

Completação

Prof. Delmárcio Gomes

Ao final desse capítulo, o treinando poderá:

- Explicar o conceito de completção;
- Diferenciar os tipos de completção;
- Identificar as etapas de uma intervenção de completção;
- Explicar o funcionamento da coluna de produção (COP);
- Identificar e distinguir alguns equipamentos de subsuperfície e de superfície, bem como suas funções;
- Identificar as operações de manutenção de poços (*workover*).

Completação

Para que um poço produza óleo ou gás natural, após a perfuração é necessária a execução de algumas etapas. Dentre essas etapas, a completção se destaca, pois envolve as operações básicas para se concluir o poço.

A completção tem o objetivo de equipar o poço para a produção de óleo ou gás ou para injetar fluidos no reservatório, preparando-o para a produção. Trata-se de uma intervenção subsequente à perfuração de um poço que, ao conectar o reservatório de hidrocarbonetos à unidade estacionária de produção, permite que seja conectado de maneira segura e controlada. Essa operação consiste na instalação de equipamentos - tanto no interior do poço de petróleo, como também no seu exterior - responsáveis pelo controle da vazão dos fluidos e funções auxiliares como aquisição de dados, controle da produção de areia e elevação artificial.

Uma boa completação deve oferecer:

- Segurança na operação do poço, seja durante as intervenções • ou durante a vida produtiva do poço;
- Proteção do meio ambiente, evitando derramamento de óleo • ou escape de gases para a atmosfera;
- Possibilidade de se obter a maior vazão de óleo/gás permitida • pelo gerenciamento do reservatório, otimizando a produção do poço;
- A maior longevidade possível, reduzindo o número de • intervenções futuras no poço e, conseqüentemente, reduzindo o custo total do projeto;

2.1. Tipos de completação

As intervenções posteriores à perfuração do poço podem ser classificadas como operações de investimento ou como operações de manutenção.

Nas operações de investimento, equipamentos são instalados ou operações com intuito de concluir o poço e equipá-lo para sua finalidade (produção de hidrocarbonetos ou injeção de água, gás ou vapor) são realizadas.

As operações de manutenção - *workover* - ocorrem em poços já em operação, a fim de recuperar uma condição melhor de produção.

2.1.1. Operações de investimento

São operações que visam verificar as condições de reservatório e a equipagem do poço na intervenção após a perfuração ou modificar a finalidade do poço em intervenção posterior.

Podem ser classificadas em operações de completação, avaliação e recompletação, a seguir explicadas.

a) Completção

É o conjunto de operações efetuadas durante a primeira intervenção em uma determinada formação atravessada por um poço, após a conclusão dos trabalhos de exploração e perfuração, visando a sua avaliação e posterior produção ou injeção de fluidos.

Quanto ao tipo, a completção do poço pode ser classificada em:

- **Completção seca:** quando a cabeça do poço e a árvore de natal (conjunto de válvulas de segurança e controle do fluxo) estão na superfície terrestre ou na plataforma de produção marítima.
- **Completção molhada:** quando a cabeça do poço e a árvore de natal são submarinas, no leito do fundo marinho.

b) Avaliação

Atividade realizada com o objetivo de avaliar a formação produtora, para definir os parâmetros da formação (permeabilidade, dano etc.), constatar a procedência dos fluidos e o Índice de Produtividade (IP), capacidade produtiva do reservatório e do poço, ou Índice de Injetividade (II), capacidade de injetividade da formação ou do poço.

As principais operações de avaliação são:

- **Teste de formação a poço aberto (TF):** teste realizado em poço não revestido com o intuito de conhecer a capacidade produtiva do reservatório e definir a economicidade da área explorada, comum em poços e em terra. As medições de pressão e temperatura, bem como o fechamento do poço são feitos no fundo do poço.

- **Teste de formação a poço revestido (TFR):** teste realizado em poços já revestidos e completados, com intuito de conhecer a capacidade produtiva e demais parâmetros do reservatório. Informações que corroboram a engenharia de reservatório quanto à economicidade, dimensões e características do reservatório e fluidos existentes. As medições de pressão e temperatura, bem como o fechamento do poço são feitos no fundo do poço.

- **Teste de Produção (TP):** teste que consiste em medir pressão e temperatura no fundo do poço e vazões e volumes produzidos na superfície, com fechamento da superfície, com o intuito de conhecer a capacidade de produção do poço e alguns parâmetros de reservatório e dos fluidos produzidos.

- **Teste de Injetividade (TI):** teste que consiste em medir a pressão, vazão e volumes injetados para conhecer a capacidade de injeção de fluido (água ou gás) no poço e reservatório e alguns parâmetros de reservatório.

2.1.2. Operações de manutenção

É o conjunto de operações realizadas no poço depois da completação inicial, durante sua vida produtiva, com o objetivo de corrigir problemas de modo a permitir que a produção (ou injeção) de fluidos retorne ao nível normal ou operacional. As operações de manutenção podem ser de avaliação, limpeza, restauração, estimulação, mudança de método de elevação e abandono. São conhecidas como operações de *workover*.

As causas principais geradoras de intervenções são:

- Baixa produtividade;
- Produção excessiva de gás;
- Produção excessiva de água;
- Produção de areia;
- Falhas mecânicas na coluna de produção ou revestimento.

a) Avaliação

Operacionalmente, é idêntica à avaliação de investimento, atividade executada visando a definir os parâmetros da formação, verificar a procedência dos fluidos e o Índice de Produtividade (IP) ou Índice de Injetividade (II) dos poços. A diferença é que nas avaliações de investimento, o poço avaliado é recém-perfurado e não necessariamente completado, visto que a própria operação de avaliação pode definir pela economicidade do poço ou não. Nas operações de manutenção, o poço já é produtor (ou injetor) e a operação de avaliação é realizada para monitoramento do poço ou reservatório.

b) Limpeza

A intervenção, nesse caso, limita-se a operações dentro do poço, tais como substituição ou reparo da coluna de produção, substituição da bomba de elevação de petróleo. Não há alteração das suas condições mecânicas, isto é, o poço continua produzindo (ou injetando) no mesmo intervalo e com as mesmas condições existentes antes da intervenção.

c) Restauração

É a intervenção com o objetivo de fazer algum tipo de operação no reservatório, nos **canhoneados** ou no revestimento, como ampliação de **canhoneados** ou **recanhoneio**, isolamento de algum intervalo, injeção de **antiincrustante** etc., ou seja, há uma alteração nas condições mecânicas do poço.

d) Estimulação

Operação cujo objetivo é aumentar a produtividade (ou injetividade) de um poço, através de tratamentos químicos ou mecânicos, tais como:

- Injeção de um ácido ou solvente orgânico no reservatório para aumentar a transmissibilidade da formação;
- Tratamentos mecânicos, como o fraturamento da rocha para aumentar a sua permeabilidade localizada.

e) Mudança de método de elevação

Intervenção que tem como objetivo a substituição de um método de elevação por outro (de poço surgente para equipado com BCS, por exemplo). Pode ser considerada uma intervenção de investimento, dependendo do projeto no qual esteja inserida.

f) Abandono, ou seja, fechar um poço que não esteja em condições de operar

O abandono realizado com tampões mecânicos ou de cimento pode ser realizado por causa de problemas de segurança, por economicidade do projeto ou do poço ou para encerrar a operação do poço ou concessão e devolvê-lo à Agência Nacional do Petróleo (ANP).

O abandono pode ser:

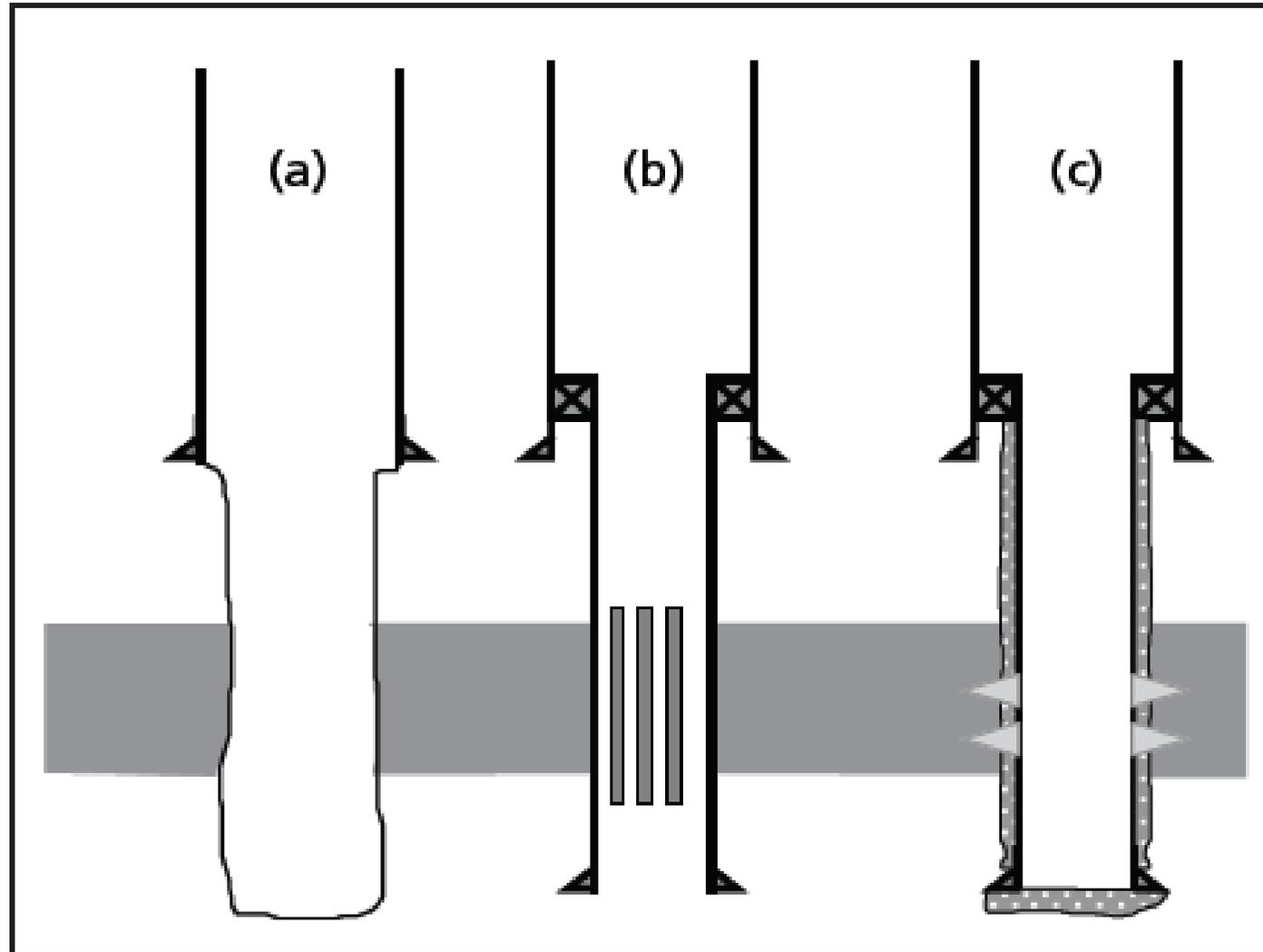
- **Definitivo:** quando o poço não será mais utilizado;
- **Provisório:** quando há a previsão ou a possibilidade de retorno ao poço no futuro.

2.2.2. Quanto ao revestimento de produção

Buscando atender os requisitos básicos de economicidade, praticidade, durabilidade e segurança, as completações podem ser realizadas de acordo com os métodos a seguir. Tais métodos referem-se às configurações básicas do poço e interação com a formação, que por serem aplicáveis a cada situação específica podem apresentar variações, tornando-os bem mais sofisticados.

Quanto ao revestimento de produção, uma completação pode ser:

Dura
reves
zona
entã
nece
asser
três



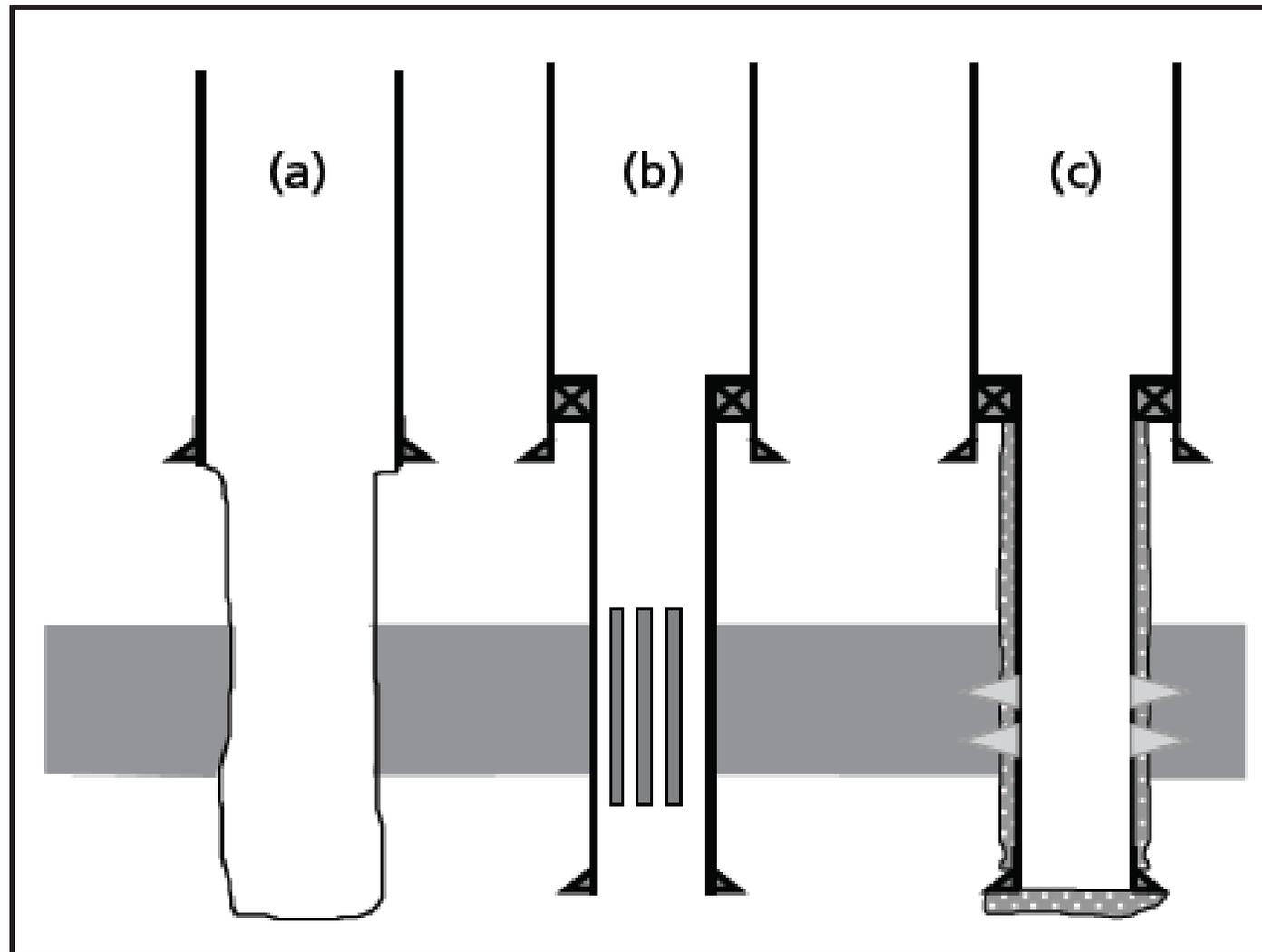
O
a
a
r
s

Métodos de completação

(a) Poço aberto (b) *Liner* rasgado (c) *Liner* canhoneado

b) Com *liner* rasgado ou canhoneado

Liner é uma coluna de tubos – rasgados ou lisos – que é descida e que ficará assentada no fundo do poço e suspensa pela extremidade inferior do revestimento de produção, após a avaliação da zona de interesse e da decisão de se completar o poço. Quando o *liner* é utilizado, a coluna de revestimento anterior (de produção) é assentada e cimentada acima do topo da zona de interesse, prosseguindo-se posteriormente a perfuração até a profundidade final prevista.



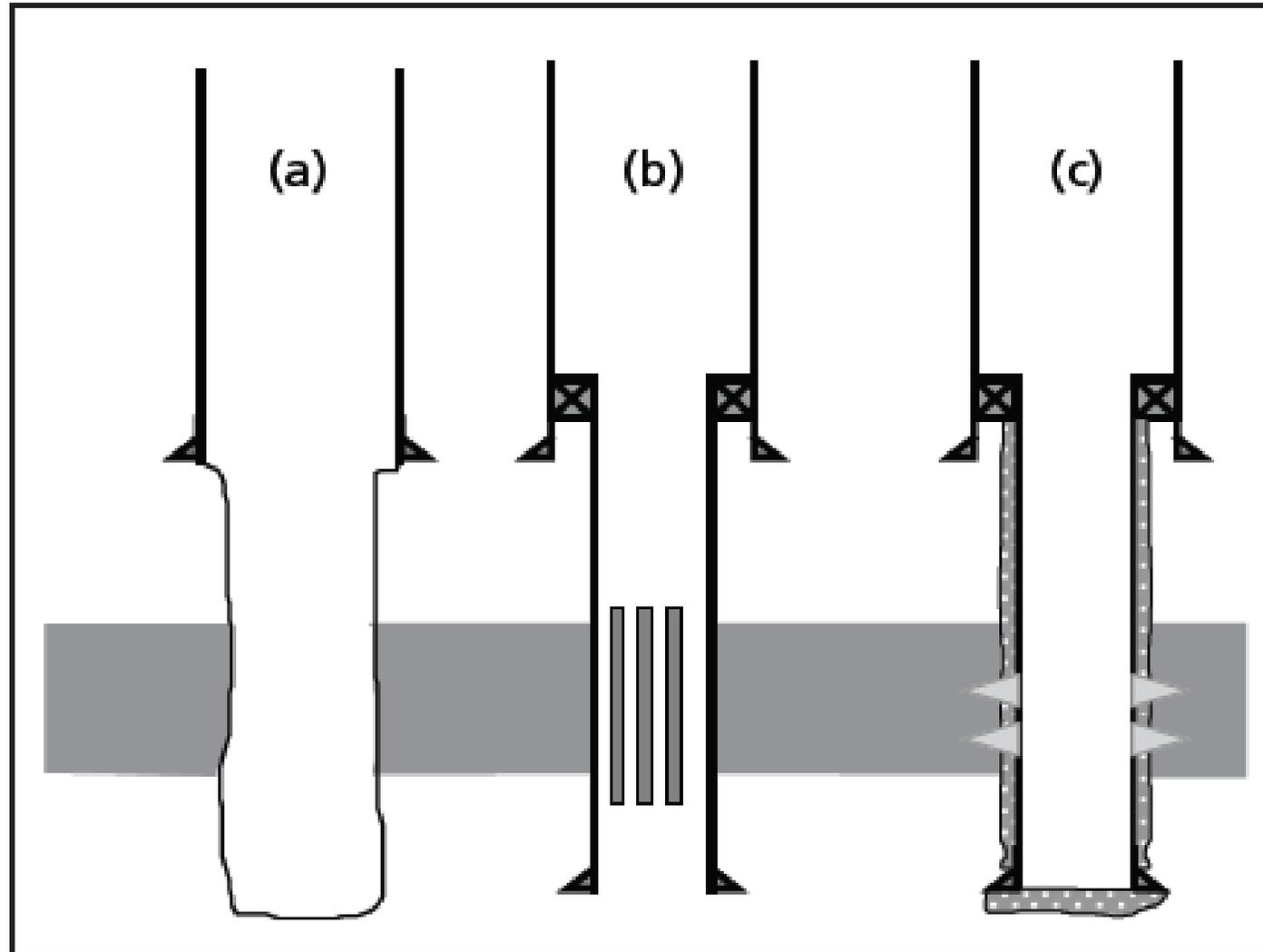
Métodos de completação

(a) Poço aberto (b) *Liner* rasgado (c) *Liner* canhoneado

c) Com revestimento canhoneado

Perfurado o poço até a profundidade final e avaliada a zona como produtora comercial de óleo e/ou gás, o revestimento de produção é descido até o fundo do poço, sendo em seguida cimentado.

Posteriormente, o revestimento defronte dos intervalos de interesse é canhoneado por meio da utilização de cargas explosivas, colocando, assim, o reservatório produtor em comunicação com o interior do poço.



Métodos de completação

(a) Poço aberto (b) *Liner* rasgado (c) *Liner* canhoneado

Quanto ao número de zonas explotadas

Sob este aspecto, as completações podem ser simples, seletivas ou duplas:

a) Simples

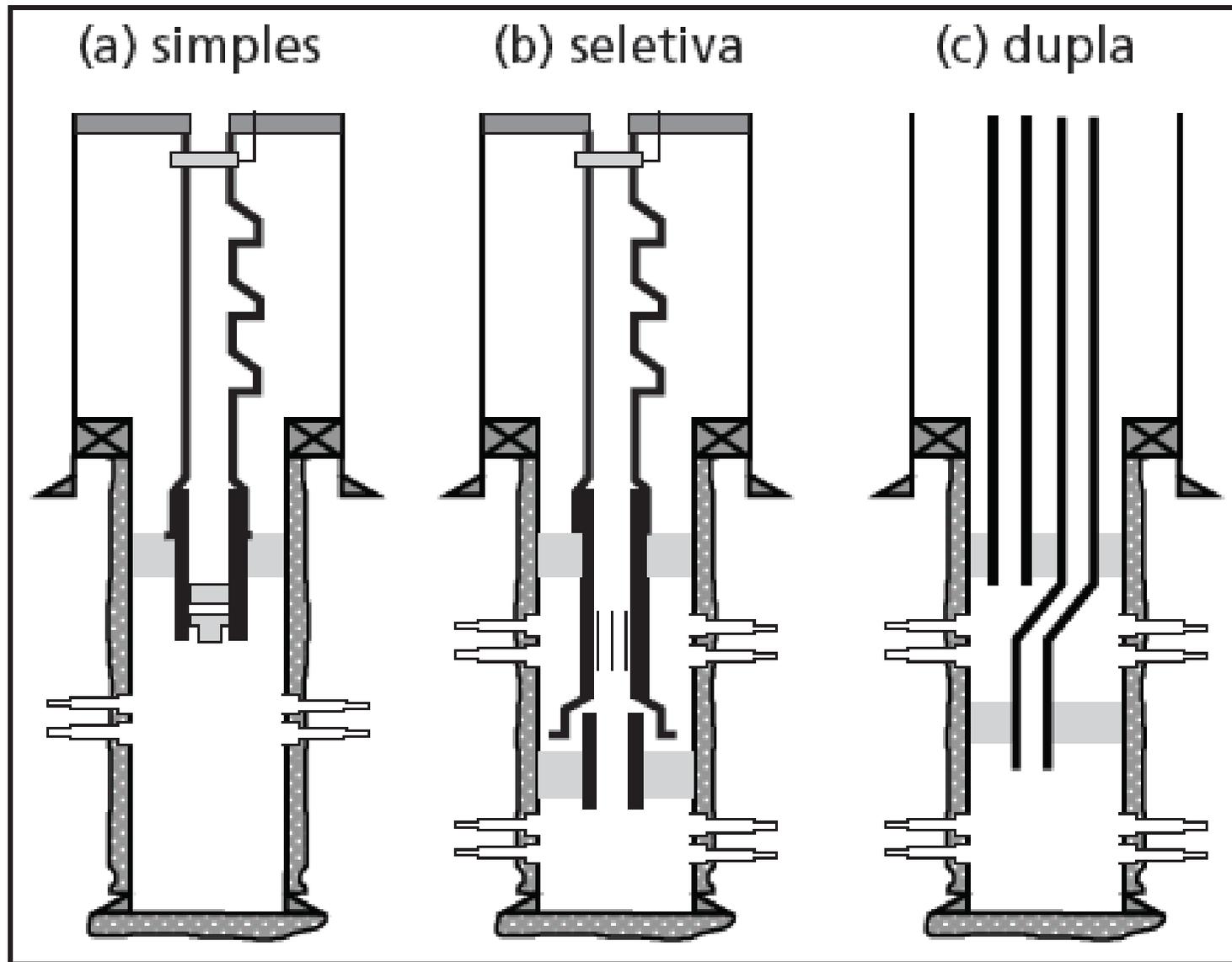
Caracterizam-se pelo poço possuir uma tubulação descida pelo interior do revestimento de produção da superfície até próximo à formação produtora. Essa tubulação, acompanhada de outros equipamentos, denomina-se coluna de produção.

b) Seletiva

Neste caso, somente uma coluna de produção é descida e equipada de forma a permitir a produção de várias zonas ou reservatórios seletivamente, ou seja, uma por vez. Disso resulta o perfeito controle dos fluidos produzidos em cada reservatório, bem como a facilidade operacional de se alterar a zona em produção.

c) Dupla

Esse tipo de completação, ainda não utilizado em poços marítimos, possibilita produzir, simultaneamente, em um mesmo poço, duas zonas ou reservatórios diferentes, de modo controlado e independente, tanto no que diz respeito a volumes produzidos como a pressões, razões gás/óleo e óleo/água etc. Isso só é possível instalando-se duas colunas de produção com obturadores (*packers*).



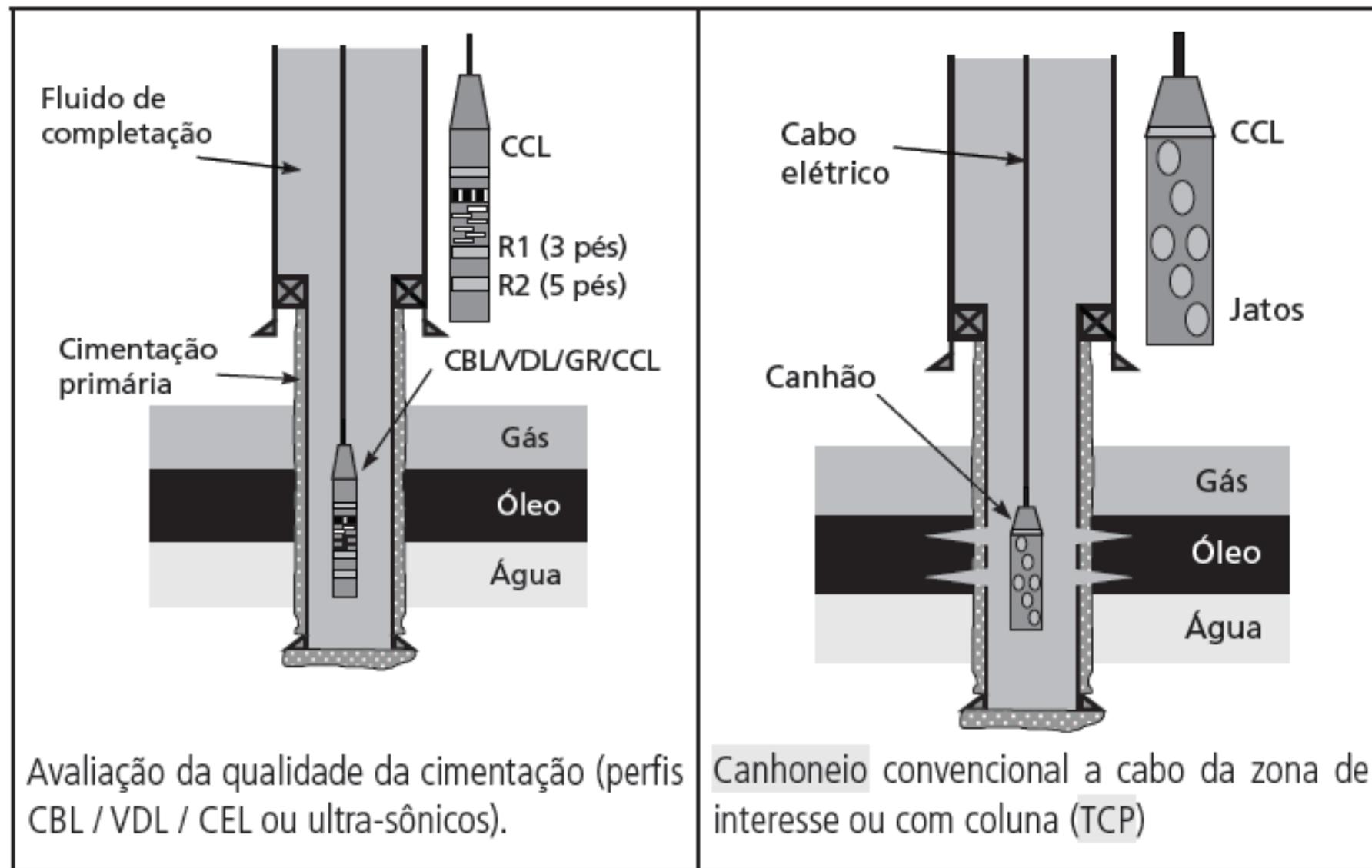
Tipos de completção

Etapas de uma completção

Ao final da perfuração, o poço é abandonado temporariamente para posterior completção. As etapas seqüenciais de uma completção estão apresentadas a seguir. Vale lembrar que para realizar essas operações no poço pode ser necessária uma sonda similar a que o perfurou.

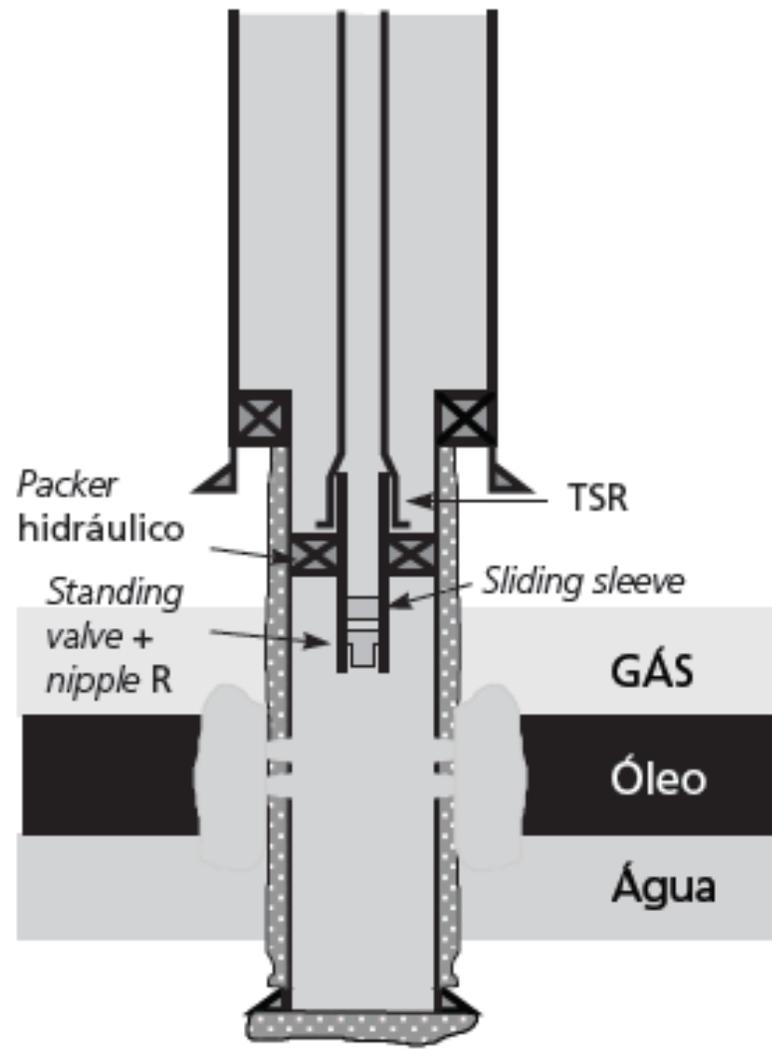
As fases da completção com árvore de natal convencional, cujo método de elevação artificial utilizado é o gas-lift, são as seguintes:

- Instalação dos equipamentos de segurança para controle • do poço;
- Condicionamento do revestimento de produção até o topo do • liner, utilizando água do mar;
- Condicionamento do • liner e substituição do fluido nele contido por fluido de completção (FC).

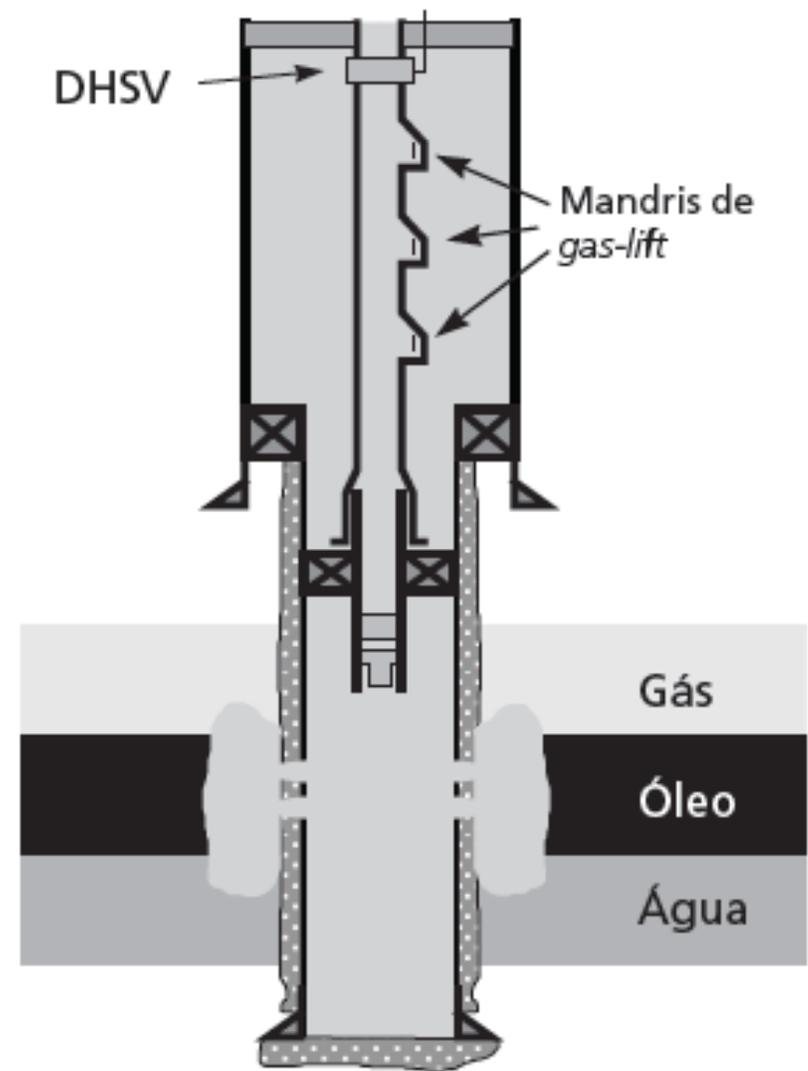


Avaliação da qualidade da cimentação (perfis CBL / VDL / CEL ou ultra-sônicos).

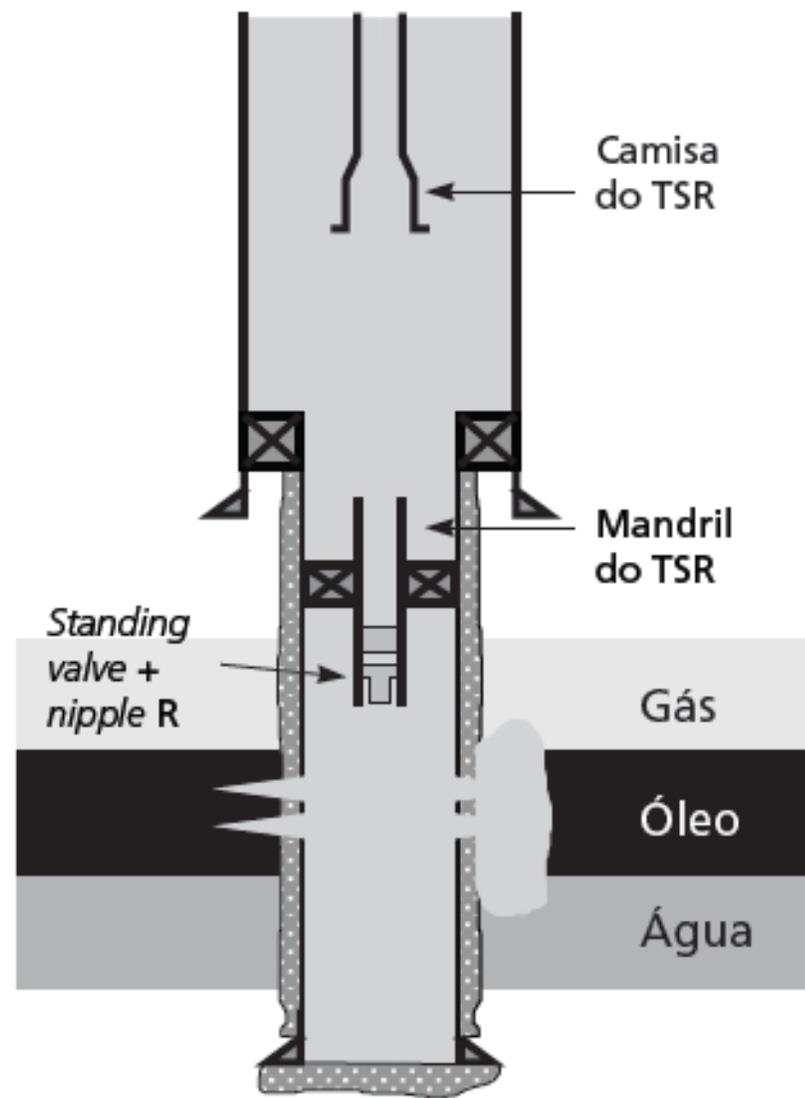
Canhoneio convencional a cabo da zona de interesse ou com coluna (TCP)



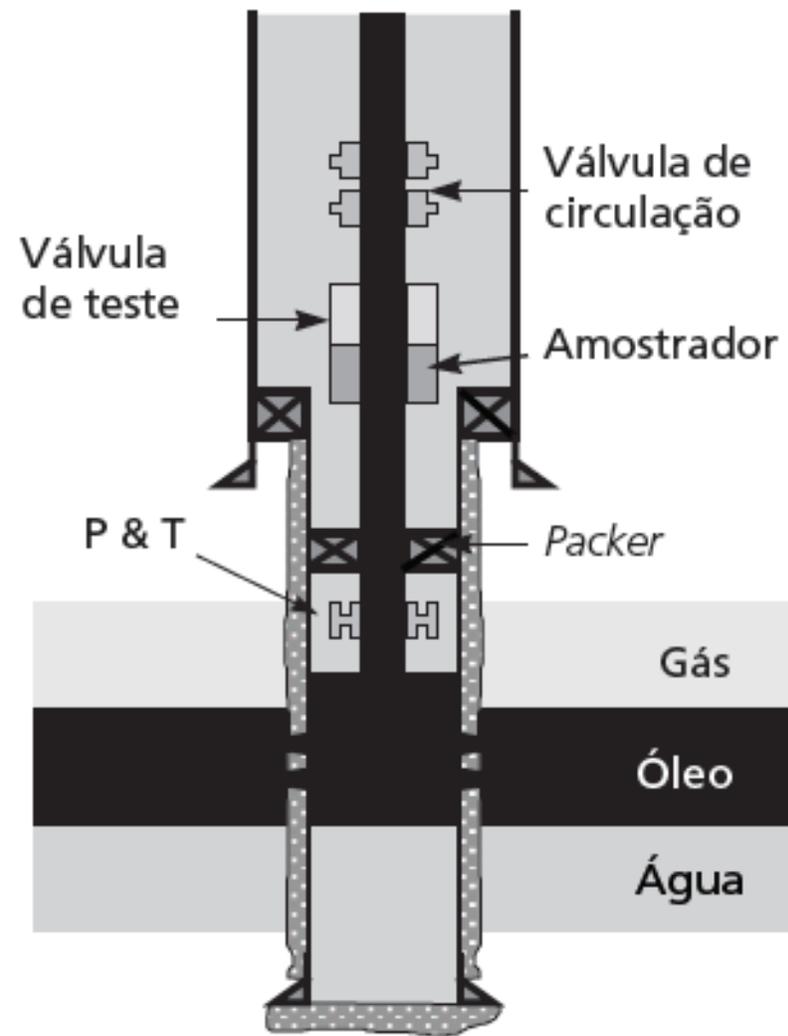
Descida da cauda de produção, efetuada geralmente com coluna de trabalho.



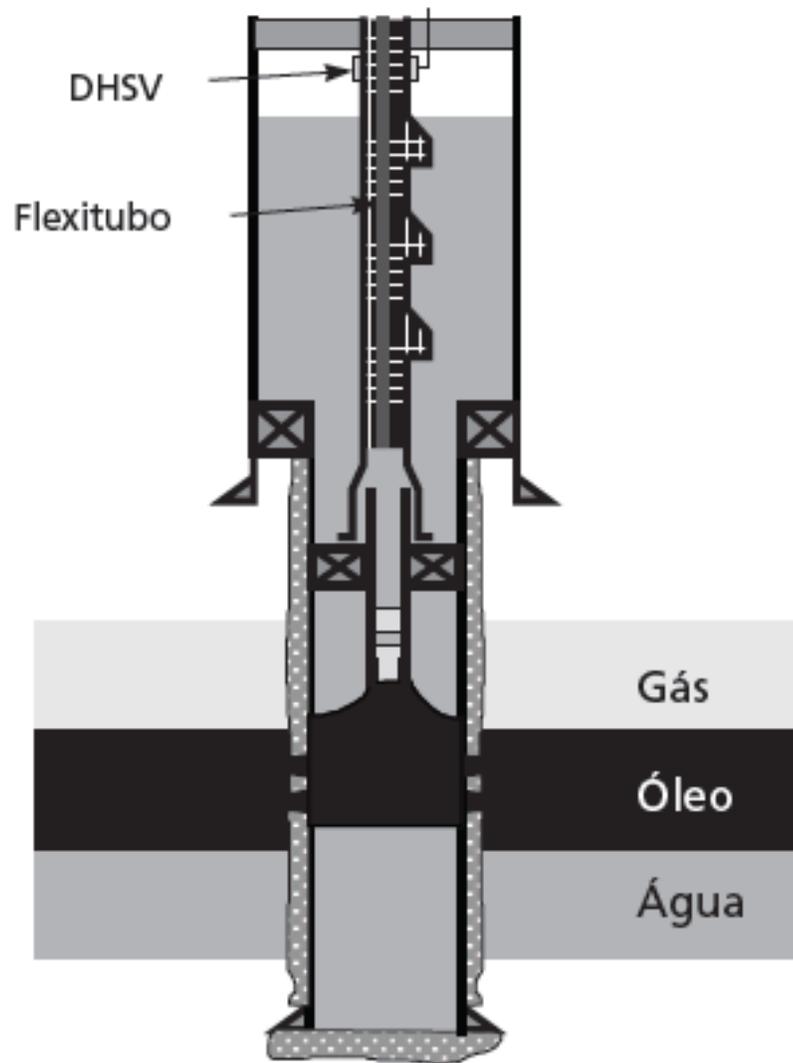
Equipagem do poço, com coluna para produção por *gas-lift*.



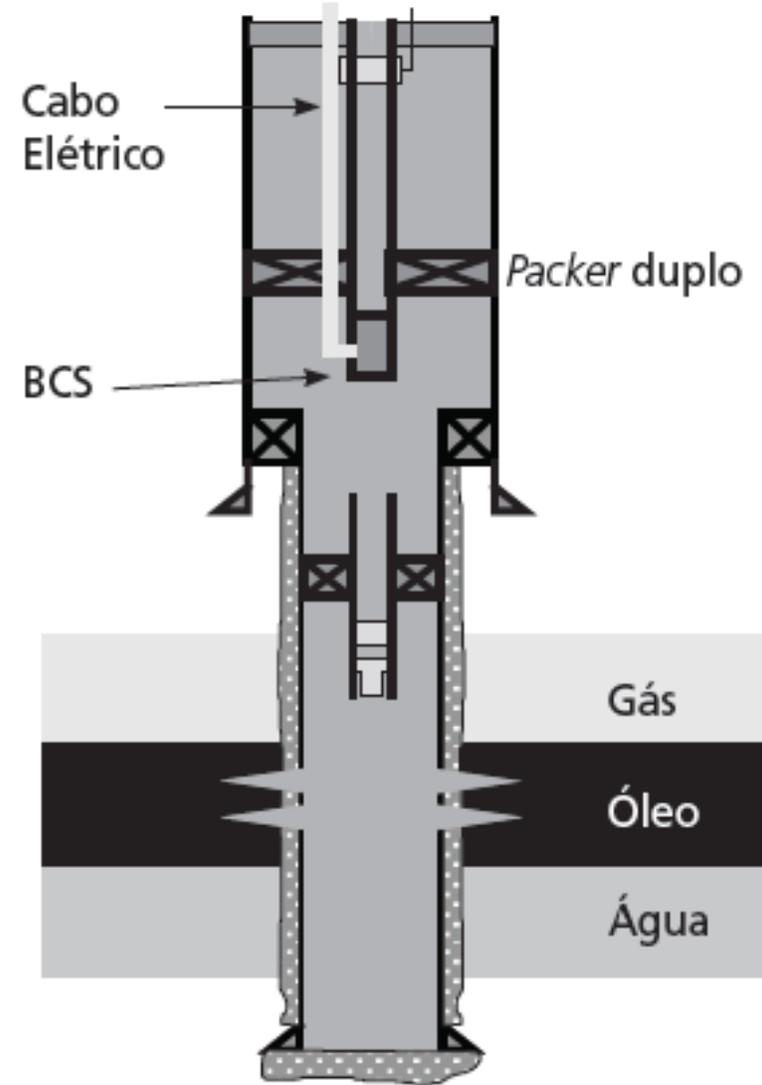
Retirada da coluna de trabalho, com a camisa do TSR.



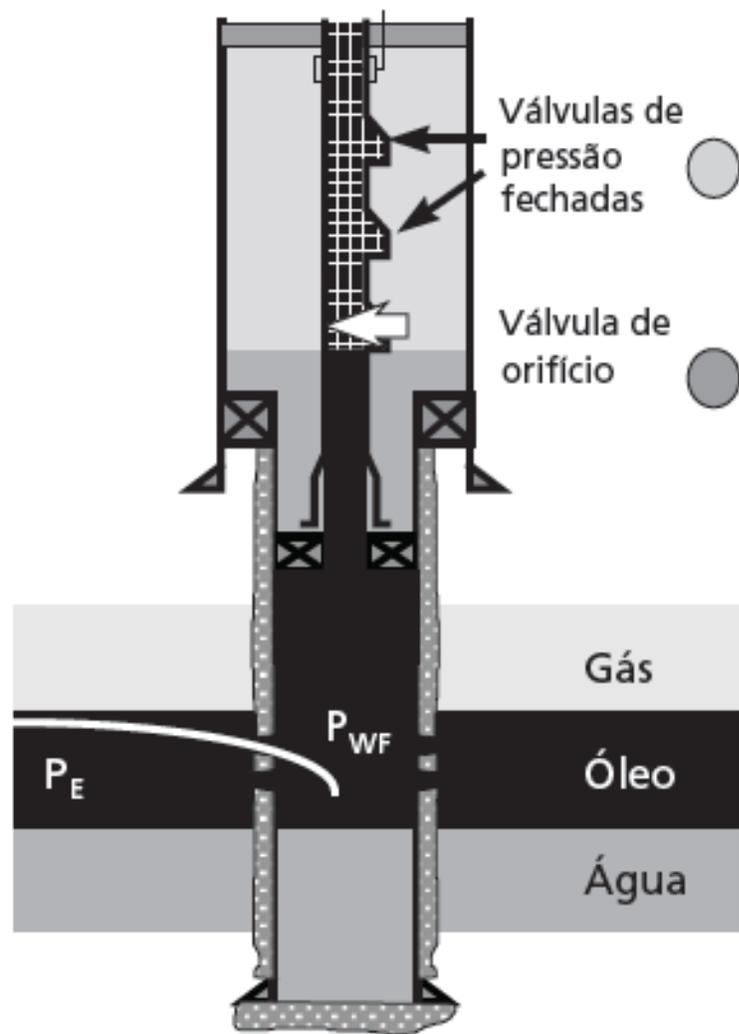
Avaliação da formação de interesse com coluna especial para TFR.



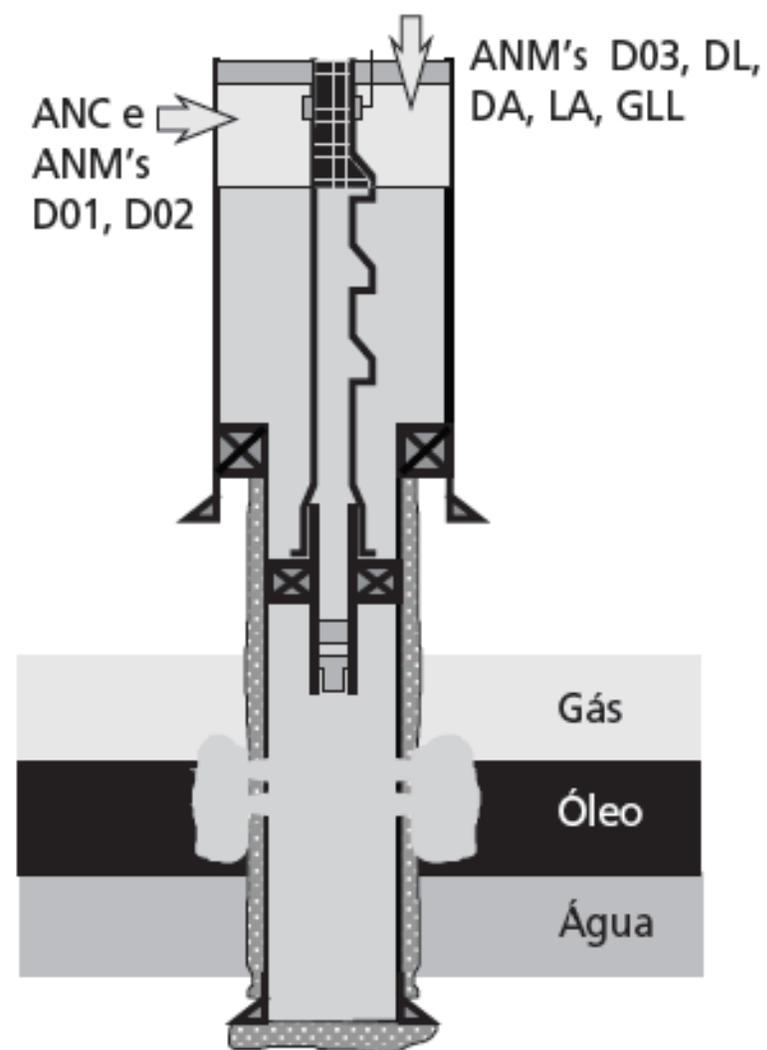
Induzindo **surgência** em um poço com auxílio de flexitubo.



Poço equipado com **BCS**, bastando ligar bomba para indução da **surgência**.



Gás atinge a válvula operadora (poço surgente) e a 1ª e a 2ª válvulas fecham.



Início da indução de surgência, com injeção de gás no anular.

Condicionamento do revestimento e poço

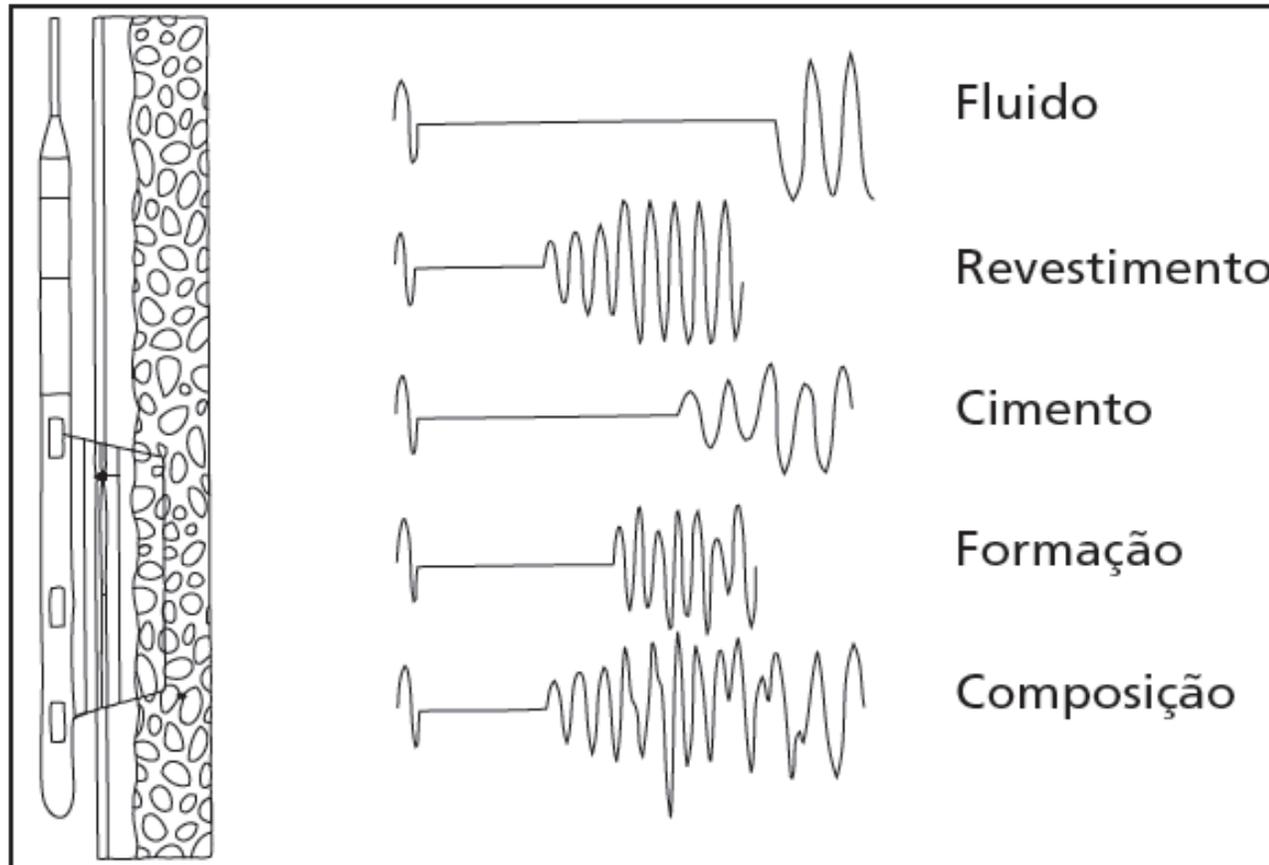
Na reentrada no poço, com vistas à sua completação, depois da sonda estar posicionada, retira-se a capa de abandono, limpa-se a cabeça do poço e instala-se o BOP (o mesmo utilizado na perfuração) conectando-o diretamente à cabeça de poço, com o objetivo de possibilitar o acesso ao seu interior com toda a segurança necessária para execução das demais fases

Uma vez instalado os equipamentos de segurança, condiciona-se o revestimento de produção. São descidos broca e raspador. A broca é utilizada para cortar os tampões de cimento ou mecânicos deixados no interior do poço abandonado pela perfuração. Conclui-se essa fase com a substituição do fluido que se encontra no interior do poço pelo fluido de completação (FC).

O fluido de completação é, basicamente, uma solução salina, isenta de sólidos, compatível com a formação e com os fluidos nela contidos, de forma a não causar danos à formação e de fornecer pressão hidrostática no interior do poço um pouco superior à pressão estática das formações.

Pesquisa da cimentação primária

A cimentação tem o objetivo de promover a vedação hidráulica entre os diversos intervalos permeáveis ou até mesmo dentro de um único intervalo permeável, impedindo a intercomunicação de fluidos por detrás do revestimento. Além disso, a cimentação propicia suporte mecânico ao revestimento.



Ferramenta acústica para perfilagem CBLVDL.
Respostas acústicas em diferentes meios de propagação

Canhoneio

A função do canhoneio é perfurar, simultaneamente: o revestimento, o cimento que há entre o revestimento e a formação. Além disso, tem que ultrapassar a zona de invasão de filtrado que ocorre durante a perfuração e que é danificada. Feito isso, ainda irá penetrar algumas polegadas na rocha produtora.

A idéia mais comum é que o canhoneio seja feito pelo disparo de projéteis contra o revestimento, mas isso não ocorre. Na verdade, o canhão é formado por cargas moldadas que, ao serem detonadas, não explodem pura e simplesmente, mas devido à geometria de sua construção concentram toda a sua potência em uma única direção, acarretando um jato de plasma com espantosa velocidade e pressão, acima de 4.000.000 psi, 272.000 atm.

Os principais tipos de canhoneio são:

a) Convencional

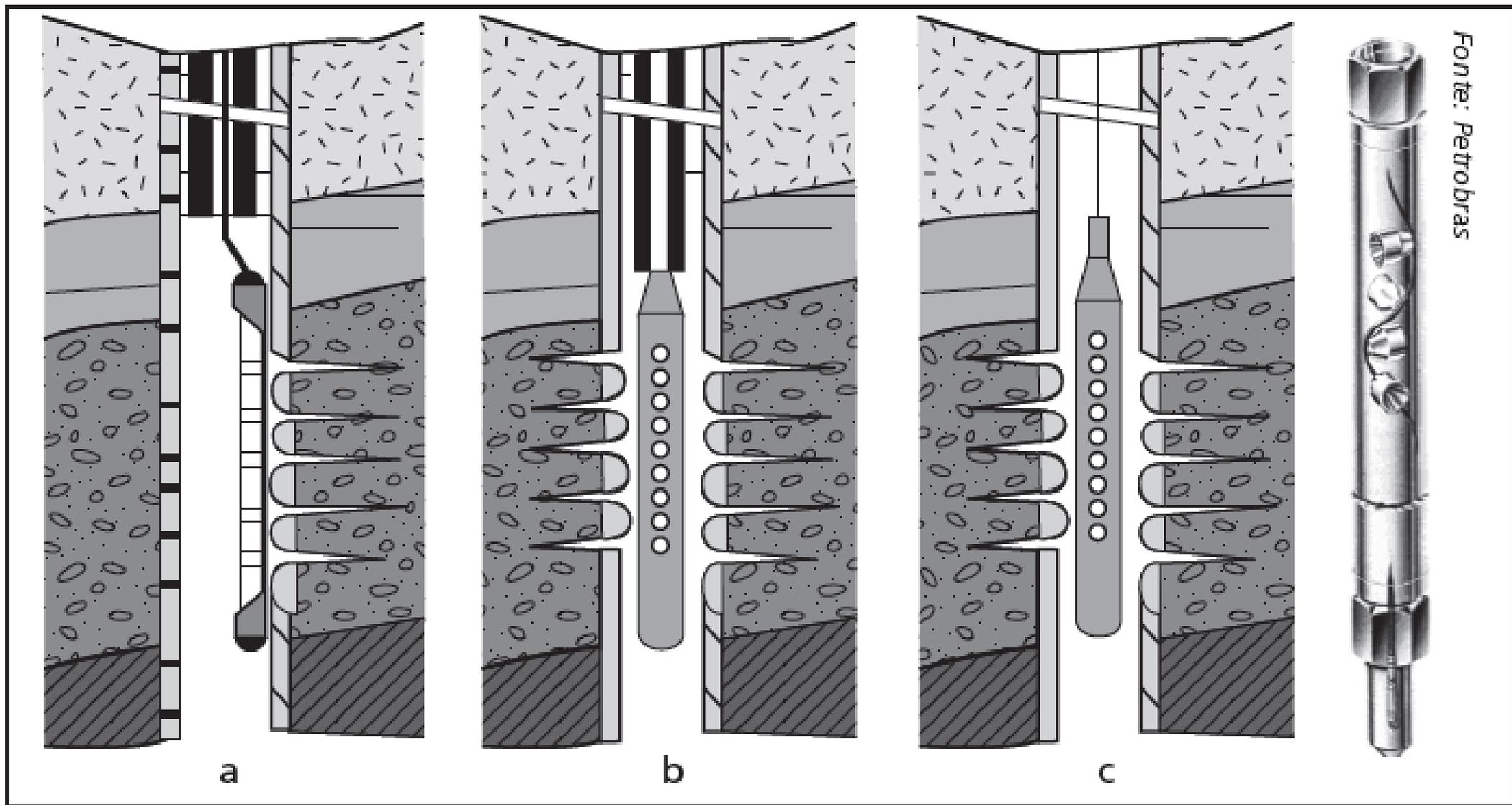
As cargas são montadas dentro de recipientes que as isolam do fluido do poço à pressão atmosférica. Os canhões são descidos e disparados por cabo elétrico.

b) *Tubing Conveyed Perforation* (TCP)

O sistema ***Tubing Conveyed Perforation* (TCP)** é descido na extremidade de uma coluna de tubos e os canhões são de grande diâmetro e alta densidade de disparos.

c) *Thrutubing*

É um canhão montado para descer, com cabo elétrico, através da coluna de produção. Em alguns casos, inclusive, é disparado de dentro da coluna. A principal vantagem é que não é necessário desequipar o poço para efetuar o canhoneio.



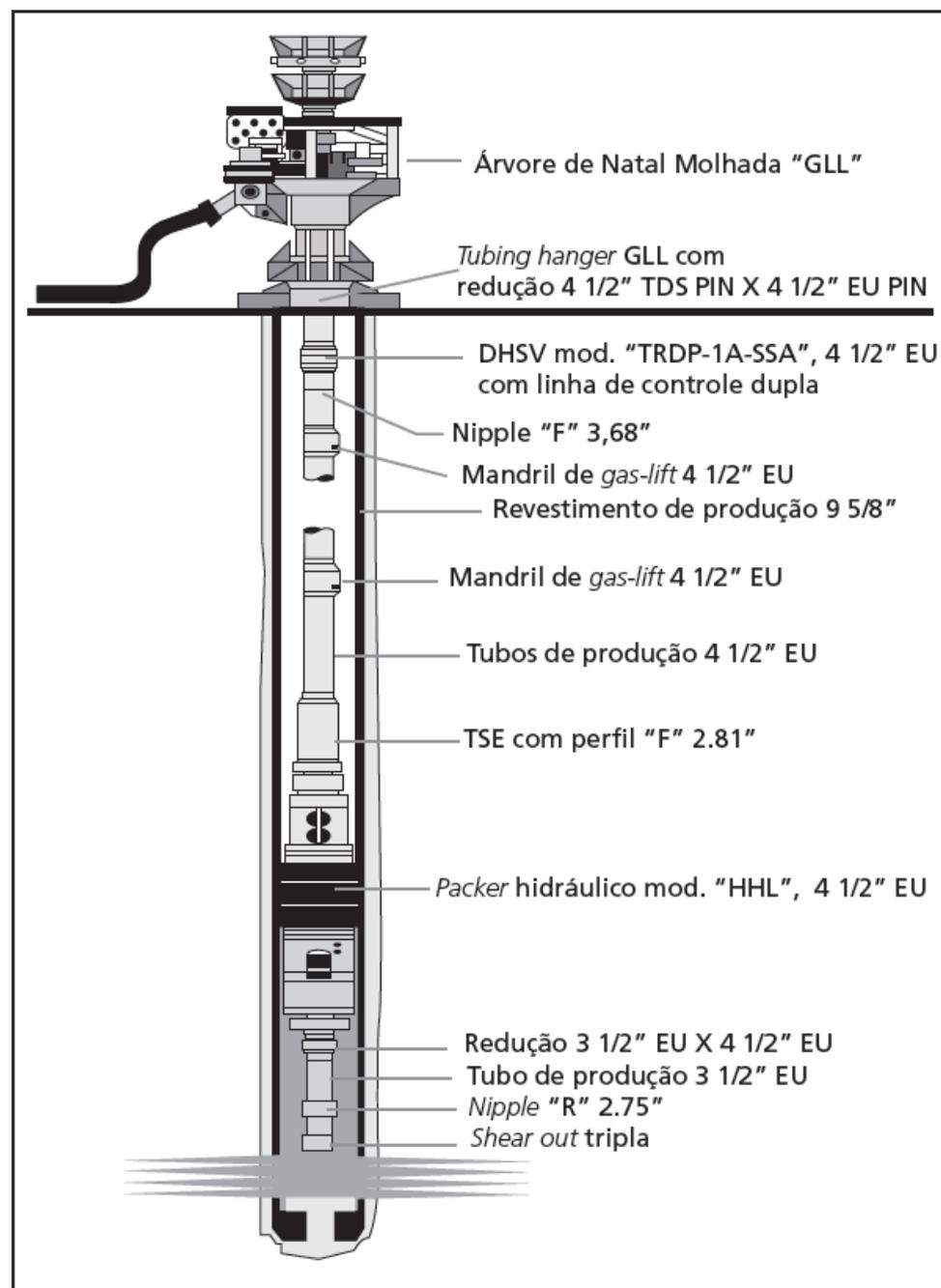
Fonte: Petrobras

Tipos de canhão: *Thrutubing* (a), TCP (b) e canhão convencional a cabo (c).
Detalhe do canhão convencional: descido c/cabo elétrico; cargas explosivas distribuídas em fase de 90°; cordão detonante interligando as cargas.

Principais componentes da coluna de produção (COP)

A pressão hidrostática gerada pelo fluido de completação existente no poço impede que haja fluxo de óleo ou gás natural para o interior do poço pelos canhoneados (furos que o canhoneio fez no revestimento, cimento, chegando até a rocha-reservatório). Essa condição permite a instalação da coluna de produção.

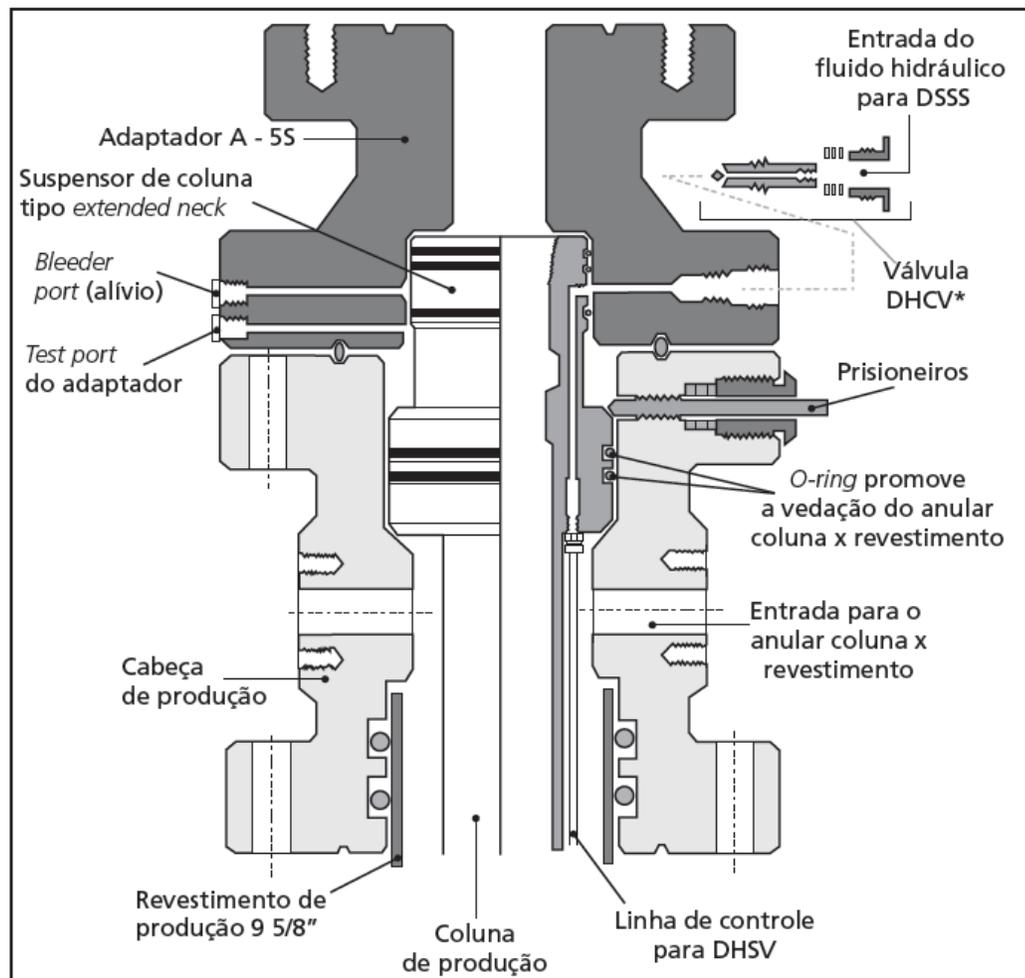
A coluna de produção (COP) é um conjunto de equipamentos específicos e de tubos enroscados, descido e instalado no interior do poço, com a finalidade de permitir um caminho, com fluxo controlável, do óleo ou gás natural no interior do poço até a superfície.



Esquema de coluna de produção: poço típico de elevação por *gas-lift*, equipado com ANM GLL.

2.5.1. Cabeça de poço

A **cabeça de poço** é composta de equipamentos na superfície ou no fundo do mar nos quais são ancorados os revestimentos. Além disso, suporta a árvore de natal. Nas ilustrações a seguir estão apresentados alguns tipos de cabeça de poço usados na Petrobras:

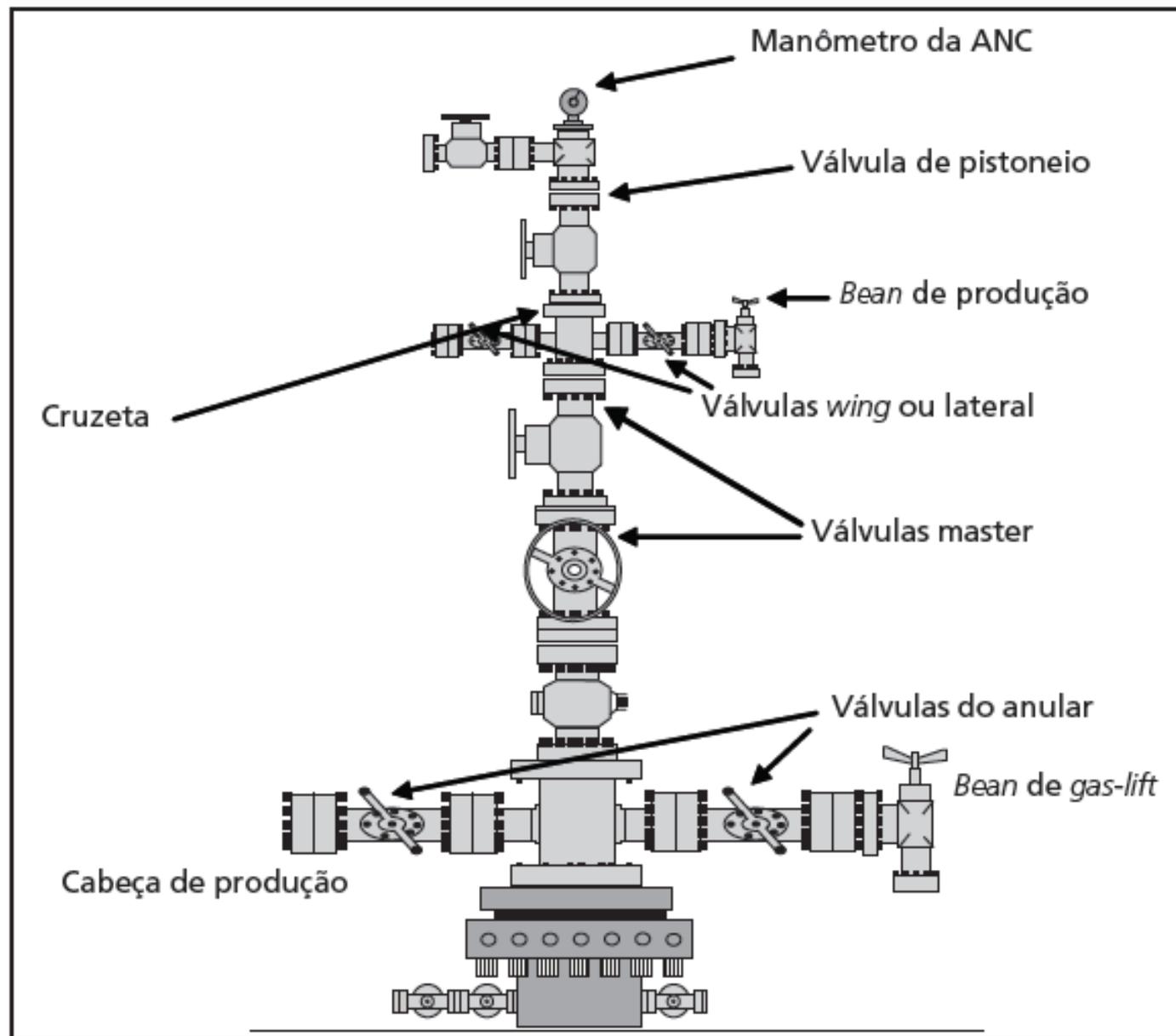


Cabeça de poço equipado com elevação por *gas-lift* e adaptador para árvore de natal seca. Comum em plataformas fixas e em poços terrestre de *gas-lift*

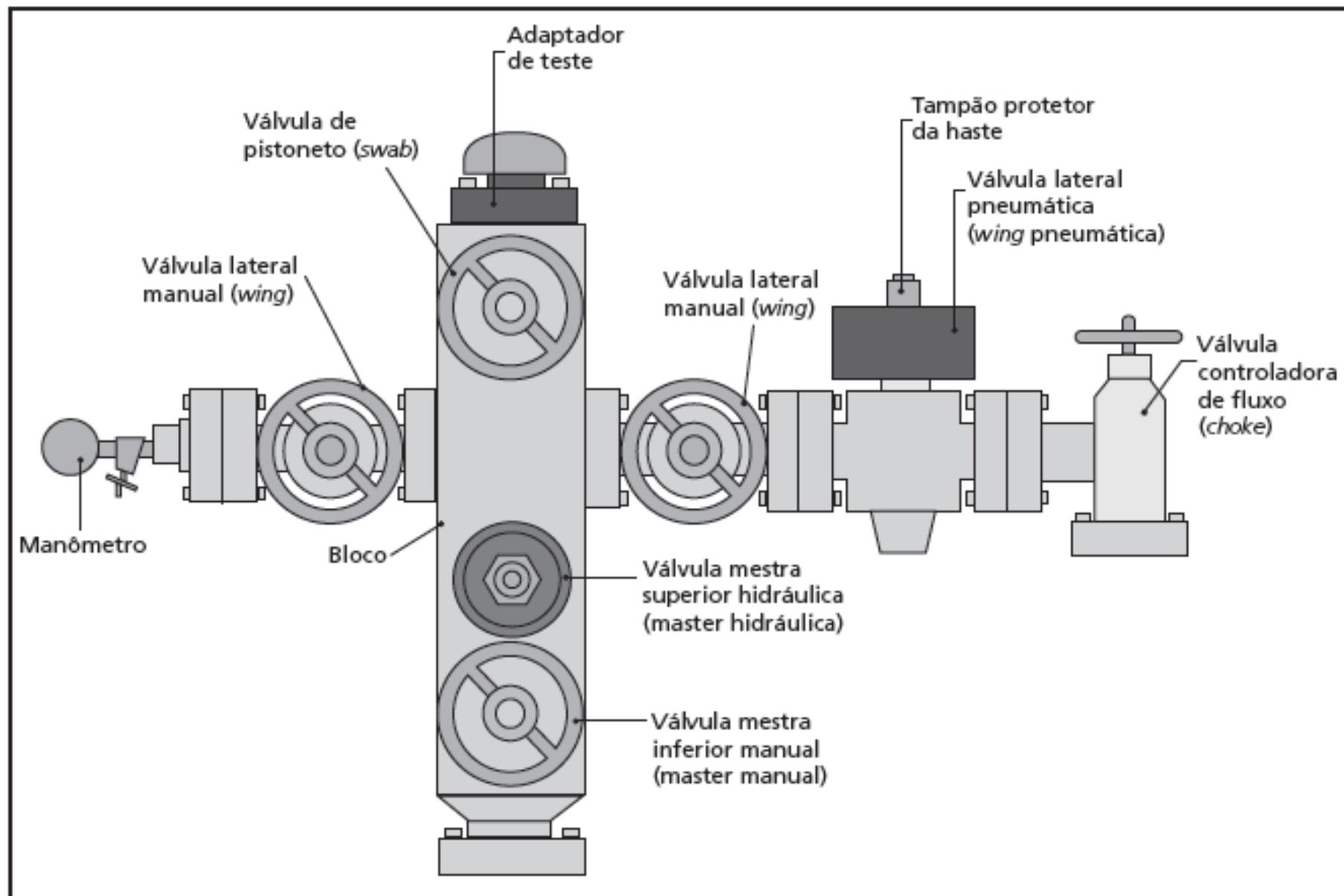
2.5.2. Árvore de natal seca ou convencional (ANS ou ANC)

As árvores de natal secas ou convencionais são usadas em completação seca, ou seja, quando a cabeça de poço e demais equipamentos de controle de fluxo são instalados acima do nível do mar e os técnicos de operação têm acesso direto às válvulas de fechamento do poço. As válvulas das ANS podem ser:

- Manuais;
- De acionamento remoto, hidráulicas ou pneumáticas.



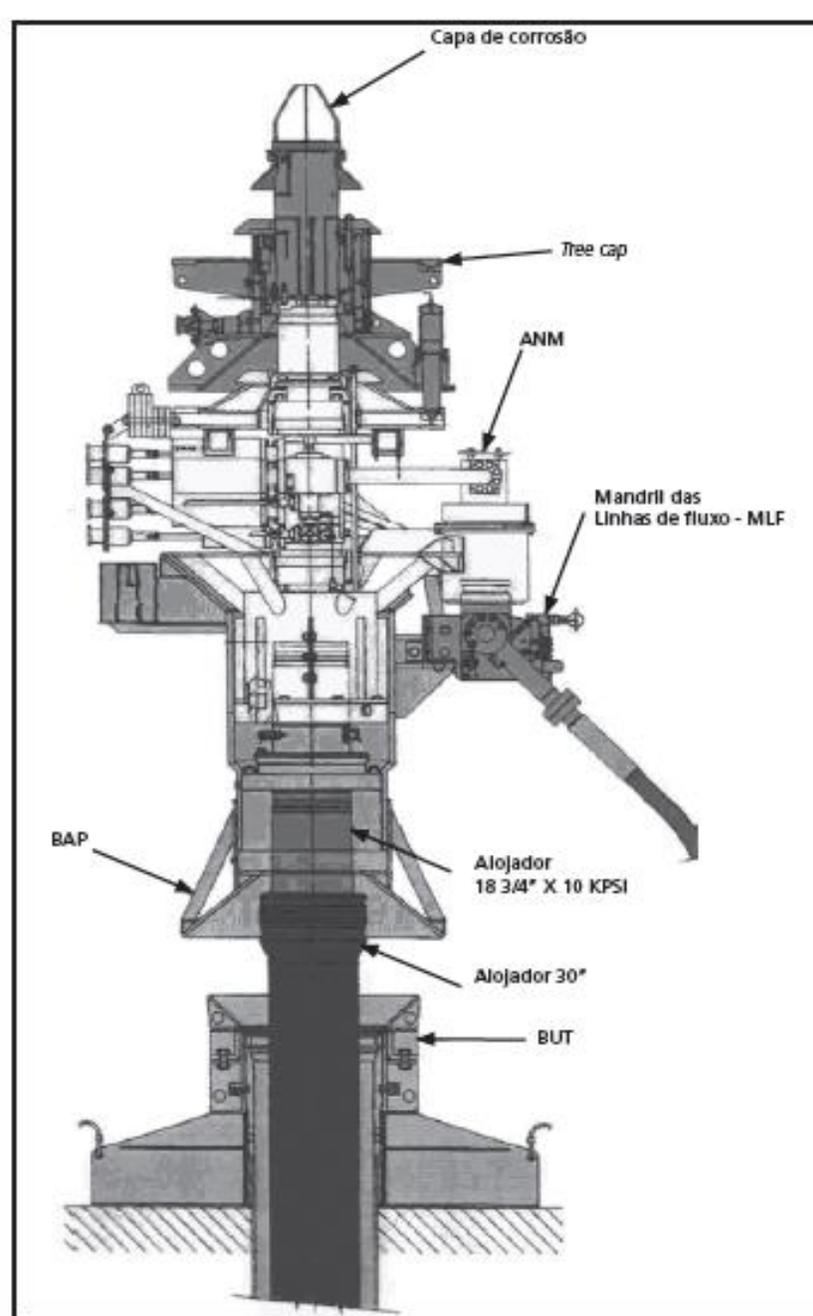
Árvore de natal seca, tipo cruzeta, usada em poços surgentes ou de produção por *gas-lift*



Árvore de natal seca, tipo bloco, usada em poços surgentes ou de produção por *gas-lift*

2.5.3. Árvore de natal molhada (ANM)

A **árvore de natal molhada** é o equipamento de superfície constituído por um conjunto de válvulas, com acionamento hidráulico e/ou manual, dispostas em bloco, usada em poço submarino. A ANM interliga-se à plataforma de produção por meio de um conjunto de linhas de fluxo e um sistema de controle interligado a um painel, com essa finalidade.



Fonte: Petrobras

Esquema de montagem conjunto ANM

