

E - Sistema de Escoamento e Transferência da Produção

O sistema de escoamento e transferência da produção do FPSO Cidade de Niterói será realizado por linhas flexíveis (poços produtores) e por dutos rígidos e flexíveis (exportação de gás), ambos submarinos, conforme ilustrados esquematicamente na Figura II.2.4-11. Na Figura seguinte (Figura II.2.4-12) é apresentado o diagrama unifilar do Módulo II do Campo de Marlim Leste.

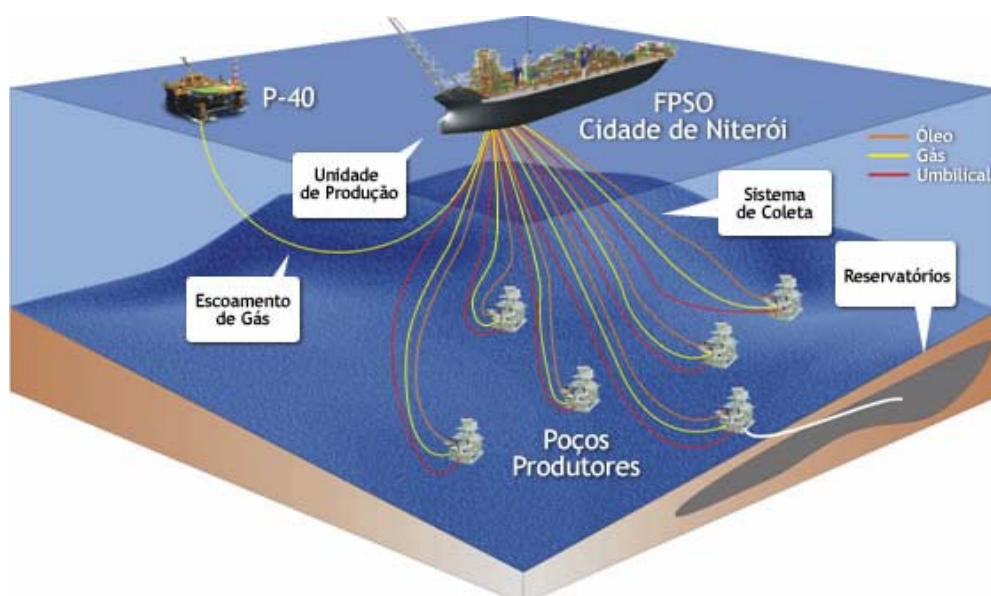


Figura II.2.4-11 - Desenho esquemático do arranjo submarino e escoamento do Módulo II do Campo de Marlim Leste.
Fonte: Petrobras.

Figura II.2.4-12: Diagrama unifilar do Módulo II do Campo de Marlim Leste.

Figura II.2.4-12: Diagrama unifilar do Módulo II do Campo de Marlim Leste.

E1 - Sistema de Coleta

Os poços produtores do Módulo II do Campo de Marlim Leste estarão interligados de forma individual ao FPSO Cidade de Niterói por um sistema de coleta composto por linhas flexíveis.

No sistema de coleta está prevista a interligação das ANM's (Árvores de Natal Molhadas, instaladas na cabeça de cada poço) ao FPSO Cidade de Niterói, por intermédio de *bundles* compostos de:

- ★ Um duto flexível destinado à produção;
- ★ Um duto flexível para elevação artificial através de gás *lift*;
- ★ Um umbilical composto por mangueiras para atuação hidráulica das válvulas da ANM e de segurança do poço, para injeção de álcool e produtos químicos, e cabos elétricos destinados à monitoração de temperatura e pressão no fundo de poço e na árvore.

E1.1 - Árvores de Natal Molhadas - ANM

O projeto de desenvolvimento do Módulo II do Campo de Marlim Leste contempla o uso de 8 ANM do tipo GLL (operadas sem mergulhador e sem cabos-guia).

As válvulas das ANM's são do tipo *Fail Safe Close*, ou seja, em caso de falha as válvulas ficam na posição fechada.

E1.2 - Linhas de Coleta e Umbilicais de Controle

Conforme já descrito, o sistema submarino de coleta consiste de linhas flexíveis que conectarão o FPSO Cidade de Niterói aos poços produtores de forma individual, sem necessitar de *manifolds* submarinos ou outras estruturas similares.

As linhas são flexíveis, com estruturas compostas por diversas camadas, e serão dimensionadas em função das vazões, pressões, temperaturas, cargas devido ao lançamento e cargas devido à operação em condições dinâmicas

simuladas em estudos de elevação artificial e comportamento de *risers* e *flowlines*.

Após estudos de elevação e escoamento dos fluidos do reservatório, foi constatada a necessidade de isolamento térmico em algumas linhas de produção. Este isolamento constitui-se de uma camada extra nos dutos flexíveis, de material isolante térmico com espessura variável em função do isolamento desejado.

Cada linha flexível poderá ser composta por um tramo único ou por alguns tramos interligados entre si através de conectores de extremidade (*end fittings*), respeitando as limitações de fabricação, transporte, manuseio e instalação.

Além dos conectores de extremidade, outros acessórios serão utilizados nas linhas flexíveis, tais como enrijecedores (*bend stiffeners*), restritores de curvatura (*bend restrictors*) e reforços de desgaste (*outerwraps*), quando aplicáveis.

O Quadro II.2.4-8 apresenta as características gerais das linhas de coleta.

Quadro II.2.4-8 - Características gerais das linhas de coleta

POÇO	Vazão máxima de óleo estimada (m³/dia)	Diâmetro Interno da Linha de Produção (pol)		Comprimento da Linha de Produção (m)		Diâmetro Interno da Linha de Anular (pol)		Comprimento da linha de Anular (m)		Umbilical eletro- hidráulico (UEH)	Comprimento do UEH (m)
		<i>Riser</i>	<i>Flow</i>	<i>Riser</i>	<i>Flow</i>	<i>Riser</i>	<i>Flow</i>	<i>Riser</i>	<i>Flow</i>	<i>Composição</i>	<i>Riser+ Flow</i>
J-1H	1.330	8	8	1.900	1.920	4	4	1.900	1.710	9H+3HCR+1CE	3.710
J-2H	2.014	8	8	1.900	2.165	4	4	1.900	2.000	9H+3HCR+1CE	3.980
J-3H	2.106	8	8	1.900	6.030	4	4	1.900	6.280	9H+3HCR+1CE	8.050
J-4H	1.135	8	8	1.900	2.865	4	4	1.900	2.685	9H+3HCR+1CE	4.680
J-5H	2.114	8	8	1.900	1.950	4	4	1.900	1.665	9H+3HCR+1CE	3.715
J-6H	2.678	8	8	1.900	4.420	4	4	1.900	4.715	9H+3HCR+1CE	6.455
J-7H	2.132	8	8	1.900	3.090	4	4	1.900	3.360	9H+3HCR+1CE	5.115
Pgás	2.112	6	6	1.900	4.810	4	4	1.900	4.885	9H+3HCR+1CE	6.730

Obs.: Composição do umbilical eletro-hidráulico :

H=Mangueiras de 3/8pol.; HCR=Mangueiras de 1/2pol. com alta resistência ao colapso; CE= Cabo Elétrico de 2,5mm²

Fonte: Petrobras.

Todos os *risers* serão interligados ao FPSO Cidade de Niterói em configuração catenária livre, cujo ângulo de topo será de 7°, conforme as análises locais de tensões e de estabilidade no fundo.

Em condições estáticas, as emendas *riser/flowline* das linhas de coleta e exportação estarão localizadas a uma distância de 800 m do centro de suspensão. Os pontos de contato dos *risers* com o leito marinho *Touch Down Point* (TDP), em condições estáticas, estarão localizados a 530 m (distância até o centro de suspensão).

Com relação ao controle dos poços, os umbilicais serão do tipo eletro-hidráulico, consistindo de um conjunto de mangueiras termoplásticas e cabos elétricos, integradas em um único cabo para fornecer suprimentos hidráulicos (para as válvulas de segurança, fechamento e controle do fluxo do poço nas ANM's, etc), injetar produtos químicos (inibidor de incrustação, desemulsificante e inibidor de hidrato – etanol) e receber sinais elétricos necessários para monitorar os poços.

Todos os umbilicais dos poços de produção serão do tipo tradicional para uso em poços produtores, ou seja, 9H+3HCR+1CE, consistindo de 9 mangueiras para controle hidráulico das válvulas das ANM e 3 mangueiras para injeção de etanol e produtos químicos, além de 1 cabo elétrico para transmissão de sinais quantitativos de temperatura e pressão, e monitoramento das operações de *pigging*. A Figura II.2.4-13, a seguir, apresenta a ilustração de um umbilical flexível composto por várias camadas de material metálico e materiais poliméricos intercalados.



**Figura II.2.4-13 - Foto representativa
de um umbilical
flexível.**

Fonte: PETROBRAS

Os comprimentos dos umbilicais de controle a serem utilizados nos poços serão aproximadamente iguais aos comprimentos das linhas de produção de cada poço.

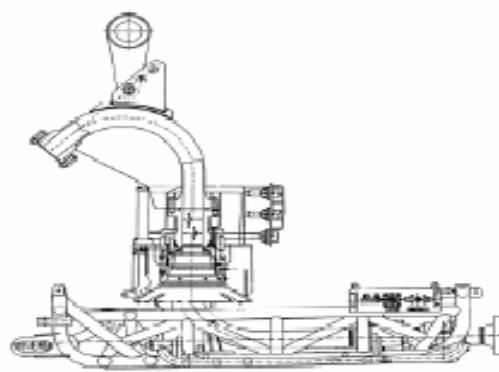
Para o controle (hidráulico) de funções das estruturas submarinas (ANM), será utilizado como suprimento um fluido hidráulico de base aquosa (*Oceanic HW 525*) cuja ficha de segurança (MSDS) encontra-se no Anexo II.2-1 deste EIA.

E1.3 - Terminação de Duto Rígido (PLET)

O PLET (*Pipeline End Termination*) é um equipamento utilizado na interligação de uma tubulação rígida a um duto flexível através de MCV (Módulo de Conexão Vertical Direta), nesse caso, o PLET possui uma válvula de isolamento. Na Figura II.2.4-14 a e b, é apresentado um exemplo de PLET.



(a)



(b)

Figura II.2.4-14 - Equipamento PLET: (a) foto representativa do PLET; (b) PLET com seu respectivo MCV.

Fonte: PETROBRAS.

Para atendimento ao gasoduto de escoamento do Módulo II de Marlim Leste, serão instalados dois PLETs, um nas proximidades do FPSO Cidade de Niterói, o PLET_i (coordenadas 7.512.271N e 401.746E) e o outro nas proximidades de P-40, o PLET_f (coordenadas 7.506.823N e 391.828E).

E1.4 - In-Line Tee (ILT)

O *in-line-tee* (ILT) é um equipamento utilizado quando se deseja criar uma derivação em um duto, seja ele rígido ou flexível, de modo a interligá-lo a outro sistema de coleta ou escoamento, permitindo a conexão de 3 dutos distintos.

O gasoduto de escoamento do Módulo II de Marlim Leste disporá de um ILT, nas coordenadas 7.511.181N e 396.903E, com a finalidade de interligá-lo ao gasoduto do Módulo I, que dispõe de um ILT intermediário de espera.

A conexão entre um ILT e um duto flexível é feita por meio de Conexão Vertical Direta, empregando um MCV (Módulo de Conexão Vertical).

A Figura II.2.4-15a mostra uma representação simplificada de um ILT e a Figura II.2.4-15b mostra uma parte do desenho de um ILT instalado no Campo de Marlim.

Desta forma, em caso de vazamentos, o fluxo é imediatamente interrompido em dois pontos, na UEP e na ANM e/ou gasoduto.

Todas as SDVs citadas acima, bem como as válvulas das ANM, são do tipo *Fail Safe Close*, ou seja, fecham em caso de falha.

E.2 - Sistema de Transferência da Produção

E2.1 - Escoamento de óleo

O escoamento da produção de óleo do FPSO Cidade de Niterói será realizado através de transbordo para navios aliviadores (petroleiros), amarrados *in tandem*, ou seja, será alinhada a proa do navio aliviador com a popa ou proa do FPSO Cidade de Niterói, como mostra a Figura a seguir.



Figura II.2.4-16 – Foto de uma operação de *offloading in tandem*.

Os navios aliviadores serão dotados de sistema de posicionamento dinâmico (DP), cuja utilização é recomendada uma vez que reduzem consideravelmente os riscos de colisão com os *risers* ou com o costado do FPSO.

A operação de transferência do óleo produzido (*offloading*), realizada periodicamente, será preferencialmente pelo lado da proa do FPSO em função da

ação dos ventos, ficando o navio aliviador a uma distância de cerca de 150 metros do FPSO Cidade de Niterói. A ação dos ventos predominantes, vindo de norte e nordeste, e das correntes, indo para sul, contribuirão para a segurança da operação, uma vez que irão manter o afastamento do navio aliviador em relação ao FPSO.

A transferência de óleo entre os tanques de carga do FPSO Cidade de Niterói e os navios aliviadores será realizada por meio de bombas dedicadas, submersas no interior de cada tanque. O óleo será bombeado através de uma estação de medição e seguirá para o navio aliviador através de um mangote flexível de 20" de diâmetro, comprimento de 230 metros, pressão de trabalho de 300 psi, com reforço especial nas duas extremidades e equipados com flanges de acordo com ANSI B 16.5.

O procedimento operacional que consiste nas manobras de amarração, conexão, *offloading*, desconexão e desamarração, terá todas as operações devidamente acompanhadas pelo oficial de náutica, auxiliado por marinheiros de convés a fim de detectar vazamentos no mar.

Os mangotes, sendo um localizado na proa a bombordo, e outro na popa, a boreste, enrolados em carretéis, são equipados em uma das extremidades com válvula automática que só permite o fluxo depois de estar corretamente conectada ao flange fixo, localizado no lado do navio aliviador. Um acoplamento de desengate rápido de alta confiabilidade é instalado nesta extremidade da mangueira para permitir a sua rápida liberação em caso de emergência.

Para garantir a segurança da operação existe também um sistema de detecção de vazamentos, baseado na comparação instantânea das vazões medidas na saída do FPSO e na chegada do navio aliviador. Em caso de variações entre os valores a operação é interrompida imediatamente.

A fim de assegurar que quaisquer problemas eventuais sejam prontamente identificados, interrompendo-se a transferência de petróleo, a operação é acompanhada permanentemente por uma pessoa em cada estação.

Ao final do *offloading*, o mangote é recolhido e guardado no FPSO até a próxima operação, enquanto que o navio aliviador encaminha o óleo para os terminais de recebimento em terra.

Antes da operação de transferência do óleo produzido, serão efetuados testes de estanqueidade no mangote a ser utilizado. A transferência é realizada com o sistema de gás inerte ligado mantendo a pressão de trabalho e teor de O₂ nos tanques em níveis normais de operação e segurança. Encerrada a operação, dá-se início à limpeza do mangote. Cabe ressaltar que tanto o teste de estanqueidade como o de limpeza do mangote serão feitos com água do mar oriunda dos tanques de *slop* limpo sendo o fluxo direcionado para o tanque *slop* do navio aliviador.

As operações de transferência serão realizadas em uma média de 3 *offloading* por mês (cerca de 36,75 por ano) e a cada *offloading* será transferido em média um volume de 159 mil m³ de óleo, em no máximo 24 horas. O Quadro II.2.4-9 apresentará as características resumidas do óleo.

Quadro II.2.4-9 - Características do óleo a ser escoado a partir do Campo de Marlim Leste pelo FPSO Cidade de Niterói

Composição Molar da Mistura de Óleo para Exportação	
Óleo Morto do Poço 3-MLL-20D-RJD ^(*)	
Componente	(%Mol)
CO ₂	0,031
N ₂	0,001
C1	0,315
C2	0,423
C3	1,282
iC4	0,461
nC4	1,510
iC5	0,839
nC5	1,369
C6	2,436
C7	3,101
C8	5,173
C9	5,415
C10+	77,646

^(*) @ 1,03kgf/cm² & 15,6°C

Fonte: PETROBRAS

E2.2 - Escoamento de Gás

Conforme detalhado anteriormente no item II.2.4-A e C, o gás produzido poderá ser enviado para quatro diferentes destinações, ou seja para exportação para a P-40, gás *lift* para injeção no interior da coluna de produção dos poços, para geração de energia elétrica e finalmente para manutenção da chama do *flare*.

O sistema de exportação do gás será realizado por duto submarino até a P-40, dotado de um trecho flexível e outro rígido (estacionário). O trecho estacionário da linha de escoamento de gás será composto por um duto rígido de aproximadamente 12 km de extensão e diâmetro nominal de 12,75", distância esta a partir do PLET, conforme pode ser verificado no diagrama unifilar apresentado na Figura II.2.4-12. Ao longo do gasoduto serão instaladas 2 válvulas do tipo SDV, uma localizada a 2,2 km de extensão a partir do FPSO Cidade de Niterói e a outra, a 1,9 km da P-40. No trecho estático será instalado um ILT para interligação futura a uma possível flexibilização do sistema de escoamento de gás do Módulo I Campo de Marlim Leste.

As SDV serão parte integrante dos PLET, que têm a função de promover a conexão do trecho rígido do gasoduto com seus trechos flexíveis próximos à P-40 e ao FPSO Cidade de Niterói.

No Quadro II.2.4-10 estão apresentadas as características do gasoduto de exportação.

Quadro II.2.4-10 - Características do gasoduto de exportação

Origem	Destino	Trecho	Tipo	Comprimento	Diâmetro
FPSO Cidade de Niterói LDA=1.370 m	PLET	Flexível	Riser + Flowline	1900m + 850m	9,13"
PLET	P-40 LDA=1.080 m	Rígido	-	12.025m	12,75"

Fonte: PETROBRAS

O gasoduto submarino contará, ao longo de sua extensão, com um sistema de controle e monitoramento de variáveis operacionais composto de medidores, transmissores e válvulas de fechamento de emergência, que será descrito no item K.II.2.

O gás será exportado via duto submarino, após as etapas de separação, compressão e desidratação, e apresentará as seguintes características resumidas no Quadro II.2.4-11.

**Quadro II.2.4-11 - Características do gás a ser escoado pelo FPSO
Cidade de Niterói.**

Composto	Porcentagem
N ₂	1,09
CO ₂	2,07
Metano (CH ₄)	77,89
Etano (C ₂ H ₆)	10,66
Propano (C ₃ H ₈)	5,71
iso-Butano (i-C ₄ H ₁₀)	0,67
n-Butano (n-C ₄ H ₁₀)	1,16
iso-Pentano (i-C ₅ H ₁₂)	0,20
n-Pentano (n-C ₅ H ₁₂)	0,24
Hexano (C ₆ H ₁₄)	0,14
Heptano (C ₇ H ₁₆)	0,09
Octano (C ₈ H ₁₈)	0,05
Nonano (C ₉ H ₂₀)	0,02
PROPRIEDADE	VALOR
Massa Específica	18,77kg/m ³

Fonte: PETROBRAS