o estrangulamento das linhas de fluxo do processo de produção.

Quando os fluidos da formação chegam ao FPSO para o processamento primário da produção, estes são, na verdade, uma mistura de frações gasosas, oleosas e aquosas. Como o interesse econômico é somente na produção de hidrocarbonetos, há a necessidade de equipamentos para o processamento destes fluidos, e de outros que permitam realizar basicamente os seguintes processos citados abaixo, descritos em detalhe no item 3.2.4.

- a separação do óleo, do gás e da água
- o tratamento dos hidrocarbonetos para:
  - transferência do óleo para os navios de exportação
  - transferência do gás para a linha de exportação/importação conectada à Plataforma P-15
  - transferência do gás para o sistema de *flare* da unidade de produção
  - processamento do gás para demais atividades do processo de produção
- o tratamento da água produzida para descarte

### 3.2 DESCRIÇÃO DA UNIDADE FLUTUANTE DE PRODUÇÃO, ESTOCAGEM E TRANSFERÊNCIA DE ÓLEO (FPSO)

O Projeto Bijupirá & Salema utilizará uma embarcação que conjuga atividades de produção dos fluidos do reservatório, de processamento primários da produção, de estocagem de óleo e de transferência de óleo e gás para unidades receptoras. Este tipo de embarcação é chamada de Unidade Flutuante de Produção, Estocagem e Transferência de Óleo (em inglês, *Floating, Production, Storage and Offloading Unit* - FPSO). Esta unidade está sendo convertida em Cingapura e deverá chegar ao Brasil para iniciar as operações no primeiro semestre do ano de 2003.

O petroleiro (ULCC – *Ultra Large Crude Carrier*) que dará origem o FPSO foi construído pela companhia Kokums Mekaniska Verkstads em 1974, nessa época o navio pertencia à empresa Sueca Salenrederierna AB. Nesses 27 anos de serviço o T/T Sahara (ex-Sea Saint, ex-Safina Sahara) atuou transportando petróleo pelas mais diversas rotas no mundo, principalmente pela Golfo pérsico-Europa. O último proprietário do Sahara, a *Kinetron Investments Corporation*, entrou em acordo para venda do navio com a MODEC FMC, companhia esta responsável pela conversão para o FPSO. A nau já convertida, de nome FPSO Fluminense, será dedicada à ENTERPRISE no desenvolvimento do projeto Bijupira-Salema.

Neste item serão apresentadas as características gerais da embarcação, as estruturas da unidade e o detalhamento dos principais sistemas do FPSO. O Quadro 3.2.1-a apresenta as informações gerais da unidade de produção e na Figura 3.2.1-a pode ser observado o arranjo geral do FPSO a ser utilizado neste projeto.

Quadro 3.2-a. Principais características do FPSO (continua...).

CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO
Nome	FPSO Fluminense
Tipo	Petroleiro convertido ULCC <sup>1</sup>
Bandeira	Bahamas
Ancoragem	9 pontos de ancoragem c/ configuração 3 X 3
Comprimento	390 m
Largura	60 m
Profundidade	28,32 m
Peso morto	356.400 t
Capacidade total dos tanques	429.265 m <sup>3</sup>
Capacidade de estocagem de óleo nos tanques centrais	206.700 m <sup>3</sup>
Guindaste de convés	15 t @ 12 m
Guindaste de provisão	5 t @ 10 m

Quadro 3.2-a. Principais características do FPSO (continuação).

CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO
Heliponto	Para Helicópteros do porte do Sikorsky S61N
Geradores	4 X Gerador-Turbina 8 MW 2 x Gerador Diesel 1250 KW
Capacidade de Produção	Processamento de Óleo - 11.130 m <sup>3</sup> /Dia Injeção de Água - 14.628 m <sup>3</sup> /Dia Tratamento de Gás - 2.123.763 m <sup>3</sup> /Dia Tratamento de Água Produzida - 7.950 m <sup>3</sup> /Dia
Consumo (média estimada em 17 anos de produção)	Gas-combustível – 24.676.109 m <sup>3</sup> Óleo Diesel – 1.120 t
Alojamento	60 pessoas à bordo em operação normal

<sup>1</sup>ULCC - Ultra Large Crude Carrier

FIGURA 3.2 -a. Arranjo geral do FPSO fluminense (A3 - Janine)

### 3.2.1. Casco

Um dos principais parâmetros a ser analisado para executar um processo de conversão como este é a integridade do casco. A seleção do casco foi feita baseando-se em um petroleiro com fundo único e com tanques laterais à bombordo e estibordo, objetivando atender as necessidades operacionais do futuro FPSO, tal como, estabilidade, peso morto e características hidrodinâmicas. O projeto do casco considerou também o tempo de serviço sem a necessidade de aportar para trabalhos de reparos.

Para avaliação das condições que o casco deve suportar, utilizou-se programas de computador (como o Shipsim<sup>TM</sup>) que simulam efeitos não lineares, permitindo se chegar a previsões realísticas da ação da frequência de ondas, correntes e outras condições do ambiente em que o FPSO se encontrará. Na conversão, devem ser estabelecidas especificações para todos os materiais estruturais utilizados na reformulação da estrutura do casco, de acordo com os requerimentos das Sociedades de Classificação e regulamentações relevantes.

A seleção do aço a ser utilizado na estrutura do casco, determinada de acordo com esses requerimentos e regulamentações, considerou as conexões estruturais, espessura do material e temperatura mínima projetada. Em geral, aço usual e/ou aço de alta tensão de 315 N/mm<sup>2</sup> ou 353 N/mm<sup>2</sup> de Ponto de Rendimento (YP), de qualidade aprovada, será utilizado nas novas estruturas instaladas. Dessa forma, o aço do casco será substituído e a estrutura reforçada conforme se fizer necessário, de modo a garantir a vida útil necessária para este Projeto considerando uma margem de segurança.

- **Tanques**

O FPSO tem uma capacidade total de 429.265 m<sup>3</sup> e conta com oito tanques centrais, vinte tanques laterais, sendo 10 a bombordo e 10 a estibordo, além dos tanques na proa e popa. Nos tanques centrais do FPSO será armazenada a produção de óleo; esses tanques de óleo cru (TOC) possuem juntos uma capacidade de armazenamento de 206.700 m<sup>3</sup>.

Os tanques laterais (L) de números 7 e 4, de bombordo e de estibordo, assim como os tanques da proa (TPR) e popa (TPo) serão utilizados como tanques de lastro permanente, enquanto que os tanques laterais L.No2 serão utilizados como lastro durante tempestades. Já os tanques laterais, de ambos os lados, de números 6 e 8 serão usados como tanques de lastro durante atividades de inspeção dos outros tanques laterais adjacentes. A água utilizada nos tanques de lastro será retirada / devolvida diretamente à água do mar.

Os tanques laterais, à bombordo, de número 9 e 10 serão os tanques utilizados como tanques de descarga de resíduos. Finalizando, os tanques remanescentes atuarão como tanques vazios (tanques laterais de número 1, 3, 5, e 8 e os tanques à estibordo 9 e 10).



Durante condições inesperadas ou durante a manutenção e/ou reparo o tanque central TOC No3 receberá óleo fora das especificações, o qual sofrerá posterior reprocessamento. A figura a seguir identifica os principais tanques.

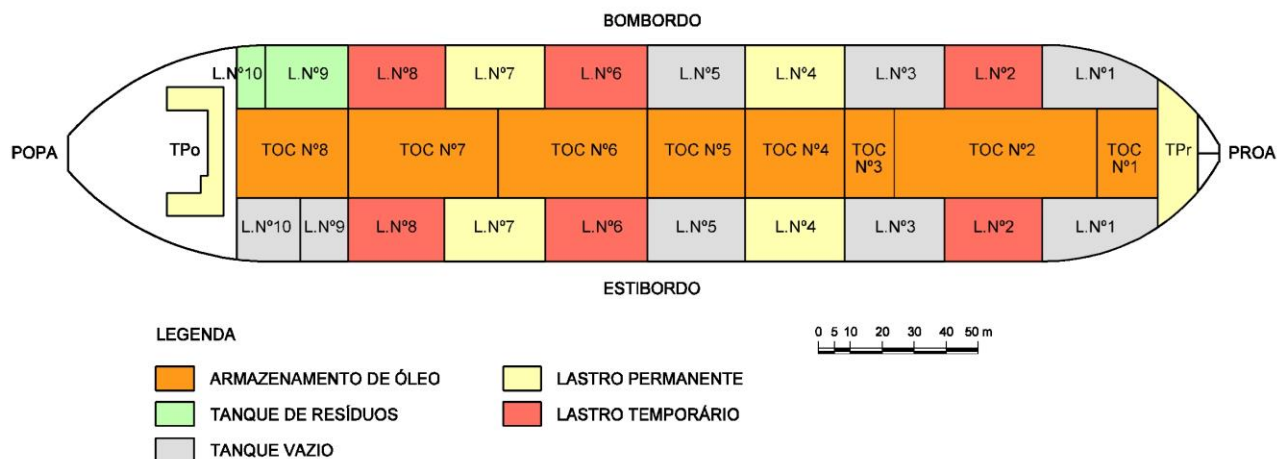


Figura 3.2.1-a. Identificação dos principais Tanques no Casco do FPSO.

O tanque de rejeito “sujo” será normalmente utilizado para receber os resíduos dos sistemas de drenagem aberto e fechado, enquanto que o tanque “limpo” servirá como um tanque de reserva para armazenar temporariamente óleo fora das especificações ou água oleosa. Esses mesmos tanques de rejeito também receberão a água contaminada dos tanques de lastro, que após decantação ou reprocessamento nos equipamentos da área de processamento, será descartada ao mar de acordo com as especificações adequadas. No fluxograma abaixo pode-se visualizar melhor esses processos.

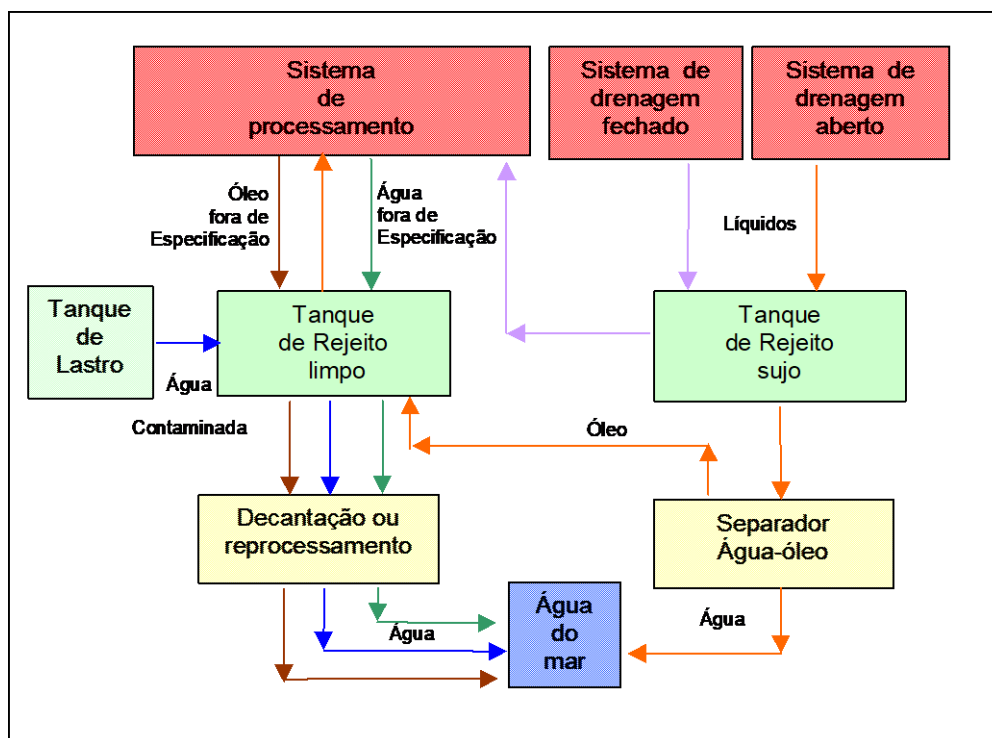


Figura 3.2.1-b. Fluxograma mostrando as entradas e saídas de líquidos dos Tanques de Rejeito.

Os tanques vazios poderão atuar recebendo água de lastro. O diesel destinado aos equipamentos, como os guindastes e geradores ficará no tanque de óleo diesel. Os volumes dos tanques do FPSO encontram-se especificados no Quadro a seguir.

Quadro 3.2.1-a. Volumes e medidas de proteção dos tanques no FPSO (continua...).

TANQUE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	Área Protegida (m <sup>2</sup> )	Área do Tanque Revestida	Anodos
<b>Tanque de Óleo Cru</b>				
TOC No 1	15.604	11.000	Parcial	Zinco
TOC No 2	47.052	25.000	Parcial	Zinco
TOC No 3	11.754	8.000	Parcial	Zinco
TOC No 4	23.520	15.000	Parcial	Zinco
TOC No 5	23.520	15.000	Parcial	Zinco
TOC No 6	35.286	20.000	Parcial	Zinco
TOC No 7	35.286	20.000	Parcial	Zinco
TOC No 8	23.447	14.500	Parcial	Zinco
<b>Tanque de Rejeito</b>				
L. nº 9 bombordo (Tanque “sujo”)	9.476	10.000	Total	Al / Zn
L. nº 10 bombordo (Tanque “Limpo”)	1.360	5.000	Total	Al / Zn
<b>Tanque de óleo Combustível</b>				
HFO Serv. TK	4.058	8.500	N/A	N/A
HFO Bunker TK	574	-	-	-
<b>Tanque de óleo diesel</b>				
DO TK I	563	-	-	-
DO TK II	359	-	-	-
<b>Tanque de óleo Lubrificante</b>				
LO Serv. TK	32	-	-	-
LO Sto. TK	32	-	-	-
<b>Tanque de Lastro</b>				
L. nº 2 bombordo	14.818	12.000	N/A	N/A
L. nº 2 estibordo	14.818	12.000	N/A	N/A
L. nº 4 bombordo	14.996	12.000	Total	Al / Zn
L. nº 4 estibordo	14.996	12.000	Total	Al / Zn
L. nº 7 bombordo	14.947	12.000	Total	Al / Zn
L. nº 7 estibordo	14.947	12.000	Total	Al / Zn
L. nº 6 estibordo	15.036	12.000	Total	Al / Zn
L. nº 6 bombordo	15.036	12.000	Total	Al / Zn

Quadro 3.2.1-a. Volumes e medidas de proteção dos tanques no FPSO (continuação).

TANQUE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	Área Protegida	Área Revestida	Anodos
L. nº 8 estibordo	14.163	12.000	Total	Al / Zn
L. nº 8 bombordo	14.163	12.000	Total	Al / Zn
Tpo (Popa)	7.866	-	-	-
TPr (Proa)	1.238	-	-	-
<b>Tanque Vazio</b>				
L. nº 1 bombordo	11.983	11.000	N/A	N/A
L. nº 1 estibordo	11.983	11.000	N/A	N/A
L. nº 3 bombordo	15.038	12.000	N/A	N/A
L. nº 3 estibordo	15.038	12.000	N/A	N/A
L. nº 5 bombordo	15.038	12.000	N/A	N/A
L. nº 5 estibordo	15.038	12.000	N/A	N/A
L. nº 9 estibordo	6.049	-	N/A	N/A
L. nº 10 estibordo	5.761	-	N/A	N/A
<b>Tanque de Água</b>				
Água potável - à proa	108	-	-	-
Água potável - à popa	286	-	-	-
Fornecedor de água - Armazenamento	286	-	-	-
Fornecedor de água - serviço	108	-	-	-
Água – inferior à popa	38	-	-	-
<b>Tanque diversos</b>				
Esgoto	177	-	-	-
Rejeito de óleo	17	-	-	-

Todos os tanques passarão por um processo de proteção contra corrosão. Nesse processo está incluso o revestimento dos tanques, que será efetuado utilizando-se uma manta de revestimento rígida. Os tanques serão revestidos de acordo com a sua necessidade, assim os tanques de resíduo e de lastro permanente serão totalmente cobertos, pois os mesmos geralmente trazem na água microorganismos que influem na susceptibilidade de corrosão de ligas metálicas, já os tanques de carga serão revestidos parcialmente.

Os tanques de rejeito, lastro e armazenamento de óleo cru passarão também por um processo industrial de pintura protetora, sendo que os dois primeiros serão completamente pintados enquanto que o tanque de óleo cru será pintado no topo e fundo. Outras formas de proteção que serão empregadas para o prolongamento da vida útil dos tanques incluem um sistema de proteção catódica por corrente impressa e a distribuição de anodos de sacrifício nos tanques e casco. Algumas das medidas empregadas para proteção dos tanques mencionadas neste item, estão discriminadas no quadro anterior (3.2.1-a).

Todos os tanques possuem sistemas medidores de nível baseado em microondas de radar (Auxitrol TA-840), que podem ser continuamente monitorados. A qualidade da medição será de padrão fiscal com verificação por amostragem e medição na transferência de custódia do óleo vendido.

Um sistema de gás inerte funcionará de forma a prevenir atmosferas inflamáveis e explosivas nos tanques de estocagem de óleo e nos tanques de resíduos. Esse sistema funcionará continuamente durante as operações de transferência de óleo e durante limpeza dos tanques de forma a manter uma pressão constantes nos mesmos.

Os tanques de lastro serão inspecionados quando estiverem vazios, mas não mais do que uma vez por ano pelos primeiros cinco anos. Os mesmos sofrerão troca de água periódica para prevenir o desenvolvimento de bactérias, assim prevenindo danos ao sistema de revestimento.

O FPSO também conta com um sistema de limpeza que funcionará a partir de máquinas posicionadas nos tanques de carga. As tubulações dos tanques de carga, lastro e resíduos são tubulações individualizadas e dedicadas para direcionar os fluidos para cada um desses tanques, dessa forma evitando contato entre os fluidos. O arranjo das tubulações foi estabelecido também de forma à permitir que possam ser realizadas simultaneamente o carregamento de qualquer tanque e a exportação em outro; assim como transferência de carga de um dos tanques para outro enquanto o carregamento continua em um terceiro.

### 3.2.2. Compartimentos

Com base na Figura 3.2-a pode-se dividir a estrutura do FPSO Fluminense em 5 compartimentos, seguindo da proa para a popa da embarcação:

- Sistema de *Turret*
- Área de Processamento da Produção (*topsides*)
- Convés Principal
- Acomodações
- Heliponto

Além destes, uma outra importante estrutura do FPSO é a parte interna do FPSO, onde ficam localizados os tanques de estocagem e lastro, além dos equipamentos e recursos necessários à transferência dos materiais armazenados nesses tanques.

### 3.2.3 Sistema do Turret

A filosofia utilizada para a concepção do projeto do *turret* foi baseada na total integração deste com os demais aspectos do desenvolvimento dos campos de Bijupirá e Salema, na medida em que existem inúmeras interfaces que devem ser consideradas. Para este Empreendimento, foi proposta a implantação de um *turret* externo ao FPSO, o qual permite livre rotação da unidade de produção, sendo responsável pelo sistema de ancoragem além de atuar como ponto de interligação entre o sistema submarino e a planta de produção do FPSO.

Além do sistema de ancoragem, o *turret* é responsável pela conexão do FPSO às linhas de produção e de teste, linhas de fluxo para gás *lift* e água de injeção, além dos umbilicais. Dois destes manifolds estão associados ao reservatório de Bijupirá e um ao de Salema. Além destas conexões, o *turret* também conecta a linha de exportação/importação de gás entre o FPSO e a Plataforma P-15.

O sistema de transferência de fluidos a partir do *turret* consiste de um amplo conjunto de tubulações, válvulas e cabeças de injeção (*swivels*), os quais permitem o controle dos processos inerentes às instalações submarinas. O *turret* foi projetado para operar por dia, 70.000 barris (11.129 m<sup>3</sup>) de óleo, 92.000 barris (14.626m<sup>3</sup>) de água de injeção, 75 Mmscf (2.123.763 m<sup>3</sup>) de gás produzido e 50.000 barris (7.949m<sup>3</sup>) de água produzida, ao longo do período de desenvolvimento dos campos de Bijupirá e Salema.

Cabe destacar a importância desta estrutura como comunicador entre o sistema de instalações submarinas e os processos da planta de produção, inclusive para operações de manutenção. As válvulas e tubulações dos centros de produção e do *turret* são projetadas de forma a permitir as operações de *pigging* a partir do *turret*, para manutenção periódica das linhas de produção.

Para uma melhor compreensão dos processos inerentes ao *turret*, encontra-se a seguir uma descrição de seus componentes estruturais, sustentação, suporte das âncoras, conexão das linhas de fluxo e outros sistemas utilitários presentes.

#### a. Componentes estruturais

Os componentes estruturais projetados para o *turret* consistem basicamente em: (1) cabeça do *turret*; (2) mesa de amarração (*chain table*); (3) estrutura superior do *turret*; (4) estrutura de acesso e suporte e (5) *swivel*, além de outros sistemas utilitários, descritos a seguir. A Figura 3.2.3-a apresenta um esquema geral deste sistema.

- Cabeça do *turret*

A cabeça do *turret* é uma estrutura laminada que circunda o *turret*, sendo sustentada pela estrutura de suporte entre o mesmo e a unidade de produção. A função desta estrutura é de sustentar a direção principal que mantém a carga inercial e gravitacional do suporte das âncoras, linhas de fluxo, estruturas e equipamentos. Além disso, a cabeça do *turret* também sustenta a estrutura de acesso ao *swivel* e o equipamento para operações de

tração e encaixe (operações *pull-in*) durante a instalação das âncoras e das linhas de fluxo. Toda a carga do sistema de ancoragem é transmitida da cabeça do *turret* para a estrutura de suporte integrada à proa do FPSO.

- **Mesa de amarração (*Chain table*)**

Esta estrutura, que está localizada abaixo da cabeça do *turret*, sustenta o suporte das âncoras, das linhas de fluxo e dos umbilicais. Estes suportes montados em cadeia estão localizados no perímetro da mesa de amarração, e são projetados para minimizar seu desgaste. Esta estrutura se mantém geoestacionária, permitindo que o FPSO se movimente ao seu redor, a partir da utilização de um suporte acoplado próximo ao topo da mesa de amarração.

- ***Turret superior***

O *turret superior* localiza-se diretamente acima da mesa de amarração, pela qual é sustentado. Consiste em uma haste cilíndrica que sustenta os *decks* superiores do *turret* e a plataforma de acesso ao *swivel*. Os *decks* superiores do *turret* incluem um *deck* para operação de *pull-in* das linhas de fluxo e das âncoras e outro com um *manifold* da tubulação. Acima destes encontra-se outro *deck* utilizado para as operações de *pigging* (lançamento e recepção).

- **Estrutura de acesso ao *swivel***

Esta estrutura consiste em uma armação montada sobre a cabeça do *turret*, com rotação semelhante à FPSO. Tem o objetivo de fornecer uma escada de acesso aos *decks* do *turret* e ao *swivel*, além de ser utilizado para sustentar tubulações e cabos entre a escada e as conexões para os *swivels* de fluidos e de eletricidade. A estrutura de acesso ao *swivel* também sustenta um guindaste utilizado para movimentar equipamentos no *turret*.

- ***Swivel***

Na porção central do sistema de transferência de fluidos do *turret* encontra-se o *swivel*. O objetivo desta estrutura consiste em transferir fluidos, sinais elétricos e de controle entre o *turret* e a planta de processo do FPSO (*topsides*), permitindo ao mesmo tempo capacidade de rotação completa (360°) do FPSO.

Conforme pode ser observado na Figura 3.2.3-b, o *swivel* apresenta as seguintes subdivisões:

- ⇒ *Swivel* para o gás *lift* – parte do gás processado na planta do FPSO é direcionado para este *swivel*, que alimenta uma linha de gás *lift* para cada centro de produção. A injeção de gás *lift* nos poços produtores é um método de elevação artificial, que utiliza a energia contida em gás comprimido para elevar o fluido até a superfície (Thomas *et al.*, 2001).
- ⇒ *Swivel* para exportação/importação de gás – outra porção do gás processado durante a atividade de produção é direcionada para este *swivel*, o qual alimenta a linha de exportação de gás, a qual percorre o leito oceânico até a plataforma P-15, por cerca



de 25 km. Ressalta-se entretanto, que ao final do tempo de produção, os campos de Bijupirá e Salema poderão ter expirado seu potencial de produção de gás, passando então da condição de exportador para importador, para suprir as necessidades de geração de energia da unidade de produção e para a injeção de gás *lift* nos poços de produção.

- ⇒ *Swivel* de serviço – este *swivel* é uma estrutura multifuncional, que é usada para injeção de produtos químicos. Neste *swivel*, substâncias químicas fornecidas pelo FPSO podem ser transferidas para os umbilicais. Cada linha do umbilical possui taxa de fluxo específica, controlados por um painel de controle próprio de injeção de produtos químicos, de acordo com as demandas de cada centro de produção.
- ⇒ *Swivel* elétrico e de controle – este dispositivo é projetado para exposição direta ao ambiente marinho. Todas as superfícies expostas são de aço inoxidável. Este *swivel* fornece energia para o controle, tanto para as estruturas do *turret* quanto para as instalações submarinas, conectadas pelos umbilicais.
- ⇒ *Swivels* de produção e de teste – as seis linhas de produção, sendo quatro pertencentes ao campo de Bijupirá e duas ao de Salema, possuem o mesmo arranjo de tubulações e conexões. Estas linhas de produção estão conectadas ao *swivel* específico de cada campo, os quais deverão direcionar o fluido da produção para os respectivos separadores. Estas estruturas são projetadas para a alta pressão inerente ao fluido de produção, além de possuírem vedação primária e secundária, e sistema de detecção e recolhimento de possíveis vazamentos.

Entretanto, é importante destacar que destas seis linhas, três são direcionadas para operações de teste dos poços de produção. Porém, o sistema foi projetado de forma a permitir o redirecionamento do fluxo de cada linha para seu respectivo *swivel* de produção, permitindo assim que as linhas de teste sejam utilizadas somente quando da necessidade de realização de testes.

- ⇒ *Swivels* de injeção de água – a água utilizada para injeção, nos poços direcionados para este uso, é bombeada do mar para o FPSO, onde é tratada e então transferida para o *swivel* de injeção de água. Neste são conectadas duas linhas de injeção de água, que alimenta o fluxo para cada centro de produção. Assim como os *swivels* de produção, este também apresenta vedação primária e secundária, e sistema de detecção e recolhimento de possíveis vazamentos.
- ⇒ Suporte do *swivel* – este componente estrutural localizado na base do *swivel* é projetado para sustentar o peso, a torção e demais forças que atuam na estrutura produzidas durante a atividade normal de operação. O suporte acomoda a entrada das conexões das tubulações que chegam do *turret*, permitindo uma considerável redução da força aplicada sobre esta estrutura.

#### b. Outros componentes

Além dos componentes estruturais descritos acima, o *turret* apresenta outros sistemas utilitários, descritos a seguir.

Sistema de monitoramento da resistência dos cabos de ancoragem – este equipamento é projetado para mensurar a tensão de cada um dos nove cabos de ancoragem e indicar a ocorrência de variações dos níveis preestabelecidos.

Equipamento de conexão (pull-in) – este equipamento está localizado na estrutura de suporte do *turret*, sendo munido de um tambor subdividido para ser utilizado nas operações de *pull-in*, tanto dos cabos das âncoras quanto das linhas de fluxo.

Sistema de drenagem – encontram-se dispostos no sistema do *turret* diversos coletores, conectados a um tanque de drenagem. Os fluidos formados neste tanque serão bombeados para a planta de processo do FPSO.

Sistema elétrico - fornecido pelo sistema de geração de energia elétrica do FPSO por meio de um *swivel* elétrico. Este sistema fornece as instalações elétricas necessárias, bloqueadores de circuito e distribuição de fiação para o fornecimento de energia para os diversos propósitos do *turret*.

Sistemas de controle - o *turret* possui instrumentos de controle de desligamento de emergência; sistema de gás e incêndio; e sistemas de desligamento e controle do processo.

Sistema hidráulico – é composto de equipamentos, mecanismos, consoles de controle e tubulações interconectadas, requeridas para abastecer o sistema para a partida inicial do processo e para a operação normal.

Sistema pneumático – o *turret* é munido de um *swivel* que traz ar comprimido direcionado de compressores localizados na planta de processo do FPSO, que é utilizado em operações de manutenção do *turret* e para o controle de válvulas e instrumentos.



Figura 3.2.3-a. Esquema geral do sistema do *turret*

Figura 3.2.3-b. Esquema da estrutura do swivel.  
Fonte: Enterprise Oil

### 3.2.4 Área de Processamento da Produção (topsides)

Os recursos dispostos na área de processamento são necessários para a separação inicial dos fluidos advindos dos poços. Esta área é dividida em diversos módulos, que são dispostos de acordo com a seqüência do processamento dos fluidos da formação. Ressalta-se que cada módulo de processo é revestido ao longo do seu perímetro para prevenir que alguma liberação de líquido alcance o convés principal que fica 4 a 5 m abaixo da área de processamento. Estes módulos possuem um sistema de drenagem aberto que conduz os hidrocarbonetos para o tanque aberto de drenagem. A disposição dos módulos da planta de processo do FPSO pode ser observada na Figura 3.2-a, anteriormente apresentada.

A Figura 3.2.4-a apresenta o fluxograma do processamento dos fluidos da formação. Nesta estão destacadas cada uma das linhas de fluxo: para óleo, gás e água, desde a chegada destes na planta de processamento até exportação dos hidrocarbonetos e tratamento da água produzida para o descarte no mar. A seguir são descritos separadamente os processos de produção dos hidrocarbonetos, óleo e gás, e da produção e tratamento da água produzida

#### a Produção de Óleo

A planta de processamento do FPSO tem por finalidade o tratamento do óleo para retirada de impurezas e, assim, apresentá-lo em especificações comerciais. Seguindo a linha de fluxo para o óleo, apresentada na Figura 3.2.4-a, observa-se que, após a saída do óleo dos dois separadores trifásicos de produção (de Bijupirá e de Salema), estes formam um único fluxo antes da entrada no trocador óleo/óleo. O mesmo ocorre com os resíduos de óleo que sofreram processo de arraste pela corrente de água. Estes resíduos são retirados através dos dois Hidrociclones (de Bijupirá e de Salema), que se unem em um única corrente. Além destas duas fontes de óleo para o trocador óleo/óleo, existe também o deslocamento da fração oleosa presente na linha do gás e que sai do compressor de baixa pressão (1º estágio) e do compressor de gás *Booster*.

Estas três correntes oleosas entram no trocador óleo/óleo, que tem por objetivo elevar a temperatura do fluxo para diminuir a viscosidade e facilitar a separação água-óleo e retirar as frações gasosas ainda presente no óleo. Este fluxo aquecido chega ao degaseificador de pressão intermediária, que retira o gás presente na linha e envia-o para a saída do compressor de baixa pressão (1º estágio). Observa-se então que o óleo segue para o separador de pressão intermediária, onde, novamente, tem-se uma separação dos três fluidos envolvidos: óleo, água e gás. Ressalta-se entretanto, que as proporções dos dois últimos, neste separador, são bem menores que as saídas nos dois separadores de produção, no início do processo.

#### 3.2.4-a. Diagrama de blocos do Processo.

O vaso degaseificador tem o objetivo de retirar frações gasosas que ainda estejam presentes na linha de óleo. Estas frações gasosas são enviadas para a saída do compressor de baixa pressão (1º estágio), enquanto que o óleo ainda mais purificado passa pela bomba do separador de pressão intermediária, chegando ao hidrociclone de pressão intermediária, que é utilizado para a retirada dos resíduos aquosos ainda presentes na linha de óleo.

Fechando o ciclo, tem-se o retorno do óleo para o trocador óleo/óleo, que, caso esteja nas especificações exigidas segue para os tanques de armazenamento e, em seguida, para o navio de exportação. Caso o óleo não esteja nos padrões adequados, este retorna ao degaseificador de pressão intermediária, iniciando mais um ciclo de processamento.

#### **b. Produção de Gás**

O gás a ser obtido a partir dos fluidos dos poços em Bijupirá e Salema serão utilizados nas seguintes finalidades:

- Gás *lift*
- Gás combustível para os geradores de energia a bordo do FPSO
- Gás para queima no *flare*
- Gás para venda (exportação)/importação

Desta forma, a configuração da sequência de processamento para o gás reflete as finalidades descritas acima. Assim como na linha do óleo, o processamento do gás se inicia a partir dos Separadores de Produção (de Bijupirá e Salema), que são de alta pressão, estes dois fluxos se juntam em uma única linha que segue para uma bateria de compressores de gás *Booster*, de 1º, 2º e 3º estágio. Estes compressores também são altamente pressurizados. Ressalta-se que do primeiro estágio, sai um resíduo de óleo que se une ao fluxo de óleo proveniente dos separadores de produção, entrando, assim, em seu ciclo de processamento.

Após passar pelos três estágios de compressão, o gás passa pela unidade de desidratação que utiliza a característica hidrófila do trietileno glicol (TEG) para desumidificar este fluido pressurizado. A finalidade do TEG é evitar que água presente no gás corra as paredes do gasoduto e demais equipamentos e reduza a capacidade de formação de hidratos nos gasodutos, deixando-o pronto para utilização como gás *lift*, gás de exportação ou gás combustível.

Ressalta-se que em algumas etapas do processo, tanto para linha do óleo quanto para o tratamento da água produzida, existem saídas de gás, chamadas *vents*. Este gás é deslocado para os compressores de baixa pressão, fechando o ciclo no compressor de alta pressão (1º estágio). O sistema de gás é projetado para exportar todo o gás excedente sem o uso do *flare*, ou seja, em condições normais de operação não haverá queima de gás.

A operação normal do FPSO não demandará o uso do *flare*, que será restrito a situações de emergência ou falha de equipamentos. O sistema de *flare* será dividido em sistemas de *flare* de alta e baixa pressão. O *flare* de alta pressão operará a 0,35 – 0,70 bar e o de baixa pressão operará a 0,01 – 0,04 bar. Cada sistema terá um tambor de separação de condensado (*Scrubber*) e um vaso de drenagem fechada comum. Os queimadores do *flare* serão montadas em torre vertical de 60 m, na proa do FPSO.

### c. Tratamento da Água Produzida

Ao sair dos separadores de produção, a água produzida passa pelos hidrociclones e pela célula de flotação para recuperar algum óleo carregado pelo fluxo aquoso. Os hidrociclones e a flotação são os processos de separação óleo/água atualmente mais utilizados pela indústria do petróleo. A flotação procura recuperar o resíduo de óleo através de separação gravitacional, enquanto os hidrociclones (Figura 3.2.4-b) procuram acelerar o processo.

A água oleosa é introduzida sob pressão tangencialmente no trecho de maior diâmetro do hidrociclone, sendo direcionada internamente em fluxo espiral em direção ao trecho de menor diâmetro. Este fluxo é acelerado pelo contínuo decréscimo de diâmetro, criando uma força centrífuga que força os componentes mais pesados (água e sólidos) contra as paredes. Devido ao formato cônico do hidrociclone e ao diferencial de pressão existente entre as paredes e o centro, ocorre, na parte central do equipamento, um fluxo axial reverso. Esta fase líquida central contendo óleo em maior proporção é denominada rejeito.

Toda água produzida será descartada ao mar em conformidade com as especificações exigidas pela Resolução CONAMA 20, ou seja, teor de óleo de até 20 ppm e com 40°C, no máximo. Para alcançar estas metas, além dos hidrociclones e da célula de flotação, será utilizado um refrigerador para água produzida. Este receberá a água à 50°C oriunda da célula de flotação e despejará no mar na temperatura de 38°C.

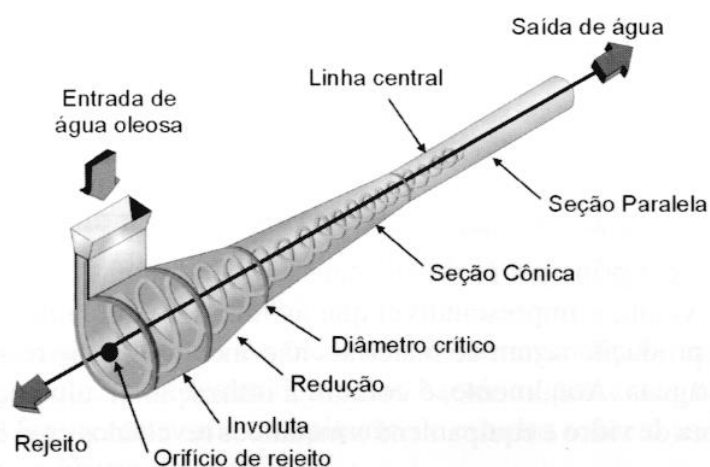


Figura 3.2.4-b. Exemplo esquemático do funcionamento de um hidrociclone.

Fonte: Thomas, 2001

Ressalta-se que a qualidade da água produzida que será lançada ao mar é continuamente monitorada por um analisador *on-line*, o qual fecha automaticamente a válvula de descarga e desvia o fluxo da água produzida para o tanque de esgoto (*slop tank*) se o conteúdo do óleo na água exceder 20 ppm. Em caso de falha deste analisador toda água produzida será direcionada para este tanque.

Para o resfriamento, será utilizado um sistema fechado de circulação de água doce, via tanque de lastro de água nº 3, permitindo que a água produzida seja lançada ao mar a temperatura de 38 °C. No Quadro 3.2.4-a, a seguir, são apresentadas as características dos equipamentos para tratamento da água produzida.

Quadro 3.2.4-a. características dos equipamentos para tratamento da água produzida.

EQUIPAMENTOS / CARACTERÍSTICAS	DIÂMETRO x COMPRIMENTO	T°C SAÍDA	PRESSÃO DE SAÍDA	CAPACIDADE
Hidrociclone	0,7 m x 1,8 m	41°C	140 Psig	331 m³/h
Célula de Flotação	3,3 m x 2,6 m	50°C	10 Psig	345 m³/h
Resfriador de água produzida	Não Disponível	38°C	100 Psig	Não Disponível

As especificações exigidas para os fluidos após o processamento são apresentadas no Quadro 3.2.4-b a seguir.

Quadro 3.2.4-b. Características dos fluidos após processamento.

CARACTERÍSTICAS	CAPACIDADES
°API do óleo cru – Bijupirá e Salema	28-32 °
TVP máxima	14,5 Psia
RVP máxima	12,0 Psia
Concentração máxima de água no óleo	0,5% por volume
Temperatura máxima de estocagem	45°C
Conteúdo máximo de sal	30 lbs por 1000 barris
Gás <i>Lift</i>	2400 Psig, 2 lbs água por MMSCF
Gás para Venda	1900 Psig, 2 lbs água por MMSCF, 35°C
Água Produzida lançada ao mar	< 20 ppm óleo; < 40°C