

# Tecnologia dos dutos de extração de petróleo

Luis Augusto de Melo Santos\*  
Renato Eduardo de Souza Gomes\*\*  
Sávio Gomes da Silva Nogueira\*\*\*

## Resumo

Nas indústrias de extração de petróleo, os dutos têm importante função e duas delas são a extração e o transporte. Eles são feitos de várias formas diferentes, sempre de acordo com o processo de extração ou com o processo de transporte de fluidos. A descoberta do pré-sal traz novos desafios para a indústria de exploração de petróleo, e o Brasil está à frente desse desafio. E uma das áreas que vem recebendo muita atenção é a malha de dutos, que com as melhorias aplicadas, diminui o custo de produção e auxilia a prevenção de acidentes.

**Palavras-chave:** Drill pipes. Esclerometria. Menores gastos.

## Introdução

Os dutos de extração são conhecidos como “drill pipes”. Eles têm variadas formas, tamanhos e pesos para facilitar o processo de extração, mas é normalmente de 30 a 33 pés de comprimento cada tubo. Eles têm o interior oco que permite a passagem do fluido da extração que é bombeado até o reservatório.

São feitos de aços caros endurecidos para suportar as rochas dos túneis feitos a partir da retirada do petróleo, e seu interior tem um revestido que visa garantir a integridade, mesmo sendo observado o desgaste rápido deste revestimento. Este desgaste é causado pelo contato do cabo que leva as ferramentas até o fundo do poço e a parede interna do duto de perfuração.

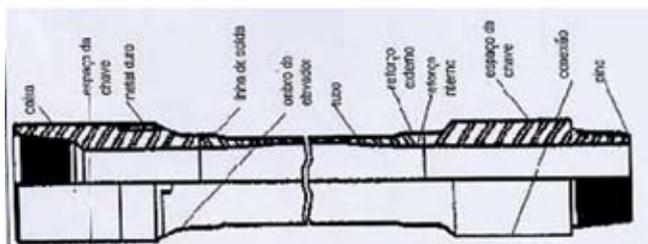


Figura 1 - Desenho técnico do Drill Pipe

Esses desgastes causados nos revestimentos não podem ser evitados, mas podem ser reduzidos com a utilização de técnicas de ensaios como o ensaio de deslizamento, ensaio de desgaste por atrito, ensaio de dobramento e uma técnica chamada esclerometria. Mas podem ser também reduzidos com revestimentos com vida útil maior.

Essas técnicas ajudam bastante na manutenção, viabilizando a diminuição de paradas para garantir maiores lucros e menores gastos. Para que os revestimentos forneçam uma resistência satisfatória, devem ter uma adesividade suficiente para manterem-se presos à superfície do “Drill Pipe”.



Figura 2 - Camada protetora

Uma técnica utilizada para testar o desempenho das camadas da “Drill Pipe” é o ensaio de dobramento a quatro pontos, que consiste em aplicar uma força axial sobre uma amostra apoiada em quatro pontos, que, devido à força aplicada, chega a sofrer uma flexão. No seu interior há uma força muito grande de cisalhamento, devido ao aumento das forças cortantes e tensões axiais devido à flexão. Outra também é o ensaio de desgaste por atrito, que consiste em aplicar uma carga axial sobre uma amostra em contato com um contracampo.

Os dutos entram no processo de extração depois de vários processos. Primeiro é mandada uma sonda para o solo e depois decodificada em imagens recebidas por aparelhos chamados hidrofones, achado petróleo incrustado nas rochas, começa o segundo processo: o de perfuração.

\* Técnico em Mecânica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.  
\*\* Técnico em Mecânica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.  
\*\*\* Técnico em Mecânica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.

No segundo processo, o solo é perfurado para a instalação de um duto (drill pipe) que é revestido de cimento, que sustenta as paredes do duto. Durante essa perfuração, vários processos são feitos até começar a extração. Começada a extração, são utilizadas bombas para que os fluidos presentes no poço subam para a superfície, onde são armazenados e transportados para a refinaria. Junto com o petróleo vem o gás natural, que aparece dissolvido no petróleo e depois separado e tratado para o uso.

### **Dutos de transporte de fluidos, suas tecnologias e utilização no processo de transporte para as indústrias**

Depois da extração do petróleo, ele é enviado por meio de navios que chegam até próximo à superfície e são descarregados em dutos. Esses dutos são classificados em oleodutos, gasodutos, terrestres ou submarinos.

Os oleodutos são utilizados no transporte de petróleo dos navios até as refinarias. O transporte é feito depois que o navio descarrega petróleo nos dutos e é enviado por meio de um sistema de pressão, porém há duas desvantagens: não se pode mudar o caminho, nem parar no caminho dos dutos.



Figura 3 - Oleodutos

Os gasodutos são utilizados para o transporte de gás natural. São construídas varias estações para garantir a segurança e possibilitar a manutenção, sempre de forma subterrânea do gasoduto. As únicas partes na superfície do gasoduto ficam nas estações.

São utilizados para transporte, também, a construção em terra e submarina, onde são construídos dutos no fundo do mar. Outra forma de transporte marinho é feito através de oleodutos diretamente para as refinarias, com dutos longos e subterrâneos, ligando a plataforma em alto mar até o continente. Os oleodutos e gasodutos têm a manutenção semelhante, proteção catódica, são revestidos de concreto (lastramento e proteção mecânica), anticorrosivo, execução de isolamento térmico em poliuretano expandido e limpeza com nitrogênio.

### **Brasil pioneiro em tecnologia para o pré-sal**

A exploração em águas profundas do pré-sal traz novos desafios à indústria do petróleo. O Brasil é pioneiro em muitos ramos tecnológicos com os avanços exploratórios, investindo cada vez mais na otimização da extração do petróleo. A Petrobras, por meio do Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes), já vem trabalhando em novos dutos para transportar o óleo cru dos poços para a plataforma. A ideia é trocar o aço por fibras de vidro ou carbono nos tubos.

A Petrobras pretende começar a substituir o aço pela fibra de vidro carbono nos próximos 5 anos, visando reduzir os custos de produção. O uso dessas fibras é mais vantajoso que o do aço, com maior leveza e resistência à corrosão. A iniciativa é pioneira, já que a exploração em águas tão profundas como as do pré-sal ainda não é muito comum no mercado.

A mudança é necessária, já que o óleo do pré-sal tem elevado nível de gás carbônico que, associado à água salgada, causa acelerada corrosão metálica. Embora o custo inicial das fibras de vidro e carbono nem sempre seja menor que o do aço, esses materiais podem viabilizar sistemas de produções mais eficientes para águas ultraprofundas, que seriam potencialmente mais econômicos no horizonte de 25 anos de operação.

O pré-sal chega a mais de 7.000 metros e nesses locais, tubos de aço ficam muito pesados para a plataforma sustentar. Além de o tubo ser mais longo, a pressão externa é muito maior. Já as fibras devem permitir o uso de plataformas menores. A pesquisa mostra ainda que o desafio é substituir o aço pela fibra na camada estrutural do tubo, já que a função do aço é resistir à elevada pressão interna e externa, às correntes marítimas

e ao movimento da plataforma. Os engenheiros do Cenpes afirmam que já há material seguro e economicamente viável para o pré-sal e que agora buscam maior eficiência.

O Brasil tem investido na tecnologia de dutos. A importância do mercado brasileiro no cenário mundial traz a responsabilidade de profissionalizar cada vez mais as diversas etapas da cadeia petrolífera. Uma das áreas que vem recebendo muita atenção é a malha de dutos. De suma importância nas plataformas, as melhorias aplicadas têm diminuído os custos de produção e auxiliado na prevenção de acidentes. Investimentos na capacitação de pessoal também têm alavancado o setor, como o recém-criado curso de Engenharia de Dutos da PUC-Rio. Precisamos de muito desenvolvimento tecnológico interno, através de educação, pesquisa e desenvolvimento na área de dutos. Assim podemos nos transformar em referência mundial e expandir nosso mercado.

### Tecnologias para detecção de vazamentos

Tecnologia *on-line*, desenvolvida nos Estados Unidos, o Sistema ALDS recebeu, de 2001 até hoje, investimentos de R\$ 2 milhões para ser 100% nacionalizada pela Aselco. Cientificamente, outros dois sistemas de detecção de vazamentos estão em estágio avançado de estudos. Um *software* é desenvolvido pela Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. O outro, testado em laboratório, da Cepetro, de Campinas – ambos demandam observações em campo antes do lançamento comercial. Investimentos de US\$ 7 bilhões devem oferecer mais alternativas ao transporte de óleos, gás, derivados e etanol no Brasil. A Transpetro, planeja aplicar o volume de recursos para construir seis mil quilômetros de dutos até 2010 – serão 34 mil quilômetros novos no mundo em quatro anos.

Segundo o professor Celso Kazuyuki Morooka, coordenador do curso de ciências e engenharia de Petróleo da Unicamp, acidentes com dutos derivam principalmente de furos causados pela corrosão do material de revestimento da tubulação. No mundo todo há registros, além de desgaste, de outros fatores. Choque com embarcações, falhas operacionais, variações geológicas, e erro humano também podem desencadear derramamentos. A preocupação da Petrobras em evitar vazamentos no Brasil é grande e já se manifesta há muitos anos. Mas ganhou força após a criação de um programa para o desenvolvimento e provisão de tecnologia de dutos iniciado pelo Cenpes em 1997.

O Brasil não dispõe de estatísticas precisas sobre causas de acidentes com dutos. De acordo com a estatística anual divulgada pelo “Office of Pipeline Safety”, do departamento de transporte

dos Estados Unidos, a maior causa de vazamentos em operações norte-americanas oscila nos últimos cinco anos entre duas opções: intervenção externa de terceiros, seja de forma desautorizada (para furto de combustível, por exemplo), ou mesmo autorizada (escavações em que não se conhece a posição do duto); e corrosão, interna ou externa ao duto.

### Detectando vazamentos

Operam no mercado apenas duas tecnologias aplicadas para detectar e localizar *on-line* e em tempo real vazamentos em dutos: detecção Acústica de Vazamento, com localização e técnicas de modelagem de simulação computadorizada conhecida como RTM (real time modeling); e técnicas de balanços materiais, como o de massa. Nos sistemas baseados em modelagem hidráulica (balanços materiais), o sistema “veste” a instrumentação convencional do duto.

O processo observa dados em tempo real de pressão, vazão, temperatura, e, no caso de poldutos, densidade, a partir do sistema supervisorio instalado na sala de operação.

O engenheiro do Cenpes, explica que, neste caso, se busca um *software*, capaz de “ler” informações dos instrumentos em tempo real, e inferir acerca da existência, localização e quantificação de vazamentos. “Cada cenário requererá uma análise individualizada não havendo uma regra geral para seleção deste *software*”.

Sob o termo Balanço de Massa existem várias soluções baseadas em até três estimadores de estados muito diferentes entre si (RTM - “Real Time Model”, RTTM – “Real Time Transiente Model” e SRTM – “Statistical Real Time Model”). As tecnologias são desenvolvidas também de acordo com quatro algoritmos também distintos (VB – “Volume Balance”, CVB – “Compensa Ted Volume Balance”, MCVB – “Modified Compensa Ted Volume Balance” e SPRT “Sequential Probability Ratio Test”). Cada combinação de algoritmo com estimador de estados é adequada a um determinado cenário, variando de escoamento monofásico líquido com baixo espaçamento entre tomadas de medição. A Petrobras possui um exemplo de inadequação de cenário. A tecnologia (MCVB), inadequada a um cenário na Bacia de Campos, está sendo substituída por outra, baseada no mesmo princípio geral de modelagem hidráulica.

No caso da tecnologia acústica, todos os equipamentos são proprietários, desde os sensores, até as estações de campo, que realizam um primeiro nível de tratamento de sinal, e mestra, responsável por detectar e localizar o vazamento – o sistema não oferece a funcionalidade de

quantificação de vazamentos. Existem cinco variantes de tecnologias acústicas para detecção de vazamentos em dutos conhecidas no mercado internacional. A Petrobras utiliza apenas uma, o Sistema Acústico de Detecção e Localização de Vazamentos para Dutos (ALDS), comercializada pela Aselco Automação.

## Nacionalização

Neste ano, a empresa inicia uma nova etapa do projeto, que prevê implementação de melhorias, de acordo com necessidades identificadas entre os usuários do sistema. “A nacionalização de tecnologias é muito interessante. Ter o suporte técnico mais próximo é essencial”, resume Baptista, da Petrobras.

Segundo o engenheiro Miguel D’Avilla, do marketing da Aselco, mais R\$ 1 milhão será aplicado no desenvolvimento da tecnologia em 2006 “Com o novo investimento, adicionar mais recursos ao sistema com o objetivo de melhor atender as necessidades de operação dos usuários”.

O sistema ALDS identifica e localiza escoamentos indesejados por meio da detecção de ondas acústicas causadas pela ocorrência do próprio vazamento. As ondas são captadas por sensores acústicos de alta sensibilidade instalados no duto que está sendo monitorado. A Aselco garante que o método pode ser aplicado a qualquer fluido, até aos multifásicos. Dutos aéreos, subterrâneos ou submarinos são capazes de receber instalações. Os sensores acústicos instalados em pontos predefinidos no duto atuam como “microfones” e captam as ondas de som originadas de eventuais vazamentos. “Estas ondas acústicas são processadas via unidade eletrônica local que analisa os sinais recebidos, eliminando os ruídos espúrios normalmente existentes no duto e enviando dados sobre o vazamento para uma unidade central, na sala de controle”, explica o engenheiro Alonso.

As frequências auditivas captadas pelo homem estão na faixa de 20 Hz a 20 kHz. A tecnologia ALDS opera com frequências subsônicas, abaixo de um Hz. Segundo a Aselco, nessa faixa, as ondas de som são sentidas por dezenas e até centenas de quilômetros, por conterem muita energia. Através da determinação dos tempos para a chegada das ondas de pressão nos sensores, o sistema pode reconhecer a possibilidade de vazamento e determinar a localização.

O sistema é equipado com um banco de dados de ruídos que sustenta uma espécie de rede de filtros digitais para qualquer ruído espúrio, característica que reduz a possibilidade de alarmes falsos. Alonso conta que a tecnologia permite também o

fechamento automático de válvulas de bloqueio, assim que o vazamento for identificado. O sucesso de uma operação de detecção, porém, depende do tempo de observação do vazamento. “Quanto mais rápido detectamos o vazamento menor será o impacto ambiental e de riscos. O mais importante é o tempo de resposta, o que podemos assumir menos do que 60 segundos”.

A Petrobras testou a tecnologia em linhas brasileiras apenas de espaçamento máximo de cerca de 20 km, e nível relativamente alto de pressão mínima da linha: a partir de quatro ou cinco kgf./cm<sup>2</sup>. Segundo a empresa, o equipamento mostrou-se adequado para este cenário-teste, em espaçamentos maiores ainda não foram concluídos.

## Cuidados na instalação

Em alguns casos, como o do projeto North Star, da BP, no Alaska, concluído em 2000, apenas uma tecnologia de detecção não é suficiente. Houve necessidade de combinação de equipamentos. O rigor da autoridade ambiental impôs um requisito de desempenho do sistema que só pôde ser atendido com a composição de duas tecnologias: um balanço material acrescido de uma tecnologia de sensoriamento externo de dispersão mássica.

Mas, a combinação não é uma estratégia geralmente recomendável. É uma operação mais complexa.

*Serão duas culturas a serem passadas ao operador, dois monitores na sala de controle ou próximo a esta, dois conjuntos distintos de diferentes alarmes, bem como duas formas distintas de identificação de alarmes espúrios, dentre diversas outras características. (Renam Baptista – reportagem da Petro&química)*

Para os especialistas, entretanto, a profusão de projetos para detecção de vazamentos é salutar à atividade petrolífera, mas a instalação isolada de um sistema não é a única medida necessária. O sistema requisita implantação gradativa, com vários testes parciais de aceitação do equipamento, para garantir o sucesso na detecção e a operacionalidade do método. Outra necessidade é a administração de infraestrutura permanente de testes de simulados, para garantir a continuidade operacional do equipamento. A empresa deverá considerar ainda o investimento em recursos financeiros e humanos para contínuos ajustes e melhorias do sistema.

## Conclusão

Podemos concluir que o sistema de dutos tem muita importância nas empresas petrolíferas e de transportes brasileiras e suas características têm formas e funções diferentes. Porém, por sofrerem altas tensões, os desgastes causados nos seus revestimentos não podem ser evitados, mas reduzidos com a utilização de técnicas como ensaios, por exemplo. Esses dutos são classificados em oleodutos, gasodutos, terrestres ou submarinos. Com a exploração do pré-sal várias empresas, como a Petrobras, vêm trabalhando em novos dutos e novas tecnologias para melhores resultados, como por exemplo, a tecnologia para a detecção de vazamentos como sistema ALDS. Alguns cuidados devem ser tomados na instalação, sempre visando aos melhores resultados e à segurança dos trabalhadores.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br>>. Acesso em: 2011

GEOFÍSICA BRASIL. Disponível em: <<http://www.geofisicabrasil.com/geofisicaaplicada.html>>. Acesso em : 2011

GILES, Randal V; LIU, Cheng; EVETT, Jack B. Mecânica de Fluidos e Hidráulica. 2 ed. São Paulo: Schaum McGraw-Hill; Editora Makron Books.

PETRO & QUÍMICA. Disponível em: <<http://www.petroquimica.com.br>>. Acesso em: 2011.

PETROLEO ETC. Disponível em: <<http://www.petroleoetc.com.br/pre-sal>>. Acesso em: 2011