

# Uma odisséia

Julio Verne se espantaria com a rapidez com que a indústria submarina evolui – não só em termos militares e bélicos, como também no que diz respeito às atividades econômicas marítimas, que demandam tecnologias cada vez mais avançadas, como a exploração de petróleo e gás em águas profundas.

Em poucos anos, a indústria de produtos e serviços submarinos passou de um pequeno nicho para um dos maiores mercados da indústria *offshore*. E se na década de 1970 as companhias ainda lutavam com enormes problemas para operar nas águas relativamente rasas das plataformas continentais, a 100 ou 200 m, hoje a indústria pode contar com equipamentos já qualificados para uso em até 3.000 m de lâmina d'água.

por Cassiano Viana



No início da década de 1970, as operações de exploração submarina começavam a se expandir quando eclodiu a crise do petróleo em 1973. O que se deveu à decisão dos países árabes da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep) de aumentar o preço do petróleo em mais de 300%. Foi uma represália do mundo árabe ao apoio dado pelos Estados Unidos a Israel na ocupação de territórios palestinos, durante a Guerra do Yom Kippur (Dia do Perdão). O fato, cujas consequências perdurariam por mais de uma década, acabou por dar um caráter de urgência à busca de novas reservas fora do Oriente Médio. As companhias aprenderam então a enfrentar as dificuldades de trabalho no meio ambiente marítimo e moveram-se decididamente para além da costa, para melhor explorar as bacias sedimentares sob o leito do mar em águas cada vez mais profundas.

# submarina



Ilustração: Banco de Imagens Petrobras



Foto: Banco de Imagens Aker Solutions



Foto: Banco de Imagens Petrobras



Foto: Banco de Imagens ABB



A INCLUSÃO DE SEPARADOR SUBMARI-  
NO OU O BOMBEA-  
MENTO MULTIFÁSICO  
NO CONCEITO *SUB-  
SEA TO BEACH* AINDA  
VÃO SER TESTADOS.  
NO CASO DO BRASIL  
ESTE CONCEITO DEVE  
SER AVALIADO COMO  
POSSÍVEL OPÇÃO  
PARA OS CAMPOS DA  
CAMADA PRÉ-SAL.



Segen Estefen,  
diretor de Inovação e Tecnologia da Coppe/UFRJ  
e coordenador geral do Laboceano

Depois de pouco mais de três décadas, a demanda, expectativas e perspectivas em torno da maior produção marítima apoiada nas tecnologias submarinas são bem mais do que consideráveis. Segundo a Administração de Informação de Energia dos Estados Unidos (Energy Information Administration/EIA), o volume de petróleo extraído de campos em águas profundas irá praticamente dobrar entre 2005 e 2010, para cerca de 11 milhões de barris por dia. Estima-se que o investimento de capital em petróleo de águas profundas aumentará para US\$ 25 bilhões por ano por volta de 2012, quase o dobro do investimento em 2003.

Com a produção diminuindo nos campos maduros, o medo crescente de que a produção mundial de petróleo esteja perto do nível máximo e do declínio (o tão falado *peak oil*), as águas profundas de países como Brasil são o destino certo.

No entanto, a exploração do potencial de óleo e gás submarinos não é das mais fáceis. Cada passo em águas profundas ou em condições adversas sobrecarrega a capacidade técnica da indústria e faz crescer os custos; requer desenvolvimento de equipamentos e técnicas cada vez mais sofisticadas e mais caras.

Para se ter uma idéia, se na década de 1970 os custos diários do aluguel de uma plataforma semi-submarina era algo entre US\$ 40 a 50 mil, atualmente cobra-se até US\$ 600 mil diários por uma plataforma para águas ultraprofundas.

Naquela época, as companhias petrolíferas enfrentavam enormes problemas para operar em águas relativamente rasas das plataformas continentais (menos de 200 m de profundidade), mas hoje a indústria pode contar com equi-

pamentos já qualificados para uso em até 2.500 m a 3.000 m de lâmina d'água.

No final da década de 1960, os custos de construção de uma plataforma eram de US\$ 3 a 5 milhões. Em dez anos, os valores saltaram para US\$ 200 a 300 milhões, excluindo os custos de perfuração. Hoje, a construção de uma nova plataforma de perfuração em águas profundas, com capacidade de realizar explorações em profundidades acima 2.000 m, custa entre US\$ 525 milhões a US\$ 625 milhões, contra os US\$ 300 milhões a US\$ 400 milhões necessários no final da década de 1990.

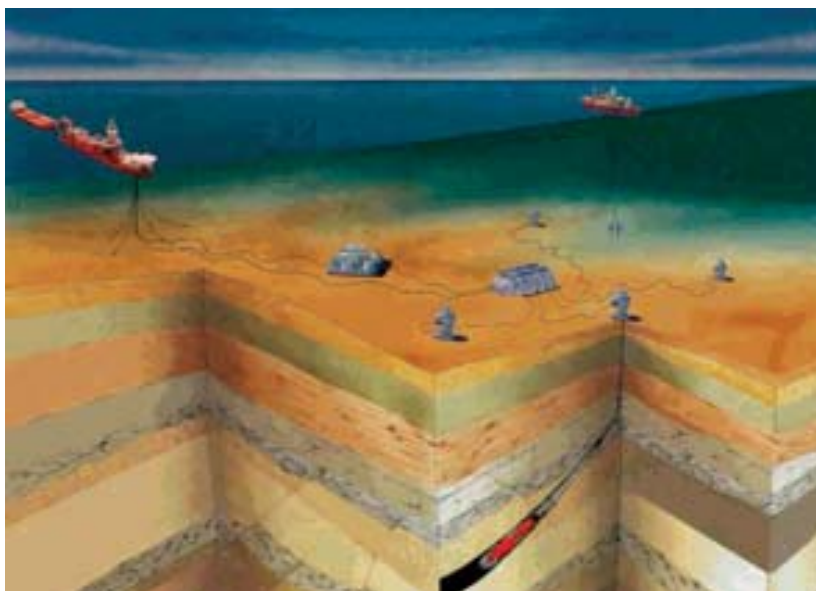
Ainda na mesma linha comparativa, na década de 1970, o capital exigido para desenvolver um grande campo de petróleo, em áreas difíceis, era em torno de US\$ 7 mil por barril/dia. Atualmente, o custo médio previsto para a exploração e produção de um campo como Tupi é de US\$ 30 bilhões, com todos os módulos de produção, incluindo plataformas, dutos e perfuração de poços, cada um na faixa de US\$ 100 milhões.

### Estado-da-arte

O fato é que em poucos anos, a indústria de produtos e serviços submarinos passou de um pequeno nicho de mercado da indústria *offshore* para um dos maiores da atividade petrolífera. De acordo com o Infield Systems (empresa de consultoria e análise, com sede em Londres) as previsões de investimentos de capital em sistemas submarinos chegarão a US\$ 44,6 bilhões até 2010. O que representa um crescimento de 94% desde 2005. O Infield estima que um total de 2.060 poços submarinos serão perfurados até 2010.

Os avanços tecnológicos em equipamentos *subsea* visam dar maior autonomia aos sistemas submarinos de produção. Entre as soluções mais inovadoras estão os sistemas submarinos de separação de óleo e gás natural, bombas multifásicas e dutos que combinam alta resistência estrutural com isolamento térmico (dutos sanduíche).

Historicamente, a competência e a capacidade (inteligência) da indústria *subsea* tem se concentrado na Noruega, Houston (EUA) e Brasil. No entanto, ela vem se tornando uma atividade global nos últimos anos, tendência que se consolidará no futuro. É uma indústria jovem, presente em 47 países (segundo a Infield, a perspectiva é de que até 2010 sejam 59) com atividades sobretudo no Brasil, Oeste da África e no Golfo do México.



Sistema de produção *subsea* para o Campo de Tupi, Bacia de Santos

Os equipamentos submarinos estão cada vez mais sofisticados para atender às demandas das companhias petrolíferas que desenvolvem atividades em águas cada vez mais profundas. Altas pressões e baixa temperatura re-

querem projetos especiais e, neste sentido, evoluíram muito em relação a equipamentos utilizados em águas rasas. Os novos materiais e uso de materiais compostos vêm sendo estudados para ambientes dia a dia mais hostis.



**ARCTEST**  
SOLUÇÕES EM ENGENHARIA

SOLUÇÕES EM E.N.D. E INSPEÇÕES INDUSTRIAIS

Empresa Certificada  
em Sistema de Gestão  
ISO 9001:2000



**RADIOGRAFIA CONVENCIONAL**

IR-192 | SE-75 | CO-60 | RX

**RADIOGRAFIA DIGITAL COMPUTADORIZADA**

CORROSÃO - SOLDA

**ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS CONVENCIONAIS**

US | ME | EVS | LP | PM

**ULTRA-SOM AUTOMATIZADO COM REGISTRO CONTÍNUO**  
SOLDA DE DUTOS E EQUIPAMENTOS

**ULTRA-SOM B-SCAN MANUAL**  
PERFIL DE TUBULAÇÕES

**ULTRA-SOM AUTOMATIZADO COM REGISTRO CONTÍNUO**  
MEDIÇÃO DE ESPESSURA DE TANQUES

**INSPEÇÕES INDUSTRIAIS**  
MECÂNICA | ELÉTRICA  
INSTRUMENTAÇÃO | SANEAMENTO

**INSPEÇÃO DE MATERIAIS E RECEBIMENTO**

**DILIGENCIAMENTO E INSPEÇÃO DE FABRICAÇÃO**

**AUDITORIAS TÉCNICAS**

**LAUDOS TÉCNICOS E CERTIFICAÇÕES**  
API | ASME | ISO

**IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE C.Q.**

**INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS**  
AVALIAÇÃO DE VIDA REMANESCENTE

**MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**  
SOLUÇÕES DE ACESSO E SUPORTE À INSPEÇÃO



Foto: Geraldo Falcão, Petrobras

No entanto, a maior evolução está na forma como é tratado o sistema submarino na produção *offshore* de petróleo. Hoje, os equipamentos são projetados de forma integrada – do poço no fundo do mar às unidades de produção flutuantes – e são adequados segundo a característica de óleo e gás do reservatório que está sendo explorado.

De acordo com o diretor de Inovação e Tecnologia da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de

Janeiro (Coppe/UFRJ) e coordenador geral do Laboratório de Tecnologia Oceânica (Laboceano), Segen Estefen, o maior avanço tecnológico está associado ao conceito *subsea to beach*, no qual conjuntos de poços são conectados, através das árvores-de-natal, a *manifolds*, que, por sua vez, transportam a produção por meio de dutos rígidos até terra firme. Este é o sistema aplicado ao campo norueguês de Ormen Lange. “Todavia, a inclusão de separador submarino ou o bombeamento multifásico no con-

ceito *subsea to beach* ainda vão ser testados”, ressalta.

“No caso do Brasil este conceito deve ser avaliado como possível opção para os campos da camada pré-sal”, explica Segen. Ele acrescenta que, devido à grande distância da costa, a garantia de escoamento é um dos pontos fundamentais, que deve ser avaliado no contexto de dutos que propiciem o necessário isolamento térmico para evitar possíveis bloqueios da linha por formação de parafina, no caso do óleo, ou de hidratos, no caso de gás.

Para o professor da Coppe, no que diz respeito aos modelos inovadores, que representarão um marco tecnológico real, a instrumentação dos poços para a aquisição de dados *on-line* da pressão, temperatura e vazão – os chamados ‘poços inteligentes’ –, deverão ter grande importância na produção dos campos da camada pré-sal. “Bombas de poços também deverão ser utilizadas em função da grande profundidade dos poços e, conseqüente dificuldade na elevação do óleo”, destaca.

### Novos paradigmas

Para o professor **Kazuo Nishimoto**, do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli/USP), a Petrobras, por meio do Cenpes (seu Centro de Pesquisas) e de parcerias com instituições de pesquisa do país, vem desenvolvendo várias tecnologias para produção de petróleo em águas profundas e ultraprofundas, conquistando auto-suficiência em petróleo e a perspectiva de se tornar exporta-



## Brasileiros na SUBSEA 08

Em fevereiro deste ano, o governo britânico, através do UK Trade & Investment, convidou representantes de empresas do Brasil, Estados Unidos e Índia para participar de uma missão comercial com objetivo de ampliar seu conhecimento sobre os produtos e serviços de *subsea* do Reino Unido. A delegação brasileira contou com a participação de executivos, incluindo o Cenpes e as Gerências de Interligações Submarinas e de Tecnologia Submarina de E&P da Petrobras.

O ponto alto da missão foi a visita à Feira Subsea 08 considerada uma

das principais vitrines mundiais para a exibição de produtos e serviços para as atividades submarinas de petróleo. A feira contou com 90 expositores – em sua maioria com grande experiência no Mar do Norte.

Os membros da missão visitaram a Universidade de Newcastle e as seguintes empresas na região: The Engineering Business, SMD Hydrovision, Wellstream, Duco e Bel Valves. Após três dias, a missão seguiu para Aberdeen, onde visitou a Universidade de Aberdeen e as empresas Brinker Technology, National Hyperbaric Centre e Nautronix.

dora superavitária em futuro próximo.

Contudo, além da profundidade (lâmina d'água) existem outros desafios abaixo do solo marinho que tornam ainda mais complexa a produção de petróleo na costa brasileira. "A camada salina existente acima do reservatório de petróleo e gás dificulta muito a perfuração e completação do poço – isto graças à fluência destas formações. Todos estes fatores complexos exigem novas tecnologias de perfuração e completação de poços", explica o Nishimoto. "As descobertas estão cada vez mais distantes da costa, exigindo das operadoras uma infra-estrutura mais autônoma e complexa, se comparada com as já existentes na Bacia de Campos e outras áreas", acrescenta.



Para Nishimoto, neste cenário, existem várias tecnologias em desenvolvimento no país para viabilizar a produção de petróleo e gás em águas profundas. Entre as principais inovações, ele destaca as árvores-de-natal (conjunto de válvulas) e *manifolds* submarinos que assegurem maior autonomia e operem em condi-

ções adversas em profundidades cada vez maiores; sistemas de perfuração e completação de poços horizontais considerando as camadas salinas; unidades flutuantes otimizadas com equipamento de processamento de óleo e gás no convés e com capacidade de armazenamento (FPSO de óleo e gás); sistema de *risers* flexíveis e *risers* rígidos em Catenária (SCR) para serem usados em ambientes de altas pressões e águas de mais de 2.800 m de profundidade.

"Por outro lado", avalia, "a instalação e análise de viabilidade de operacionalização destes equipamentos caros não são nada fáceis também e exigirão maior cuidado e avaliação dos procedimentos de instalação e operação." Por exemplo: a insta-

## Laboceano – O maior tanque oceânico do mundo

Capaz de reproduzir as principais características do meio ambiente marinho e simular fenômenos que ocorrem em lâminas d'água superiores a 2.000 m de profundidade, o Laboratório de Tecnologia Oceânica (Laboceano) da UFRJ representa um suporte tecnológico estratégico para o Brasil, que possui mais de 90% de suas reservas de petróleo concentradas no mar, e para as indústrias do setor petrolífero e naval. Em operação desde abril de 2003, o tanque oceânico comporta 23 milhões de litros de água e sua altura corresponde a um prédio de oito andares. Hoje, só existem no mundo duas instalações com características similares às do tanque, que tem 15 m de profundidade e mais 10 m adicionais em seu poço central: o Marintek, na Noruega, com 10 m, e o Marin, na Holanda, com 10,5 metros.

Para viabilizar a construção do laboratório foram investidos R\$ 16,1



milhões: R\$ 15 milhões provenientes dos *royalties* do petróleo, repassados pela Finep (Financiadora de Estudos e Projetos) através do fundo setorial CT-Petro, do Ministério de Ciência & Tecnologia, e R\$ 1 milhão concedido pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro, através da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj).

Ao longo dos anos, o Laboratório tem propiciado o surgimento de inovações tecnológicas e melhoria no desempenho de equipamentos. Com base no resultado de testes, surgiram

novas concepções de unidades flutuantes e procedimentos de instalação de equipamentos submarinos para indústrias de óleo e gás.

No tanque é possível simular com precisão as condições ambientais a que o sistema *offshore* será submetido ao ser instalado no fundo do mar. Ventiladores próximos ao espelho d'água são capazes de produzir ventos a uma velocidade que pode atingir 12 m por segundo, com direções e variações pré-programadas. Tais equipamentos possibilitam submeter os modelos a ventos equivalentes a tufões e ciclones que podem chegar a velocidades de 150 km/h no mar. Sofisticados sistemas podem gerar ondas multidirecionais de até 0,50 m de altura, com períodos de 3 a 5 segundos. Na escala de 1/100, o tanque pode gerar, por exemplo, ondas que equivalem a 30 m de altura, reproduzindo, neste caso, uma situação extrema, mais próxima do ambiente oceânico do Mar do Norte.

lação de um sistema submarino de bombas, *manifolds* e árvores-de-natal e linhas de *risers* em águas ultraprofundas, utilizando rebocadores marítimos, requer cuidados especiais. "A janela de operação deve ser cuidadosamente avaliada para evitar o risco de perda de equipamentos de alto valor agregado", diz Kazuo Nishimoto. Segundo ele, as empresas de petróleo vêm desenvolvendo novas formas de extrair petróleo e gás investindo maciçamente em equipamentos submarinos como as unidades de produção submarina autônoma, equipamentos ecologicamente mais corretos, formas de seqüestro de CO<sub>2</sub> etc., que preservam o meio ambiente.

O Tanque de Provas Numérico (TPN) da Universidade de São Paulo (USP) vem desenvolvendo capacitação de análise de instala-

ção de equipamentos submarinos, além de ajudar na validação das unidades flutuantes de produção ao longo destes anos. O simulador acoplado do TPN tem capacidade de analisar várias condições de instalações destes equipamentos, viabilizando e definindo a janela operacional.

Nishimoto explica que, movidos pela necessidade das empresas, os avanços tecnológicos são regionais: "Cada local tem desenvolvimento tecnológico para atender aos requisitos regionais. Por exemplo, no Golfo do México, é fundamental garantir a segurança e a preservação do meio ambiente em condições extremas, como os furacões. Um cenário que não existe no Brasil. Por outro lado, os óleos descobertos no país são mais pesados e necessitam de equipamentos apropriados para sua produção, além de

estarem em reservatórios cada vez mais profundos."

Desta forma, os avanços tecnológicos vêm acompanhados de necessidade intrínseca do local onde a extração é realizada. "Porém, o que pode ser notado em comum em todas as regiões do mundo é que a produção de petróleo e gás está ocorrendo em águas cada vez mais profundas. E há uma clara tendência de aproveitamento maior de gás e outras formas de hidrocarbonetos além de petróleo", afirma.

Nishimoto opina que o desafio maior da Petrobras está nos novos campos da Bacia de Santos devido às condições das reservas encontradas. "Porém, existe também o desafio da Petrobras no Golfo do México, onde a companhia será a primeira a instalar um FPSO de produção de petróleo numa região onde, até então, este

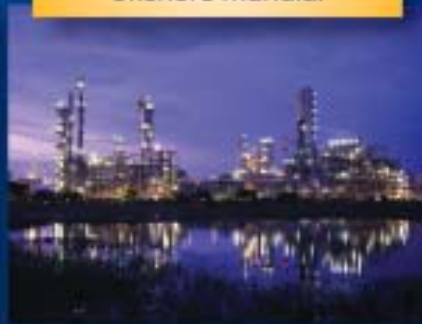


## Protective Coatings

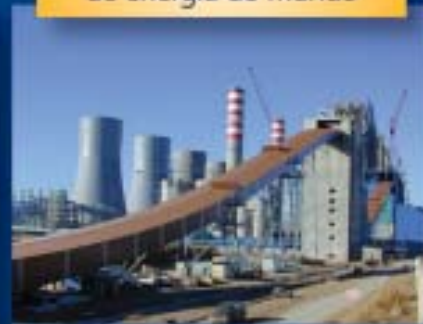
Aker H-6 – a maior sonda de perfuração no mercado mundial



Kashagan – o maior campo de petróleo offshore mundial



Afsin-Elbistan B – uma das maiores usinas de geração de energia do mundo



A Jotun protege algumas das maiores estruturas do mundo combinando inovação, experiência e confiabilidade

Jotun Brasil – Est. São Lourenço, 751 - Duque de Caxias - RJ - Cep 25243-150 tel: 0xx21 2776 1313 fax: 0xx21 2776 2263

Mais informações em: [www.jotun.com](http://www.jotun.com) [tintas@jotun.com.br](mailto:tintas@jotun.com.br)

tipo de unidade era proibido", avalia. Apesar de os desafios serem completamente diferentes, há em comum o desenvolvimento integrado de sistema de produção. "Hoje, a unidade de produção escolhida depende dos equipamentos submarinos e vice-versa."

Para o professor da USP, no caso da Bacia de Santos, onde há grandes reservas de gás natural, as unidades de produção devem ter sistema de processamento e até armazenamento de gás em alto mar, distante da costa. E não existem experiências, em outros lugares do mun-

do, com este tipo de unidade operando em águas ultraprofundas.

No caso do Golfo do México, há a possibilidade de se utilizar um FPSO de forma cilíndrica, a MonoBR, desenvolvido pela Petrobras juntamente com os centros de tecnologia (ICTs), com casco otimizado para suportar condições extremas de mar e atendendo a todas as exigências da guarda-costeira americana – a United States Coast Guard (USCG) – e o Serviço de Administração de Minerais dos EUA (Minerals Management Service/MMS), que são rigorosíssimos em relação à segurança (patrimonial e humana) e poluição do mar. "Ambos os projetos podem ser considerados marcos tecnológicos reais e inovadores se os sistemas forem instalados e começarem a produzir óleo e gás", conclui.



## Tanque de Provas Numéricas: realidade virtual

O Tanque de Provas Numérico (TPN) do Departamento de Engenharia Naval da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP) é outro laboratório pioneiro em hidrodinâmica aplicada e fruto da colaboração entre a Petrobras e as principais instituições de pesquisa do país. Seu principal objetivo é atuar como parceiro da indústria *offshore*, funcionando como poderosa ferramenta para projeto e análise de sistemas flutuantes de produção de óleo e gás.

No TPN é possível, por exemplo, simular o comportamento dinâmico das diversas estruturas flutuantes acopladas aos seus sistemas de ancoragem e *risers*, levando em consideração diversos aspectos como topografia do fundo do mar e ação das condições ambientais, mesmo em arranjos complexos de estruturas flutuantes.

Uma análise tão complexa como esta requer grande esforço numérico para que a simulação se aproxime da realidade, viabilizando a avaliação de projetos com rapidez, baixo custo e com resultados confiáveis. Assim, atuando de maneira complementar a um tanque de provas convencional, o TPN pode executar ensaios, gerando relatórios e arquivos do mesmo modo. Mas, diferentemente de um tanque físico, o TPN pode fornecer centenas ou milhares de análises de maneira direta, mais rápida e econômica.

lises de maneira direta, mais rápida e econômica.

O coração do tanque é um *cluster* de computadores (120 processadores atualmente, expansível até 400), que hoje é um dos maiores agrupamentos do Brasil para fins de pesquisa. Além do núcleo numérico, o TPN tem conduzido pesquisa e desenvolvimento em computação gráfica sobre diversas plataformas, sendo esta agora a segunda grande linha de trabalho do laboratório.

O TPN tem sido usado com grande sucesso no desenvolvimento e estudo de novas tecnologias de exploração de petróleo em águas profundas. Dentre os novos sistemas analisados, a bóia de sub-superfície/SSB (ou boião) é um bom exemplo. O sistema tem a grande vantagem de suprimir os movimentos de primeira ordem do boião, uma vez que este fica a 100 m de profundidade, permitindo, assim, a utilização de SCRs.

O conjunto é formado pelo sistema flutuante de produção – mais o boião, com os *jumpers* e *risers* modelados no TPN. Em função da grande complacência de seu sistema de amarração, o boião fica sujeito às cargas de correnteza. Assim, a análise acoplada de todo o sistema é de primordial importância para a correta avaliação dos passeios do boião e das conseqüentes tensões nos *jumpers* e *risers*.

### Desafios escondidos

Com a crescente demanda de energia e os altos preços de sondas, a manutenção e intervenção em poços submarinos é uma tarefa cada vez mais dispendiosa. Daí o desenvolvimento de tecnologias que diminuam a necessidade de se utilizar estas sondas, assim como a de manter ou intervir em um poço submarino: poços inteligentes que, juntos, formariam o campo inteligente (ou e-campo); ferramentas de completação de poços com controle remoto; sensores de fundo de poço com monitoramento remoto; *risers* flexíveis e leves; tubos de capilaridade para poços submarinos; barcos de intervenção de poços submarinos (evitando, assim, sondas tradicionais e de alto custo); soluções para melhor *flow assurance* em ambientes de baixa temperatura, longas distâncias até terra firme; tecnologia de automação e de controle remoto etc.

"Daqui a dez anos creio que barcos de intervenção em poços submarinos (*riser flexível*, flexitubo submarino, por exemplo) e a nanotecnologia (quem sabe não a picotecnologia, que vai trabalhar com dimensões ainda mais ínfimas) trará grande impacto para a indústria. Isto porque vai, certamente, melhorar a capacidade de recolher dados de fundo de poço, sem necessidade de serem pré-instalados (ou seja, sensores que poderão ser bombeados para dentro do poço e a partir daí enviar dados importantes para se tomar decisões cruciais sobre o que fazer com o poço). Ou microcâmeras que ajudarão a visualizar os diferentes componentes de poços independentes de óleo, gás, multifásico etc.", enumera **Ricardo Aboud**, gerente da área de desenvolvimento da BJ Services.

Os principais produtos hoje da BJ estão na área de estimula-

ção de poços, com dois barcos de estimulação trabalhando para a Petrobras e um terceiro em construção no Brasil (que já foi feito pela BJ no Brasil) e a maior frota de fraturamento hidráulico para terra no Brasil, unidades de cimentação e bombeio de última tecnologia, com controle remoto, tubos de capilaridade para poços submarinos, unidades de intervenção de poços (flexitubo), com ferramentas de intervenção de alta tecnologia.

Para Aboud, no Brasil destacam-se o avanço em árvores submarinas (sendo que todas as principais empresas do setor atuam no país) e tecnologias de ponta como ferramentas de completação, perfuração direcional, ele-



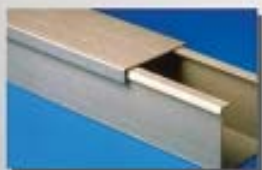
vação de petróleo e gás e de controle de areia. "Este é um mercado dinâmico. Basta ver imagens de árvores-de-natal em três décadas diferentes para notar a evolução! O fato é que todas as áreas do petróleo evoluem a um ritmo infinitamente maior que há dez, 15 anos."

"O marco tecnológico real será quando tivermos os barcos de intervenção em poços submarinos e equipamentos de fundo de poço que nos permitam aumentar a produção de um poço sem os percalços mais comuns, como a produção prematura de água, incrustações minerais, parafinas, graxas, asfaltenos, hidratos, sólidos, etc..

No que diz respeito aos custos das operações, produtos e serviços, Aboud considera que o que está ocorrendo é nada menos que a lei da oferta e procura: quando



# TECNOLOGIA EXCLUSIVAMENTE A SEU FAVOR.



PULTRUDADOS  
ELETROCALHAS  
LEITOS PARA CABOS  
GRADES DE PISO  
GUARDA-CORPOS  
ESCADAS



A ENMAC é referência em tecnologia de materiais em fibra de vidro e conta com um respeitado departamento de pesquisa e desenvolvimento para a geração dos melhores produtos para seus clientes.

Pabx: 55 11 6489-5200  
Fax: 55 11 6489-5203  
www.enmac.com.br  
enmac@enmac.com.br



Foto: Divulgação Aker Solutions

a demanda é muita e a oferta é pouca, o preço sobe.

“Um fator que impulsiona a demanda é o preço do barril de óleo, hoje na casa de US\$ 120/ barril, enquanto que a maioria das operadoras fez seu planejamento estratégico para valores 50% menores que este. Então, para operadoras de grande produção (como a ExxonMobil, Chevron, Petrobras, BP, Total etc.), há lucros recordes.”

### Soluções integradas

“As tendências para o setor *subsea* estão voltadas para a geração de novos conceitos de serviços, que ofereçam soluções integradas, completas”, comenta o gerente de Tecnologia Subsea da Aker Solutions, Maurício Barbosa. Por isso, a empresa concentra seu portfólio em produtos, principalmente em sistemas, equipa-

## Babel submersa

NASCIDO EM 1828, EM Nantes, França, **Julio Verne** é considerado o precursor da ficção científica, tendo feito em seus livros predições sobre o aparecimento de avanços científicos como submarinos, máquinas voadoras e viagens à Lua.

Sua primeira grande novela de sucesso foi publicada em 1862: *Cinco semanas em um balão*. A partir daí, quase todos os anos, publicava-se um novo livro seu, dentre eles: *Viagem ao centro da terra*; *Da terra à lua*; *Uma cidade flutuante*; *A volta ao mundo em oitenta dias*; *O raio verde*; *Robur, o Conquistador*; e *Vinte mil léguas submarinas*.

Publicado pela primeira vez em 1870, o *Vinte mil léguas* é uma de suas obras literárias mais famosas. Nessa aventura, que inspirou muitos engenheiros navais, Verne transporta o leitor pelos quatro cantos do mundo,



lugares exóticos e profundidades inexploradas até então, no interior do indevassável submarino *Nautilus*, comandado pelo enigmático Capitão Nemo, comandante de uma tripulação de diversas nacionalidades.

Verne é o escritor mais traduzido em toda a história da literatura. Suas *Vinte mil léguas submarinas* inspiraram outra lenda da exploração dos oceanos: o também francês **Jacques Cousteau**, que foi oficial da Marinha Mercante e

inventor do *aqualung*, equipamento de mergulho autônomo que substituiu os pesados escafandros, e participou como piloto de testes da criação de aparelhos de ultra-som para levantamentos geológicos do relevo submarino e de equipamentos fotocinematográficos para trabalhos em grandes profundidades.

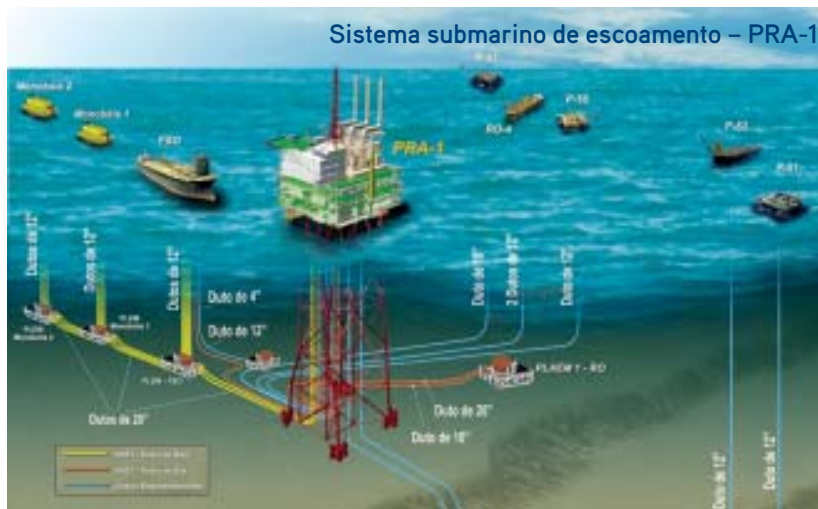
Em 1965, o explorador náutico – que junto com Verne ajudou a povoar todo o imaginário de gerações, com a produção de quatro longas-metragens e 70 documentários para televisão –, criou uma casa submarina onde seis pessoas viveram por um mês a 100 m de profundidade! Uma realidade cada vez mais próxima?



Foto: Divulgação

mentos submarinos e serviços correlatos, ligados às etapas de perfuração, completação e produção de óleo e gás. Dentre os principais produtos estão as árvores-de-natal molhadas, os sistemas de conexão, estruturas submarinas (PLETs, PLEMs, *Manifolds*), sistemas de controle multiplexado, sistemas submarinos de bombeamento/separação de óleo e gás, sistemas de *risers* rígidos de perfuração, umbilicais de tubos de aço e sistemas de superfície.

“O parceiro ideal dos negócios será aquele que conseguir oferecer operações integradas em áreas chave do negócio, como: tecnologias submarinas e controle do poço; operações marítimas para águas profundas e serviços de poços”, afirma. No Brasil, a companhia está executando projetos para a Petrobras, Subsea 7, Technip e Queiroz Galvão. No exterior, para



a Reliance Industries (Índia), Total (África), Shell (Mar do Norte), StatoilHydro (Mar do Norte, Ormen Lange, Tyrihans, Gjoa), Woodside (Austrália), BP (GoM), CNOOC (China), entre outros.

Observando o movimento do setor, Barbosa aponta algumas variáveis que irão influenciar os avanços tecnológicos ao redor do mundo, como o desenvolvimento

de tecnologia ambiental, de exploração, recuperação de poços, operações de intervenção e perfuração mais rentáveis, melhorias no processamento e transporte submarinos, aumento nos investimentos em tecnologia de águas profundas e gás, além da oferta de operações integradas.

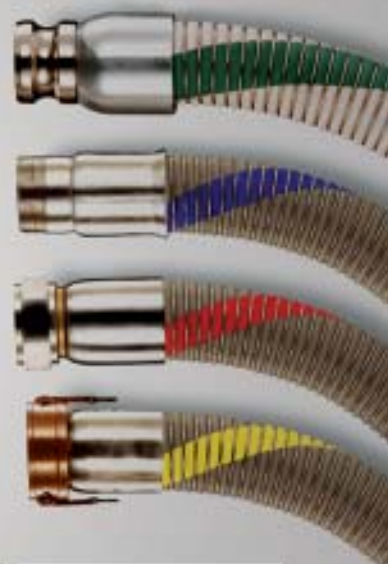
“A evolução dos equipamentos submarinos está diretamente re-

**POLEODUTO**

*Seriedade no que faz!*

**Alto padrão,  
competitividade  
e pontualidade.**

- ELETROCALHAS
- LEITOS PARA CABOS
- PERFILADOS
- TUBOS FLEXÍVEIS
- PRENSA-CABOS
- MANGUEIRAS COMPOSTAS



Com diversas linhas de produtos, a POLEODUTO garante procedimentos de alto padrão e oferece competitividade e pontualidade. A combinação ideal entre tradição e modernidade para superar as necessidades de instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas.

Pabx: 55 11 6413-1200  
Fax: 55 11 6413-1201  
www.poleoduto.com.br  
poleoduto@poleoduto.com.br



Foto: Divulgação Subsea7

lacionada com a profundidade de operação do equipamento. Ou seja, com a descoberta de áreas de exploração mais profundas, houve a necessidade de se adaptar a tecnologia dos produtos submarinos para suportar maior pressão externa, gerando conseqüências no funcionamento de válvulas, atuadores e conectores", explica, acrescentando que há, obviamente, outras variáveis, como composição do óleo, grau API do óleo, pressão de trabalho e temperatura do fluido produzido.

### Fábrica de risers

"Ao longo dos seus 13 anos de atuação no Brasil, a Aker Solutions vem fazendo grandes investimentos em pesquisas e desenvolvimento, a fim de adaptar seu portfólio de produtos à realidade do mercado", diz o presidente da Aker Solutions Brasil, **Marcelo Talois**. "Como exemplo desta evolução, podemos citar as modificações realizadas nas árvores-de-natal molhadas. Em 1997, entregamos nossa primeira ANM, que operava a 1.000 m de profundidade. Dez anos depois, produzi-



mos equipamentos capazes de operar em profundidades de até 3.000 metros."

Para o pré-sal, o portfólio de produtos que a Aker Solutions desenvolve no Brasil não necessitará de adaptação para atender às demandas dos projetos de novas fronteiras. "Nossos novos desenvolvimentos serão em função da necessidade de atendermos aos requisitos de operação com alta temperatura e alta pressão", assegura.

Em abril, junto com a divulgação da nova identidade corporativa, a Aker Solutions anunciou o contrato de três anos com a Petrobras para o fornecimento de equipamentos produção de petróleo. O valor do negócio, que inclui o fornecimento de 45 árvores-de-natal, seis conjuntos completos de ferramentas, acessórios e peças sobressalentes foi de US\$ 223 milhões. Todo o processo será gerenciado pela unidade fabril de Curitiba. As entregas começam no terceiro trimestre de 2009, com conclusão prevista para fim de 2011.

"O pedido demonstra nosso compromisso, tanto com a Petrobras quanto com o mercado brasileiro, e garante a previsibilidade das entregas e o foco em longo prazo" afirma Talois.

O grupo norueguês também inaugura em junho, no Condomínio Industrial de Rio das Ostras, a Zona Especial de Negócios (ZEN), Rio de Janeiro, a primeira fábrica de *risers* (dutos que ligam plataformas a campos submarinos de petróleo) do país. O empreendimento teve um investimento de R\$ 10,4 milhões para uma área de 13 mil m<sup>2</sup>.

Atualmente, existem no mundo apenas cinco grupos com tecnologia para a fabricação de tais equipamentos.

### Somatório de conhecimentos

Uma das maiores empresas mundiais de engenharia e construção submarina, a Subsea7, acaba de completar os trabalhos de instalação de dutos rígidos para os projetos PDEG na Bacia de Campos e para os Projetos de Mexilhão, Canapu, P-51 e P-53 nas Bacias de Campos, Santos e Espírito Santos, ambos para a Petrobras. A embarcação responsável pelas instalações dos dutos rígidos de até 12" em lâmina d'água que variaram de 200 a 1.600 m foi o *Seven Oceans*, construído na Holanda e equipado com tecnologia de ponta para realização deste tipo de trabalho. Também em maio, a Subsea7 batizou a embarcação de *Seven Seas*, equipado com o que existe de mais moderno para lançamento de linhas flexíveis e umbilicais em lâmina d'água de até 3.000 m.

"O Brasil é uma região muito importante para nossa empresa, onde estamos presentes há mais de 20 anos. Recentemente começamos a operar nossas mais modernas embarcações no país. Estamos presentes na maioria dos projetos de instalação submarina no Brasil e procuramos sempre responder aos desafios tecnológicos que se apresentam em

águas profundas no Brasil”, comenta o Diretor Comercial e Novos Negócios da Subsea7, **Rachid Félix**. “Em quase todo óleo que se produz no Brasil há uma participação do nosso trabalho, seja para a Petrobras, seja para as outras operadoras que estão produzindo no país.”



Segundo Rachid, sempre que há um salto, de reservas ou de necessidades, isso gera novos desafios. “A produção de petróleo é um somatório de conhecimentos, quando a operadora concebe o seu projeto, identifica suas demandas e a indústria é convocada a atender essa demanda desenvolvendo soluções inovadoras”. “Os serviços de construção submarina em águas ultraprofundas vão exigir, cada

vez, mais o desenvolvimento de novas tecnologias. A Subsea 7 sempre tenta se antecipar a estas necessidades.”

### Estado-da-arte

“Hoje os equipamentos como árvores e sistemas de bombes estão sendo projetados para 3.000 m de lâmina d’água. Por outro lado, a tecnologia vai seguir para campos mais profundos, não só a lâmina de água, mas também a profundidade do poço, o que demandará equipamentos que suportem a pressão também da

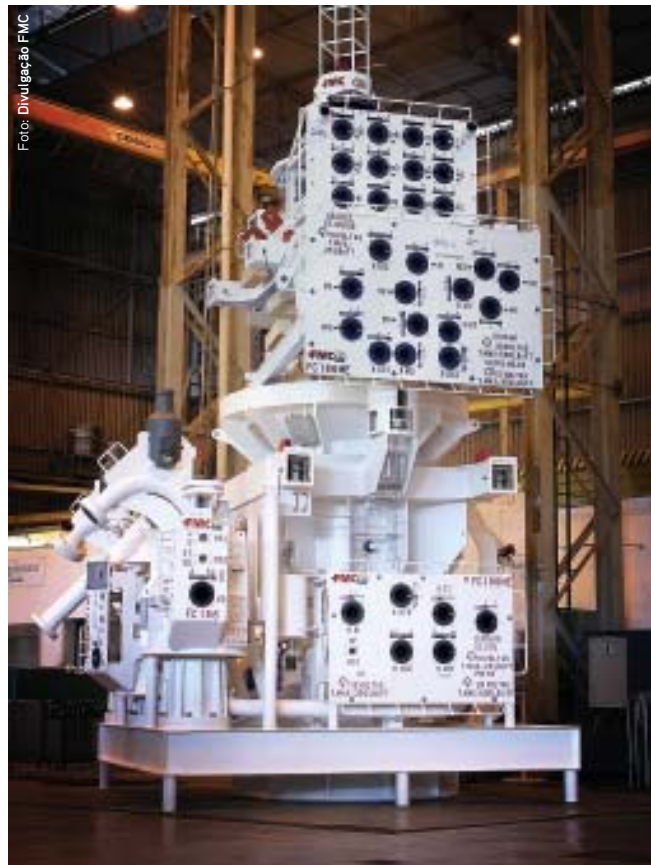


Foto: Divulgação FMC



**Medidores de Vazão**

**Sistemas de Medição**

**Laboratório de Vazão Mássica e Volumétrica**



Sistema de Injeção de Químicos da P54



Medidores de Vazão



*Está sendo construído o maior laboratório de calibração da América Latina*

20 anos de inovação!



Tel.: 55 \*\* (19) 2127-9400  
www.metroval.com.br



# Tecnologia nacional

OS GRANDES DESAFIOS existentes na engenharia *offshore* motivam os profissionais da área a trabalharem tendo em mente a necessidade de inovação contínua. Nesse universo surgem empresas nacionais com o objetivo de se antecipar às necessidades do setor, gerando soluções inovadoras dentro dos padrões internacionais de qualidade e segurança operacional.

Dentre as empresas nacionais que despontam como geradoras de tecnologias, trabalhando no estado-da-arte da engenharia *offshore*, está a Subsín. A Subsín é uma Empresa de Base Tecnológica (EBT), inserida no mercado de óleo e gás e que disponibiliza para o mercado dois diferentes tipos de serviços: engenharia para o setor *offshore*, provendo análise de *risers*, umbilicais, *risers* de perfuração, dutos rígidos, instalação de equipamentos subsea e fadiga e fratura e pesquisa e desenvolvimento (P&D) na área de inspeção, através do desenvolvimento de robôs.

Com sede no Rio de Janeiro, a empresa nasceu a partir de engenheiros da Coppe, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP). A ligação da empresa à inovação é evidenciada pelas patentes desenvolvidas. No último ano, a Subsín depositou três patentes internacionais: um robô para inspeção externa de *risers*, o *Load-Up*, que é um pórtico flutuante para auxílio a operações marítimas, e o Método-Y, metodologia que viabiliza a instalação de *manifolds* em águas profundas, eliminan-

do os problemas típicos de ressonância. As duas últimas patentes, voltadas para a instalação de equipamentos, propiciam expressiva redução de custos, rapidez na operação, segurança e confiabilidade na manobra.

"O robô para inspeção externa de *risers* flexíveis (Siris) tem por objetivo deslocar-se ao longo do comprimento do *riser*, impulsionado por propulsores e transportando um conjunto de sensores como profundímetro, hodômetro, acelerômetros, giroscópios, medidores de corrente e garrafa de VIV. A partir dos dados coletados por esses sensores, será feito um *reassessment* da vida à fadiga do *riser*", explica o diretor da Subsín, Melquisedec Santos.

Já o *Load-Up* é uma estrutura flutuante com empuxo modulável, configurado como um pórtico sobre seus flutuadores, capaz de içar cargas de grande tonelage transportada em um AHTS. "A estrutura é dimensionada para que o AHTS manobre entre seus flutuadores de forma a posicionar o centro de gravidade do equipamento diretamente abaixo do tambor do guincho que compõe a estrutura", explica ele, acrescentando que o conceito está calcado na aplicação da força necessária ao içamento diretamente sobre a carga a ser levantada, fazendo uso para isso do empuxo adicionado pelo bombeamento de ar comprimido em seus tanques de

flutuação, bem como pela tração proporcionada pelo cabo.

A estrutura é configurada para trabalhar sem tripulação, sem fontes de energia e sem tanques de combustível a bordo, devendo se locomover e posicionar a reboque de um segundo AHTS que leva em seu convés as fontes de energia necessárias ao trabalho e que são transmitidas aos equipamentos a bordo da estrutura por mangotes hidráulicos, pneumáticos e cabos elétricos.

Já o Método-Y consiste em uma técnica de instalação de equipamentos submarinos que tem por objetivo eliminar os problemas de ressonância típicos na instalação de equipamentos de elevado peso em grandes profundidades. "A combinação da massa do *manifold* na extremidade de um cabo e o comprimento do mesmo determinam a frequência de oscilação desse sistema. Uma vez que a frequência induzida pelo movimento da embarcação coincide com a frequência natural do sistema, ocorre o que se chama de 'ressonância'", explica o engenheiro da Subsín, **Cassiano Neves**. "Uma vez que o equipamento está na zona de ressonância, a amplitude do movimento do mesmo é amplificada, juntamente com os carregamentos nos cabos. Isso conduz muitas vezes à inviabilização da instalação do equipamento."

Segundo o engenheiro, o método-Y consiste na divisão do vetor de carga em dois, utilizando-se para isso de duas embarcações do tipo AHTS. Por meio do controle de variáveis como posição relativa de cada embarcação, comprimento de cabo de cada AHTS e velocidades de descida desses cabos, ocorre a operação de descida do equipamento, fazendo com que o mesmo ultrapasse a zona de ressonância com extrema segurança. "Em simulações realizadas para um *manifold* de 300 tf, verificou-se que a amplitude de movimento do equipamento para uma onda de 2 m de altura e 8 s de período foi de 9 m, enquanto que se o mesmo equipamento fosse instalado pelo método-Y, essa amplitude seria apenas de 2,7 m", comemora.

profundidade do poço”, comenta o gerente de contas da FMC Technologies em Houston, **Fernando Marcenaro**. “Então, estamos falando de 8.000 m ou mais. É um grande desafio.”

De acordo com Marcenaro, o equipamento, hoje, tem mais controles hidráulicos, mas, com a evolução, eles tendem a ter mais controles elétricos, de resposta mais rápida e que permita o trabalho a distâncias cada vez maiores. “Outra coisa que está se desenvolvendo mais rapidamente hoje é o processamento e bombeio submarino. Muitos campos, mesmo os de óleos mais pesados, já estão fazendo a separação da água e do óleo e da areia, debaixo do mar e não na superfície”, conta. “A FMC, em nível mundial, na Noruega e no Golfo do México, está focando muito em projetos deste tipo. Já é uma realidade enquanto operação, na Noruega,



por exemplo. Vamos fornecer para outros quatro campos, dentre eles, o Golfo do México, para a própria Petrobras e para a África.”

Para o executivo da FMC, tudo faz parte de um processo de aprendizado, em que o desenvolvimento obtido antes nunca é descartado. “O desenvolvimento pode ser aplicado em vários campos, dos *green fields* (campos novos) aos *brown fields* (campos maduros), nos quais a produção está descendo, podendo revitalizar a produção, tendo uma recuperação maior, aproveitando o campo ao máximo. Com essas novas tecnologias, você pode ter uma recuperação maior, acima dos padrões de 30 a 35%, que é o *standard*, para 50% de recuperação, o que,

para um país como a Noruega, significa muito. Não apenas do ponto de vista econômico, mas de meio ambiente, pois você está aproveitando os recursos e a infra-estrutura já disponíveis ao máximo possível”, avalia. “Para os próximos anos, acreditamos na expansão dessa tecnologia.”

“A FMC tem uma operação muito grande e há muito tempo no Brasil. São mais de 40 anos. Como toda a atividade petroleira no Brasil, a FMC cresceu muito. A empresa tem desenvolvido, em parceria com a Petrobras, tecnologia para águas ultraprofundas. A Petrobras é uma empresa muito boa e até agressiva no sentido de desenvolver e demandar novas tecnologias. Em grande parte porque o Brasil encontrou sua auto-suficiência em águas profundas. O *core business* da FMC está em águas profundas.”

## DETECÇÃO E LOCALIZAÇÃO DE VAZAMENTOS EM DUTOS



- ❖ Sistema acústico para detecção e localização de vazamentos em dutos de líquidos, gases ou multifásicos (SLDS);
- ❖ Sistema acústico de localização de PIGs (SPL);
- ❖ Detector e localizador remoto de metano / gás natural (RMLD);
- ❖ Gerenciamento de emissões fugitivas de gás natural / metano (DI&M);
- ❖ Serviços em projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL);
- ❖ Máquinas de corte e soldas internas e externas para dutos;
- ❖ Máquinas de curvamento para dutos;
- ❖ Equipamentos de revestimento de dutos;
- ❖ Equipamentos de lastreamento de dutos para áreas alagadas, arenosas e submarinas;
- ❖ Equipamentos de lançamento de dutos submarinos;
- ❖ Serviço de inspeção de dutos submarinos;
- ❖ Serviço de monitoramento de corrosão em dutos;



**TECNOLOGIA BRASILEIRA PARA PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE**

www.asel-tech.com.br  
contato@asel-tech.com.br

• São Carlos  
Av. Dr. Carlos Botelho, 1146 São Carlos - SP - Brasil  
CEP: 13561-003 FONE/FAX: 55 (18) 3411-3175

• Rio de Janeiro  
Av. Presidente Wilson, 231 - sala 505 - Centro - Rio de Janeiro - RJ  
CEP: 20030-021 Tel: 55 (21) 2103-7616 FAX: 55 (21) 2103-7699

# Pioneirismo brasileiro



Foto: José Caldas, Petrobras

Foto: Stéferson Faria, Petrobras

No Brasil, as décadas de 1980 e 1990 assistiram a sucessivas quebras de recordes de produção em águas profundas pela Petrobras. A cada patamar de aumento da lâmina d'água – de 100 m para 200 m, para 300, 400, até os atuais 2.000 m – novos desafios eram encontrados.

Em 1985, já havia em operação 33 plataformas fixas instaladas em águas de 10 m a 48 m de profundidade, no Nordeste, no sul da Bahia e no Espírito Santo. No mesmo ano, estava em andamento o projeto das sete primeiras plataformas inteiramente nacionais da Bacia de Campos. Iam operar a quase 100 m de profundidade.

Quando a profundidade das operações no mar de Campos alcançou a casa das centenas de metros, foi

preciso abandonar as plataformas fixas cravadas no fundo do mar e recorrer a estruturas flutuantes. Primeiro, foram as plataformas semi-submersíveis e as chamadas TLPs (Tension Leg Platforms). Logo depois, começaram a ser usados os navios-plataforma, antigos petroleiros convertidos em FPSOs.

A produção da Petrobras em águas profundas e ultraprofundas tem aumentado de modo sistemático. Em 2003, a produção de óleo diária doméstica mais alta da Petrobras foi de 1.640.509 bpd, da qual 64% em águas profundas e ultraprofundas. Essas cifras colocam a Petrobras como maior produtora em águas profundas do mundo, com cerca de 65% da área de seus blocos exploratórios *offshore* a profundidades de lâmina d'água de mais de 400 m.

Em 2006, a empresa alcançou a auto-suficiência em petróleo, com cerca de 70% de sua produção provenientes de águas profundas e ultraprofundas. Além disso, é provável que a maioria das novas descobertas esteja localizada em águas ultraprofundas.

A estatal possui hoje cerca de 65% da área de seus blocos exploratórios *offshore* em profundidades de água de mais de 400 m. Em consequência, nos últimos anos, a empresa tem aumentado suas atividades de perfuração exploratória em águas cada vez mais profundas.

“O desenvolvimento da tecnologia para equipamentos submarinos ligados à produção de petróleo tem sido executado de forma consistente desde o início dos anos 1980, possibilitando a produção em águas cada vez mais profundas. Contamos com equipamentos já qualificados para uso em até 2.000 m de lâmina d'água, como *manifolds* submarinos, dutos flexíveis e umbilicais de controle para profundidades de 1.800 a 2.000 m e árvores-de-natal molhadas para profundidades de até 2.500 m”, explica o gerente de Engenharia Submarina na Petrobras, Cezar Paulo, que avalia que os avanços tecnológicos são positivos, pois têm permitido vencer os desafios impostos pelos cenários *offshore*, como o aumento da lâmina d'água.

“Este aumento da profundidade traz por conseqüências as elevadas pressões hidrostáticas e a baixa temperatura externa, tornando-se um desafio à garantia de escoamento da produção, em função da possibilidade de bloqueios ao escoamento por formação de hidrato e por depósito de parafina”, assegura. “O desenvolvimento de procedimentos operacionais adequados, a qualificação de equipamentos com boa vedação para altas pressões e o desenvolvimento de isolantes térmicos eficazes têm possibilitado o desenvolvimento de campos de petróleo nestas condições. E mais: o aumento da lâmina d'água traz maiores carregamentos aos *risers* (trecho as-

cedente que liga o duto submarino à plataforma de produção), que precisam ser projetados e qualificados para garantir sua operação com integridade estrutural ao longo de toda a vida do sistema."

Para o engenheiro, o Brasil se destaca no histórico destes desenvolvimentos por ter sido pioneiro na aplicação de várias das técnicas inovadoras, como sistema de ancoragem com cabos de poliéster, ancoragem por estacas tipo torpedo e árvores-de-natal molhadas do tipo *diverless guidelineless* (instaladas sem mergulhadores e sem cabos de guia) com interfaces padronizadas. "Hoje existem projetos em águas profundas também em outras regiões do mundo. Podemos destacar os projetos para poços com alta pressão e alta temperatura (HPHT/*high pressure high temperature*) no Golfo do México e projetos de *risers* tipo torre na costa oeste da África."

Além do aumento da profundidade de operação, os equipamentos submarinos, por exemplo, têm evoluído no sentido de oferecer mais opções à 'caixa de ferramentas' da equipe responsável em projetar cada sistema de produção. "Podemos citar alguns exemplos de alternativas já provadas em campo ou em desenvolvimento: separador submarino gás-líquido (permite bombeamento da fase líquida após separação do gás); medidores multifásicos submarinos; bombeamento multifásico submarino; sistema submarino de injeção de água bruta; e separador submarino água-óleo (que permite separar no fundo do mar a água produzida e reinjetá-la, mantendo a planta de processamento da plataforma ocupada prioritariamente com o petróleo produzido)."

No que diz respeito aos atuais projetos de novas fronteiras (levando em consideração a produção no pré-sal), segundo Paulo, o ponto de destaque para os equipamentos submarinos será o desenvolvimento e a qualificação de materiais adequados ao serviço, para profundidades superiores a 2.000 metros.

## Pequeno dicionário de equipamentos submarinos

**Árvore-de-natal molhada (*Christmas-tree*)** – Sistema posicionado no fundo



do mar, composto por válvulas conectadas ao poço e à unidade de produção na superfície. Estas válvulas permitem o fluxo de produção de petróleo e gás, do poço para a

superfície, assim como a injeção de líquido e gás da superfície para o poço.

**Cabeça de poço (*Subsea Wellhead*)** – Topo do poço, no leito do mar, ao qual são conectados os demais equipamentos.



**Diving system** – Sistema de mergulho, para suporte de mergulhadores e sino de mergulho, assim como unidades submarinas operadas remotamente.

**Flowline gathering manifold** – *Manifold* submarino que recebe linhas oriundas de árvores-de-natal molhadas e as distribui para *risers* de produção conectados às plataformas.

**Manifold/Template** – Estrutura metálica apoiada no fundo do mar e que acomoda válvulas e acessórios que permitem que o mesmo esteja conectado à árvore-de-natal molhada, outros sistemas de produção, de tubulações e *risers*.



**MIS** – *Manifold* de integração utilizado na Bacia de Campos; integra as linhas oriundas dos poços de produção e os *risers* de produção.

**Mooring leg to anchor pile** – Corrente de ancoragem conectada à plataforma de produção em um extremo e ao sistema de ancoragem no fundo do mar em seu outro extremo.

**MSGA** – *Manifold* submarino de gás de alta pressão utilizado na Bacia de Campos, que compõe um conjunto de válvulas e conexões submarinas para fluxo de gás em alta pressão.

**MSGB** – *Manifold* submarino de gás de baixa pressão usado na Bacia de Campos, que compõe um conjunto de válvulas e conexões submarinas para fluxo de gás em baixa pressão.

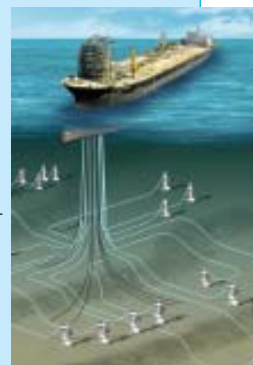
**Pipeline trenching and burial** – Sistema para escavação do solo marinho e lançamento de tubulação no fundo do mar.

**PLEM** – *Manifold* submarino utilizado na Bacia de Campos, formado por um conjunto de válvulas e conexões submarinas que podem conectar *risers*, *pipelines* e árvores-de-natal.

**Proteção de cabeça de poço (*Wellhead Protection*)** – Estrutura metálica para proteção física da cabeça de poço e de sistemas solidários.

**Riser de injeção de gás (*Gas-Injection Riser*)** – Conjunto de tubos flexíveis que conectam a unidade de produção e a árvore-de-natal molhada e/ou *manifold* de produção, permitindo a injeção de gás no poço.

**Riser de produção (*Production Riser*)** – Conjunto de tubos flexíveis que conectam a árvore-de-natal molhada e/ou *manifold* de produção à superfície, na unidade de produção, permitindo o fluxo de petróleo e do gás produzido.



**Tubo flexível (*Subsea flowline*)** – Tubo flexível submarino.

**Umbilicais de controle (*Control Umbilicals*)** – Umbilicais para controle eletrônico ou hidráulico de sistemas no fundo do mar, tais como válvulas, bombas e compressores. Estes sistemas poderão pertencer ou estar associados a árvores-de-natal submarinas e/ou *manifold* submarino.

**Well servicing** – Sistema de manutenção de poço.

# FMC assina contrato para Módulo 3 de Roncador

Em fevereiro, a FMC Technologies anunciou o contrato para fornecimento de árvores-de-natal e sistemas *tie-in* para 11 poços do Módulo 3 de Roncador. Segundo o comunicado internacional da empresa, o valor do contrato é de aproximadamente US\$ 67 milhões.

O acordo consiste em 11 árvores-de-natal, 11 *Pipeline End Terminations* (PLETs), 11 *jumpers* rígidos e ferramentas de instalação. O projeto terá engenharia e fabricação da FMC no Rio de Janeiro e tem previsão de entrega para 2009.

A FMC, que fornece para o Brasil desde 1961, entregou sua primeira árvore-de-natal para a Petrobras em 1978, teve uma participação decisiva no desenvolvimento do campo de Roncador.

Descoberto em 1996, o campo de Roncador, na Bacia de Campos, é um marco no desenvolvimento tecnológico da Petrobras e uma referência para a indústria do petróleo, tendo recebido, em 2001, o Distinguished Achievement Award da Offshore Technology Conference (OTC): em um período recorde de 27 meses, a empresa alcançou, no poço Roncador-8, o recorde de produção de petróleo em águas profundas, a uma lâmina d'água de 1.877 m de profundidade.

A premiação destacou também alguns equipamentos de alta tecnologia utilizados pela Petrobras no desenvolvimento do campo de Roncador: linhas flexíveis e umbilicais de produção para águas



de até 2.500 m; *riser* flexível para instalações até 1.500 m; *riser* rígido em catenária para uso em 1.500 m; e árvore-de-natal molhada horizontal para operações em até 2.500 m.

Com lâmina d'água entre 1500 metros e 2000 metros, reservas de 3,3 bilhões de boe, espessura de reservatório de até 200 m e óleo entre 180 e 311° API, considerado leve para grandes profundidades, representou a conquista de mais fronteira para a estatal.

O Módulo 3 do campo consistirá de uma embarcação tipo semi-submersível (P-55), que iniciará sua produção no ano de 2013, com capacidade de processamento de óleo de 180.000 bpd, capacidade de compressão de 6,0 milhões de m<sup>3</sup>/d e capacidade de injeção de água de 46.000 m<sup>3</sup>/dia e profundidade de água de 1.790 m.

Ao todo, serão interligados 18 poços a esta plataforma, sendo 11 produtores e sete injetores.

O escoamento do óleo será realizado através de dois oleodu-

tos, um direcionado à Plataforma de Rebombeio Autônomo (PRA-1) e o segundo direcionado para a P-54. Já o gás será exportado por um gasoduto que seguirá para as plataformas de Garoupa (PGP-1) e Namorado (PNA-1).

O Módulo 4 de Roncador encontra-se atualmente em fase de elaboração de Estudo de Viabilidade Técnico-econômica (EVTE) Conceitual. O projeto consistirá em uma embarcação tipo FPSO (P-62), que iniciará sua produção em 2012. Estará ancorado em LDA de 1.800 m e terá capacidade de processamento para 180.000 bpd de óleo. Serão interligados 16 poços, sendo dez produtores e seis injetores.

A Petrobras, segundo estimativa realizada em janeiro de 2008, espera atingir em dezembro/2008 uma produção de óleo de 380.000 bpd em Roncador, projetando pico de produção para 2014, onde espera ultrapassar a marca dos 480.000 barris/dia de produção.

# Um novo período de crescimento

por John Westwood\*

A efervescente indústria de petróleo e gás está prestes a entrar em um novo período de crescimento, com receita global prevista para crescer de US\$ 35 bilhões por ano para US\$ 45 bilhões em 2012.

Nos últimos cinco anos, a demanda de petróleo – particularmente a da China – e as restrições no abastecimento têm levado o preço do petróleo a altos patamares. Em alguns países, como o Reino Unido e os EUA, o esgotamento das reservas de gás levou à falta de abastecimento e ao aumento dos preços de gás. O efeito de ambos chamou a atenção internacional para a segurança de fontes dos hidrocarbonetos. Estes fatores resultaram em um crescimento das atividades *offshore* de petróleo e gás; para a demanda de tecnologia e serviços e preços inéditos. Os desafios técnicos e comerciais para os próximos anos são enormes, mas as oportunidades para as empresas de *subsea* escocesas nunca foram melhores.

Enquanto a produção mundial de bacias marítimas maduras declina, a atenção tem crescido enormemente em águas profundas e na tecnologia de produção submarina. Além disso, postos submarinos ligados a infra-estruturas já existentes podem representar uma solução com melhor custo-benefício para explorar as consideráveis reservas de centenas de pequenos campos de prospecção em áreas maduras, como as do Mar do Norte.

Em 1975, o campo de Argyle, na Escócia, liderou o mundo produzindo seu primeiro petróleo *offshore* proveniente de poços interligados a um sistema de produção flutuante. A partir daí, as empresas escocesas conquistaram uma posição de liderança mundial nas fontes e operações de tecnologia, sendo agora os principais fornecedores aos mercados mundiais.

Recentemente, em 2007, o mercado *subsea* da Plataforma Continental do Reino Unido (United Kingdom Continental Shelf / UKCS) faturou US\$ 2,1 bilhões, com mais de US\$ 11 bilhões do investimento planejado durante o período 2008-2012. Em torno de 34% deste investimento serão dirigidos para atividades de perfuração e completção, com 55% destinados a dutos e infra-estrutura – principalmente no desenvolvimento de dutos Langed entre Sleipner e Easington. Muito desta nova atividade de perfuração, entretanto, está ocorrendo fora da região tradicional do Mar do Norte, tal como o desenvolvimento do campo de gás Schull, na costa oeste da Irlanda, pela EnCore Oil.

Um dos fatores principais que permitiu que a indústria *subsea* britânica continuasse a se desenvolver por mais de 30 anos é a introdução de novas tecnologias. Atualmente, várias tecnologias começam a moldar esta indústria, visando o crescimento da produtividade de poços marítimos, com sistemas submarinos de separação de óleo e gás, objetivando ampliar a exploração de reservas recuperáveis. A Statoil abriu caminho para este sistema submarino de separação durante o desenvolvimento do campo de Tordis, que foi completado com sucesso em 2007. A tecnologia mais recente do *game-changing* na indústria foi a introdução das tecnologias de compressão submarina, que minimizam tanto despesas operacionais quanto de emprego de capital através da redução da demanda da infra-estrutura *topside*. Tais inovações viabilizariam novos investimentos.

Em 2007, o mercado *subsea* global foi avaliado em US\$ 35 bilhões. A Douglas-Westwood espera que a crescente demanda de energia, juntamente com o preço do petróleo elevado e a mudança para águas profundas, assegurem a tendência de crescimento deste setor nos próximos cinco anos (2008-2012), para o qual o volume de investimentos previsto é da ordem de US\$ 218 bilhões.

O mercado *subsea* de petróleo e gás está no meio de um forte crescimento em termos de novos desenvolvimentos e do aumento de custos de componentes não relacionados a dutos. Este crescimento é conduzido primeiramente pela atividade de perfuração e de completção, que em 2007 chegou a US\$ 11,1 bilhões – 32% do mercado total. Espera-se que, após o período da previsão, o mercado de perfuração atinja o patamar de aproximadamente US\$ 15,5 bilhões. O mercado para equipamentos associados – tais como árvores-de-natal, *manifolds* e sistemas submarinos de controle – também testemunhará um período contínuo de alta. Entretanto, o maior e único contribuinte do mercado *subsea* global serão os dutos – que ocuparão 50% do mercado global durante o período 2008-2012. Este mercado será dominado sobretudo por novas linhas de tronco e de escoamento, ligando países produtores com os consumidores na Europa e na Ásia. A despesa no mercado de dutos não será apenas guiada pela quantidade de duto, mas também por limites de embarcações, o que vai aumentar o preço e o prazo de entrega para grande projetos, causando picos e gaps no período de 2010-2012.

\*John Westwood é diretor da Douglas-Westwood Limited, empresa britânica sediada em Canterbury, Inglaterra. A Douglas-Westwood Ltd. realiza trabalhos comerciais para a comunidade financeira e pesquisa de negócios, a análise do mercado e estratégia de trabalho para a indústria energética internacional nos setores *upstream* e *downstream*.

A África esta prestes a se tornar o maior mercado *subsea* no mundo – em 2006, apenas América do Norte e Europa eram maiores. Esperamos que de 2008 até 2012, US\$ 53 bilhões sejam investidos no mercado africano, mais do que qualquer outra região no mundo. O mercado de *subsea* africano é dominado por atividade de perfuração e completação, responsável por 45% do mercado total

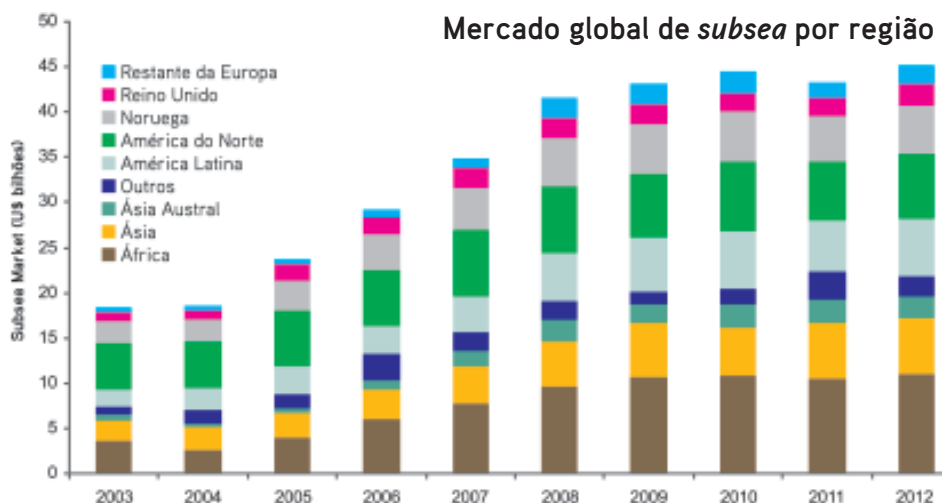
em 2007. Novas descobertas e desenvolvimentos em águas profundas em Angola, Nigéria e Egito irão movimentar as atividades de perfuração durante todo o período previsto para US\$ 4,8 bilhões até 2012, maior do que qualquer outra região.

Novas descobertas e desenvolvimentos de atividades em águas profundas brasileiras incrementarão a tendência de crescimento no mercado latino-americano durante todo o período de 2008-2012. A produção *subsea* latino-americana é fundamentalmente em águas profundas, e o Brasil se destaca como maior produtor *offshore* da América Latina. O total de reservas pode equivaler a 20-25 bilhões de barris de óleo equivalente (boe), 80% nas bacias de Campos e de Santos.

Ocorre que, em função do choque do preço do óleo, em 1979, na economia brasileira, a Petrobras foi obrigada a avançar na exploração de petróleo, quebrando paradigmas que a levaram a se tornar uma das companhias mais inovadoras no mundo no uso de tecnologias *subsea* e de plataformas FPSO (unidades de produção que também armazenam petróleo).

Grande número de projetos *offshore* está previsto para a América Latina no período de 2008-2012, principalmente na Bacia de Santos. Novas descobertas, como as de desenvolvimento do campo de Tupi (na Bacia de Santos) vão elevar os investimentos na América Latina de US\$ 3,9 bilhões em 2007 para US\$ 6,5 bilhões até 2012. Diferentemente de outras regiões, acredita-se que as atividades de perfuração na América latina continuem a crescer durante todo o período previsto.

Após um período de crescimento até 2009, em que o nível de gastos alcançará US\$ 3,7 bilhões, o mercado de perfuração e completações norte-americanas poderá declinar até US\$ 3,2 bilhões em 2012. O equipamento associado, como árvores-de-natal, *manifolds* e conjuntos de tubulações munidas de válvulas, irão sofrer uma diminuição similar, porém, os gastos além do período previsto de 2008-2012 irão ser ainda maiores (US\$ 36 bilhões) do que o gasto histórico durante o período de 2003-2007 (US\$ 30 bilhões).



O futuro da indústria *subsea* será dividido entre os desafios técnicos associados com o acesso de novas reservas em circunstâncias cada vez mais profundas e mais difíceis, e o aperfeiçoamento da recuperação daquelas áreas já exploradas. Preços recordes do petróleo forneceram um amplo capital para o desenvolvimento de recursos, porém, a indústria terá cada vez mais necessidade de atrair as pessoas certas para tirar maior proveito das enormes oportunidades mais à frente. ■



# ENTERPRISE LOGISTICS

Fully Integrated Logistics Solutions

SOLUÇÕES INTEGRADAS EM TRANSPORTES INTERNACIONAIS, CARGA MARÍTIMA E AÉREA, BREAK BULK, CHARTERS, PROJECT CARGO




**São Paulo**  
 Av. Tamboré, 903 Alphaville  
 06460-000 Barueri - SP - Brasil  
 Tel: +55 (11) 2169.7444  
 Fax: +55 (11) 2169.7401

**Rio de Janeiro**  
 Av. Rio Branco, 37 - 12º andar/SI 1203  
 20090-003 - Rio de Janeiro - RJ  
 Tel.: +55 (21) 2291-9756  
 Fax: +55 (21) 2233-4327

BRASIL: Rio Grande • Paranaíba • Itajaí • Santos • Viracopos • Campinas • Guarulhos • Vitória • Belo Horizonte • Salvador • Suape • Fortaleza • Natal • Manaus • Itaguai • Macaé • Rio de Janeiro • Niterói

EXTERIOR: Stavanger • Bergen • Houston • Singapore • Aberdeen • Abu Dhabi • Dubai • Argentina • Uruguay • Peru • Chile • Venezuela • Equador • Panamá • Guatemala • Costa Rica • México • United States • Angola • UK • Belgium • Netherlands • Germany • Denmark • Finland • Sweden • Switzerland • France • Italy • Portugal • Spain • Israel • Libian • India • China • Japan • Taiwan • Korea • Thailand • Indonesia • Australia