

II.8 - ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE RISCOS

Neste item é apresentada a análise e Gerenciamento dos Riscos Ambientais associados à instalação e produção de petróleo e gás no Módulo II do Campo de Marlim Leste, localizado na Bacia de Campos a 120 km da costa, a ser realizada pela Petrobras. Para esta atividade será utilizada a unidade estacionária de produção do tipo FPSO (*Floating Production Storage Offloading*), denominada Cidade de Niterói, de propriedade da *MODEC International LLC*, a ser construído a partir do Navio *Apollo Shoji*.

Foram investigados os sistemas e subsistemas da unidade de produção FPSO Cidade de Niterói que apresentam potenciais perigos de interferir no sistema ambiental ligado às fases de instalação e operação. Adicionalmente, o escopo contempla as operações de transferência de óleo (*offloading*) para navios aliviadores, que farão o transporte do óleo produzido.

Neste processo de análise é utilizada uma das técnicas usualmente empregadas para a identificação de perigos em estudos de avaliação de riscos, denominada Análise Preliminar de Perigos - APP. A metodologia adotada segue o apresentado pelo *American Institute of Chemical Engineers* (AIChE) e o *Norwegian Petroleum Directorate* (NPD), da Noruega. Esta metodologia baseia-se na construção de Matriz Qualitativa de Perigos, cujos eixos apresentam categorias de frequências e categorias de severidade, de tal modo a hierarquizar os riscos relativos aos cenários identificados.

A aplicação da técnica foi direcionada para identificar de modo sistemático as possíveis falhas mecânicas de equipamentos, dispositivos e componentes eletromecânicos, os desvios das condições normais de processo por falhas de manutenção, ou erros operacionais humanos, que possam liberar produto capaz de causar danos significativos ao meio ambiente.

A estrutura deste estudo de Análise e Gerenciamento de Riscos Ambientais está delineada da seguinte forma:

- ★ Descrição das etapas de operação e instalação do *FPSO CIDADE DE NITERÓI* e as atividades de suporte ao empreendimento na etapa de produção e instalação;

- ★ Análise Histórica de Acidentes em empreendimentos similares de exploração de óleo e gás e em unidades marítimas comparando com tipo FPSO (*Floating Production Storage Oil*);
- ★ Identificação dos perigos com aplicação da metodologia de APP (Análise Preliminar de Perigos) para diagnóstico dos eventos acidentais com consequências danosas ao meio ambiente;
- ★ Plano de Gerenciamento de Risco da unidade marítima e sistemas.

Com base nesta estrutura foram obtidos os perigos e procedimentos que a operadora deverá seguir de forma a reduzir o potencial de acidentes com descargas de produtos para o ambiente.

A seguir apresenta-se uma breve descrição das principais características do FPSO e da instalação submarina, procurando enfocar aspectos relativos ao Risco Ambiental. Nesta descrição, procurou-se caracterizar as principais medidas de segurança presentes, sempre que possível avaliando-as à luz dos riscos ambientais, identificando eventuais melhorias que se façam necessárias.

II.8.1 - Descrição dos Sistemas do Fpso Cidade de Niterói

II.8.1.1 - Descrição da Unidade

O FPSO Cidade de Niterói, em construção a partir do Navio *Apollo Shoji* possui capacidade para operar em lâminas d'água de até 1800 m.

O FPSO Cidade de Niterói será posicionado através de ancoragem do tipo *spread mooring* em lâmina d'água de 1.370 metros e será interligado individualmente a oito poços produtores, sendo sete produtores de óleo e um produtor de gás. Além disso, a unidade apresenta entradas reservas para a ligação com oito poços adicionais, sendo três produtores e cinco injetores. O FPSO terá capacidade diária de produzir e processar 15,9 mil m³ de óleo, comprimir 3,5 milhões m³ de gás. Embora tenha facilidades para injetar 22.000m³/d de água dessulfatada e tratar 8.000 m³/d de água produzida, não se prevê o uso destes sistemas nas atividades do Módulo II do Campo de Marlim Leste.

Os Quadros II.8.1-1 e II.8.1-2 apresentam as principais características desta unidade.

Quadro II.8.1-1 - Características do FPSO Cidade de Niterói.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO
Nome	Cidade de Niterói
Tipo	FPSO (<i>Floating, Production, Storage Offloading</i>)
Capacidade Operacional	Lâmina d'água de até 1800 metros
Comprimento	315 m
Boca moldada	60m
Pontal (altura até o convés principal)	28,5 m
Calado máximo	20,3 m
Deslocamento	290.000 t
Acomodações (leitos)	100 pessoas
Heliponto	Localizado na popa e adequado para helicópteros do porte <i>Sikorsky S-92</i> e <i>S-61N</i>
Salvagem	- 2 baleeiras, com capacidade para 100 pessoas cada; - balsas infláveis para 200 pessoas; - 1 bote salva-vidas para 6 pessoas
Turbogeradores principais	3 de 34 MW, <i>dual fuel</i> (gás e diesel)
Geradores Auxiliares	1,67 MW, a diesel 1,67 MW, a vapor
Gerador de Emergência	1 de 1,2 MW a diesel
Guindastes para manuseio de carga	3 guindastes, 1 x 20 t, 1 x 15t e 1 x 7,5t
Flare	1 DE ALTA SÔNICO: - Diâmetro da linha: 18" - Com capacidade de queima de até 3.500.000 Nm ³ /d emergência e 2.500.000 Nm ³ /d contínua, 1 DE BAIXA SUB-SÔNICO: - Diâmetro da linha: 16" - Capacidade: 381.200 Nm ³ /d Gás de purga de aproximadamente 4.500 Nm ³ /d

Quadro II.8.1-2 - Capacidade de Processamento do FPSO Cidade de Niterói

PROCESSAMENTO	
Capacidade de processamento de óleo	15.900 m ³
Capacidade de processamento de gás	3.500.000 Nm ³ /d
Capacidade de descarregamento (aproximada)	7.000 m ³ /h

Obs.: * Embora a plataforma tenha tais facilidades, ressalta-se que não se prevê para o Módulo II do Campo de Marlim Leste a separação, tratamento e descarte de água produzida, além da necessidade de injeção de água no reservatório.

O projeto prevê a utilização de técnicas especiais visando o aumento da produção, tais como a injeção de gás a alta pressão (*gas lift*) na base da coluna de produção dos poços.

II.8.1.2 - Descrição Geral do Processo de Produção

Os fluidos produzidos pelos poços serão processados de acordo com as suas propriedades físico-químicas, promovendo a separação do óleo e do gás. Não será realizada a separação de água produzida, uma vez que não está prevista a sua geração. Em seguida será realizada a compressão e tratamento do gás, tratamento e bombeamento do óleo.

O processamento do fluido produzido (petróleo, água e gás) compreende as seguintes etapas:

- ★ Separação do óleo e do gás;
- ★ Tratamento dos hidrocarbonetos (óleo e gás);
- ★ Estocagem do óleo em tanque de carga e exportação através de *offloading*;
- ★ Processamento de parte do gás para geração de energia e injeção de *gas lift*;
- ★ Transferência da produção de gás, até a plataforma P-40 no Campo de Marlim Sul, através de gasoduto e para o sistema de *flare* da unidade de produção para manutenção da chama piloto.

A corrente de óleo que chega ao FPSO sofre processamento realizado através de um trem constituído por equipamentos para o processamento primário, tais como aquecedor e separador trifásico de alta pressão, e secundário, como tratador eletrostático e separador de baixa pressão. Destes processamentos separa-se o gás do óleo produzido.

O óleo proveniente do processamento secundário será resfriado por meio de trocadores de calor, medido e armazenado nos tanques de carga do navio e posteriormente transferidos através de *offloading* para navios aliviadores. Para a inertização dos tanques de carga durante as operações de *offloading* será

utilizado gás inerte composto essencialmente de N_2 e CO_2 , obtido por meio da queima de gás combustível na caldeira.

O gás será encaminhado para as etapas de compressão e de desidratação para a remoção da umidade residual. O processamento do gás será constituído por um sistema principal e um auxiliar, para o gás de alta e baixa pressão, respectivamente. O sistema principal tem como objetivo elevar as pressões do gás separado no primeiro estágio e do gás proveniente da descarga do compressor booster (sistema auxiliar), para que parte possa ser utilizada como gas lift, gás combustível ou para manutenção da chama piloto do flare, e a outra parte destinada à exportação para o Módulo I do Campo de Marlim Sul (plataforma P-40). O sistema auxiliar de compressão (sistema booster) utilizará o gás obtido no separador de baixa pressão, desaeradora e separador de teste. Neste sistema o gás é resfriado, enviado ao vaso para retirar pequenas partículas líquidas carregadas pelo gás e segue ao compressor booster. Após atingir a pressão mínima de sucção do sistema principal de compressão, o gás será remetido para mais um resfriamento e seguirá para a unidade de compressão principal.

O FPSO Cidade Niterói será capaz de injetar monoetilenoglicol (MEG) no poço produtor de gás, visando evitar a formação de hidratos na linha e conseqüentemente, garantir o escoamento da produção. O MEG injetado no poço é recuperado na plataforma, sendo então purificado para reutilização por um processo de destilação para separação da água e decantação para separação dos sais.

Para o sistema de geração de energia o FPSO contará com 3 turbogeradores que poderão ser movidos a gás natural ou a diesel. Este sistema contempla ainda um gerador auxiliar movido a diesel, uma turbina movida a vapor gerado pela caldeira e um gerador de emergência movido a diesel.

A exaustão dos turbogeradores, que estará conectada a um sistema recuperador de calor (WHRS), fornece calor ao sistema de aquecimento de alta temperatura e este, por sua vez, aquece o circuito de aquecimento de água a baixa temperatura.

Vale ressaltar que o FPSO Cidade de Niterói será equipado com sistema de injeção de produtos químicos a serem adicionados ao óleo e ao gás, com o

objetivo de melhorar as condições operacionais do processo, das linhas, dos oleodutos e dos equipamentos, são eles: inibidores de hidratos, corrosão e incrustação, desemulsificante, antiespumante, monoetilenoglicol (MEG) e desidratante.

Para maiores detalhes sobre o processo de produção do FPSO Cidade de Niterói consultar o item II.2.4.

II.8.1.3 - Descrição Geral do Processo de Instalação

Lançamento dos Dutos Flexíveis do Sistema de Coleta da Produção

Para a execução do lançamento das linhas para os poços de produção será utilizada uma embarcação equipada com sistema de posicionamento dinâmico além de sistemas de tensionadores lineares especialmente projetados para suportar as cargas induzidas durante o lançamento das linhas.

Antes da descida, a linha flexível é conectada ao Módulo de Conexão Vertical Direta (MCV). A descida do MCV será realizada com o auxílio de guinchos e um guindaste e será monitorada através de ROV. Próximo ao fundo, o MCV será aproximado lentamente da ANM, até o seu acoplamento ser feito no hub da estrutura submarina. Após ser acoplado, o MCV será travado e a conexão testada através do sistema hidráulico do ROV (Hot-Stab). As linhas serão lançadas a partir de um carretel, preenchidas com água do mar e, em seguida, será testada sua estanqueidade.

No término do lançamento, a extremidade final do trecho riser da linha flexível será preparada para futura transferência para o FPSO Cidade de Niterói.

Após a instalação do FPSO Cidade de Niterói, o navio aproxima-se em preparação para transferência do riser. Após o cabo principal ser conectado ao riser a bordo da embarcação, esta irá começar o “pagamento” do riser dentro d’água, ou seja a liberação do riser no navio para a água, à medida em que for necessário. Realiza-se então a descida do riser monitorado pelo ROV até gradualmente executar a transferência da carga, da embarcação para o cabo principal do guincho de pull-in do FPSO Cidade de Niterói.

Amarração e Ancoragem do FPSO Cidade de Niterói

O FPSO Cidade de Niterói será ancorado por meio de 18 linhas de ancoragem, de composição mista, ou seja, amarra, cabo de poliéster e acessórios, conectadas a 18 pontos de ancoragem do tipo estaca torpedo, cravadas no solo marinho.

O procedimento de ancoragem contempla duas fases divididas em:

- *Primeira fase:*

Consiste na instalação da estaca torpedo, amarra de fundo e até três trechos de cabo de poliéster, antes da chegada do FPSO Cidade de Niterói.

- *Segunda fase:*

Esta fase tem início após a chegada do FPSO Cidade de Niterói na locação e consiste na instalação dos complementos dos componentes do sistema, tais como o quarto cabo de poliéster e amarra de topo, e conexão desta amarra ao seu respectivo mordente a bordo do FPSO.

Amarração e ancoragem das linhas flexíveis

Algumas linhas flexíveis serão ancoradas a fim de evitar um eventual deslocamento causado pelo movimento da unidade de produção. Para esta ancoragem também serão utilizadas estacas do tipo torpedo a serem instaladas radialmente antes do lançamento das linhas.

A instalação das estacas consiste na descida da mesma, conectadas a um cabo de aço, até uma profundidade entre 40 e 60 m do fundo do solo marinho. Ao atingir esta profundidade, a estaca será solta e cairá por gravidade, e com o próprio peso será cravada no solo marinho. Com as marcas pintadas em cores nas amarras é possível verificar através de câmeras de ROV se a penetração de projeto foi obtida, sendo então cortado o cabo de sacrifício com auxílio do ROV.

A ancoragem da linha será realizada após o pull-in da mesma no FPSO. As linhas ao serem ancoradas serão lançadas já com seu colar de ancoragem e as estacas já estarão cravadas em posição pré-determinada. O lançamento das estacas e a interligação dos elos de ancoragem entre a mesma e o colar sobre a linha serão feitos através de ROV da embarcação.

Vale destacar que as operações de lançamento das instalações submarinas de escoamento da produção (oleoduto e gasoduto) serão efetuadas por embarcações especializadas, podendo contemplar os métodos Reel ou J Lay. A definição da metodologia apropriada resultará de estudos de viabilidade técnica/econômica e de análises comerciais.

II.8.1.4 - Sistemas de Proteção Ambiental e Sistemas Segurança

II.8.1.4-1 - Sistemas de Proteção Ambiental

Os sistemas de proteção ambiental da unidade de produção atendem basicamente aos princípios estabelecidos na Convenção MARPOL (73/78). Segue abaixo uma lista simplificada das medidas de proteção ambiental:

- ★ *Tratamento de Efluentes Sanitários:* este sistema coletará as águas oriundas de vasos sanitários e dos banheiros, lavanderias e cozinha. Duas unidades, aprovadas pela IMO e com capacidade individual para tratamento de até 9,4 m³ diários, receberão águas de esgoto (*black water*) através de um sistema de lodo ativado aerado, projetada para atender plenamente a todo o efetivo;
- ★ *Trituração de restos alimentares:* os restos alimentares produzidos na plataforma serão recolhidos de forma seletiva e encaminhados para o sistema de trituração, responsável pela geração de partículas finais segundo as especificações determinadas na Convenção MARPOL, para serem posteriormente descartadas ao mar;
- ★ *Sistema de drenagem:* para os efluentes líquidos estão previstos drenos que irão contemplar a segregação entre os sistemas de drenagem fechada e aberta. A drenagem aberta irá contemplar os drenos

provenientes do convés do FPSO, das áreas de armazenagem e manuseio de produtos químicos (inclusive tambores instalados na planta) e as áreas ao redor dos equipamentos que estarão em contato com hidrocarbonetos na planta de processo através de bacias de contenção. A drenagem fechada irá contemplar os drenos provenientes dos equipamentos da planta de processo, praça de máquinas, resíduos oleosos resultantes de operações com lubrificantes ou diesel. A água oleosa separada no sistema de drenagem segue para descarte caso o TOG esteja devidamente enquadrado após passar por um analisador. O óleo separado retorna para a planta de processo.

- ★ *Sistema de Transferência de óleo:* o sistema de armazenagem e transferência será livre da emissão de metano e de voláteis de compostos orgânicos para a atmosfera, pois o sistema é fechado e inertizado. Está previsto um sistema de detecção de vazamentos que se baseia na comparação instantânea das vazões medidas na saída do FPSO e na chegada ao aliviador. Em caso de variações entre os valores, a operação é interrompida automaticamente. Para assegurar que quaisquer problemas eventuais sejam prontamente identificados, a operação será acompanhada permanentemente por uma pessoa em cada navio;
- ★ *Produtos Químicos:* a transferência dos produtos químicos entre os tanques de armazenamento e os locais de utilização será feito através de um sistema fechado de linhas, minimizando a ocorrência de vazamentos, perdas e contato dos operadores. Os produtos químicos utilizados nos poços de produção serão tratados na unidade de processamento seguindo procedimento apropriado, caso tenha excedente estes deverão ser desembarcados e enviados para armazenamento temporário, estando devidamente embalados, segregados, identificados e armazenados em tambores com a identificação de que são resíduos perigosos para posterior destinação final.
- ★ *Tratamento e Destino de Resíduos Sólidos:* o controle dos resíduos será submetido ao Projeto de Controle da Poluição, onde se encontram descritos todos os procedimentos e orientações a serem adotados para a

classificação, coleta, armazenamento temporário, disposição final, quantificação, registro e desembarque dos resíduos na base de apoio.

II.8.1.4-2 - Sistemas de Segurança

A filosofia de segurança do FPSO Cidade de Niterói está baseada no atendimento às normas estatutárias da IMO (SOLAS, MODU CODE, MARPOL e COLERG), à legislação brasileira (NORMANS, NRs, CONAMA), às normas técnicas da Petrobras e outras (ABNT, API, DNV, AISC, AWS), durante a execução de todas as fases dos projetos do navio. Segue abaixo uma lista simplificada dos sistemas de segurança:

- ★ *Sistemas de detecção de incêndio e gás:* este sistema será acionado automaticamente no evento de uma condição de incêndio ou de um escape anormal de gases e/ou vapores tóxicos ou inflamáveis. É dotado de uma interface computacional que disponibiliza dados e alarmes para os operadores, bem como de um conjunto de alarmes visuais e auditivos distribuídos pelo navio.
- ★ *Sistema de Combate a incêndio:* a proteção contra incêndio é composta por sistemas ativos e passivos. O sistema passivo é composto, entre outros, por coberturas retardantes de fogo e paredes, pisos e tetos corta-fogo. O sistema de dilúvio pode ser acionado automaticamente ou via sala de controle. O sistema ativo é composto de sistema fixo de água de combate a incêndio equipado com 02 conjuntos de bombas diesel hidráulica, cada uma com 100% da capacidade para atender a necessidade máxima do sistema. O conjunto de bombas distribuirá a água salgada necessária para a rede de hidrantes, subsistemas de resfriamento (dilúvio), espuma e canhões monitores através de dois troncos principais. Ocorrendo a perda de um dos troncos, o abastecimento dos subsistemas poderá ser processado pelo outro.
- ★ *Geração de energia de emergência:* esta será feita por um gerador movido a diesel que opera independentemente do sistema de força principal, o qual tem potência suficiente para atender a todas as cargas do

sistema de emergência marítimo e *topside*, assim como suprir a força necessária para a partida do sistema de geração principal em caso de falha deste último. Está previsto ainda um sistema de luzes de emergência com duração de 90 minutos, para serem utilizadas durante períodos de transição para geração de emergência.

- ★ *Recursos de abandono, fuga e resgate:* estes recursos têm o propósito de prover condições seguras para se alcançar os locais onde estão os meios de abandono, principalmente os botes salva-vidas e as baleeiras, que correspondem ao meio de evacuação primário do FPSO Cidade de Niterói, e resgate de pessoas em perigo no mar. A evacuação parcial ou total do FPSO Cidade de Niterói utilizará várias facilidades, tais como: barcos, helicópteros, bóias e embarcações salva-vidas e baleeiras.
- ★ *Análises de Risco:* os sistemas de segurança de processo do FPSO Cidade de Niterói são independentes dos destinados ao controle da produção, sendo dotados de dois níveis de proteção de modo a prevenir e minimizar os efeitos de falha de um equipamento no processo e atuando, sempre que possível, com princípios distintos, de modo a garantir atuação em condições anormais ou de emergência.
- ★ *Sistema de Bloqueio:* os principais sistemas destinados à segurança do processo são os de parada de emergência da produção e o de parada de emergência de processo. O sistema de bloqueio permitirá, em situações de emergência, a interrupção automática do funcionamento dos diversos equipamentos e máquinas do FPSO Cidade de Niterói, a fim de restringir os riscos causados por eventuais efeitos indesejáveis.
- ★ *Sistema de Comunicação:* a principal função do sistema de comunicação de emergência é comunicar aos serviços de resgate a decisão de abandonar o FPSO ou requerer resgate para pessoas feridas. Além disso, comunicações externas podem auxiliar no processo de decisão para controlar o incidente. Visando a segurança Interna e a salvaguarda da vida humana no mar, estão previstos dois Sistemas de Comunicação a bordo da unidade: Sistema de Intercomunicação (Avisos e Alarmes, visual e/ou sonoro instalados em todas as áreas da unidade offshore) e Sistema

de Radiocomunicações e GMDSS (utilizado para contato radiofônico com estações costeiras e com embarcações de apoio no mar).

- ★ *Sistema de Medição e Monitoramento:* este sistema visa o conhecimento dos volumes dos fluidos que serão movimentados pelo FPSO. Este sistema será capaz de precisar, com segurança, a magnitude dos fluxos provenientes do campo de produção e a quantidade dos fluidos pós-processados armazenados, descartados ou exportados. Ressaltando-se que todo o sistema de medição e monitoramento para as atividades de produção estão conforme as regulamentações da ANP e do Inmetro.