

2 Sistemas de Produção em Águas Profundas

O processo de seleção do conceito para desenvolvimentos de campos de petróleo em águas profundas, é um passo importante assegurando sucesso do projeto. Como cada reservatório apresenta desafios específicos, é recomendável que uma avaliação completa e objetiva de opções de árvores de natal molhadas e secas, seja realizada durante o processo de seleção do conceito, incluindo análises de custos, riscos e flexibilidade do sistema, para maximizar as chances de seleção do conceito de desenvolvimento mais adequado às características do reservatório.

Dependendo do tipo de competição selecionado, o arranjo final campo é o resultado de um processo de otimização que envolve diversas variáveis, tais como: número de poços e posicionamento dos mesmos, comprimento e diâmetro dos dutos de produção, posicionamento da unidade produção flutuante, tipo de ancoragem, meios de instalação, perfil de produção desejado, necessidade de utilização de meios de elevação artificial, etc...

Este capítulo apresenta uma visão geral dos componentes de um sistema de produção em águas profundas, descrevendo de forma sucinta as principais características dos sistemas de completação seca e molhada, equipamentos e tipos de poços aplicáveis em ambas as filosofias de competição.

2.1. Tipos de Completação (quanto ao posicionamento da cabeça do poço)

O termo *completação* refere-se ao conjunto de operações destinadas a equipar o poço para a produção de óleo ou gás, bem como para a injeção de fluidos no reservatório.

A completação de um poço de petróleo permite que o reservatório de hidrocarbonetos seja conectado de maneira segura e controlada à unidade

estacionária de produção, e consiste na instalação de diversos equipamentos tanto no interior do poço de petróleo como também no seu exterior. Estes equipamentos são responsáveis pelo controle da vazão dos fluidos e funções auxiliares como: elevação artificial, aquisição de dados e controle da produção de areia.

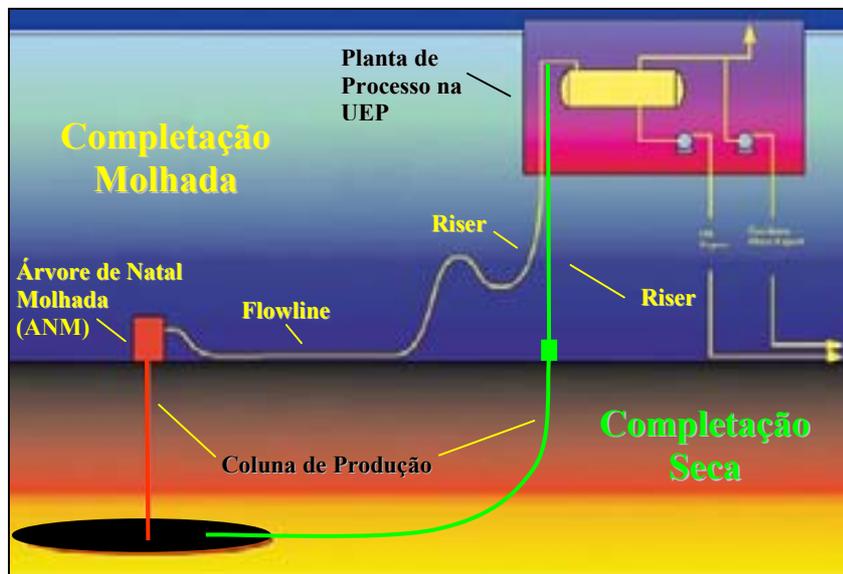


Figura 4- Arranjo esquemático de sistemas de produção (completção seca e molhada)

Quando o sistema de cabeça do poço fica posicionado na superfície, denomina-se este sistema de **completção seca**. Neste caso, o conjunto de válvulas que controla a produção do poço é simples e de fácil manutenção, assim como o acesso ao poço. Este sistema é dependente de unidades flutuantes de produção com movimentos extremamente reduzidos, de forma a não comprometer a integridade dos *risers* rígidos que conectam a árvore de natal na superfície à cabeça do poço no fundo do mar.

Quando o sistema de cabeça do poço fica posicionado no fundo do mar, denomina-se este sistema de **completção molhada**. Este sistema necessita de um conjunto de válvulas para controle da produção do poço, bem mais sofisticado (árvore de natal molhada – ANM). A manutenção do equipamento e o acesso ao poço são mais complicados e dispendiosos. Devido as configurações disponíveis para os *risers*, tanto rígidos quanto flexíveis, a completção molhada permite o emprego de unidades flutuantes de produção com maiores movimentos, tais como Semi-submersíveis e FPSO's.

2.1.1. Completação Seca

Diz-se que um poço é de completção seca se a árvore de natal fica localizada acima da superfície do mar, este tipo de poço permite que sua intervenção seja feita por meio de uma sonda de superfície instalada na própria plataforma produtora. A conexão da árvore de natal ao poço, dá-se através de um *riser* rígido, ancorado nos equipamentos instalados no fundo do mar.

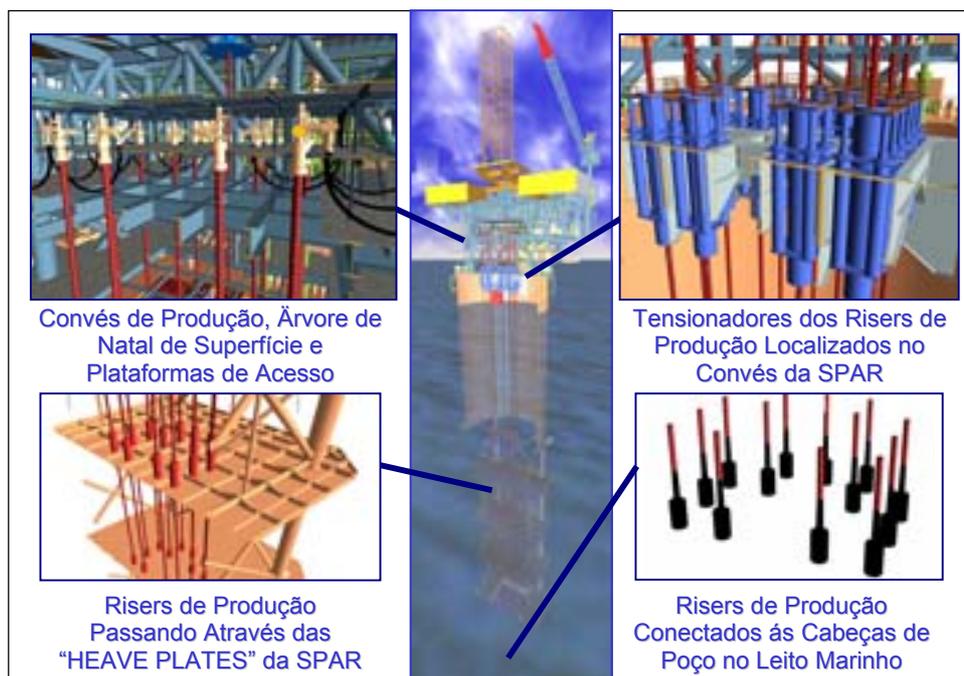


Figura 5- Componentes de um sistema de produção com árvore de natal na superfície (completção seca)

A possibilidade de acessar os poços diretamente, permite que o fator de recuperação de reservatórios com completção seca seja maior do que nos reservatórios que utilizam completção submarina, sendo esta a maior das vantagens da completção seca.

2.1.2. Completação Molhada

Na completção molhada a cabeça de poço e sua árvore de natal ficam no fundo do mar. Em águas profundas, este equipamento é instalado com o auxílio de ROV (Remote Operated Vehicle), já que não é viável a utilização de mergulhadores em profundidade superiores a 300m. Para conduzir o óleo da

árvore de natal molhada (ANM) até a plataforma de produção, são utilizadas tubulações rígidas ou flexíveis.

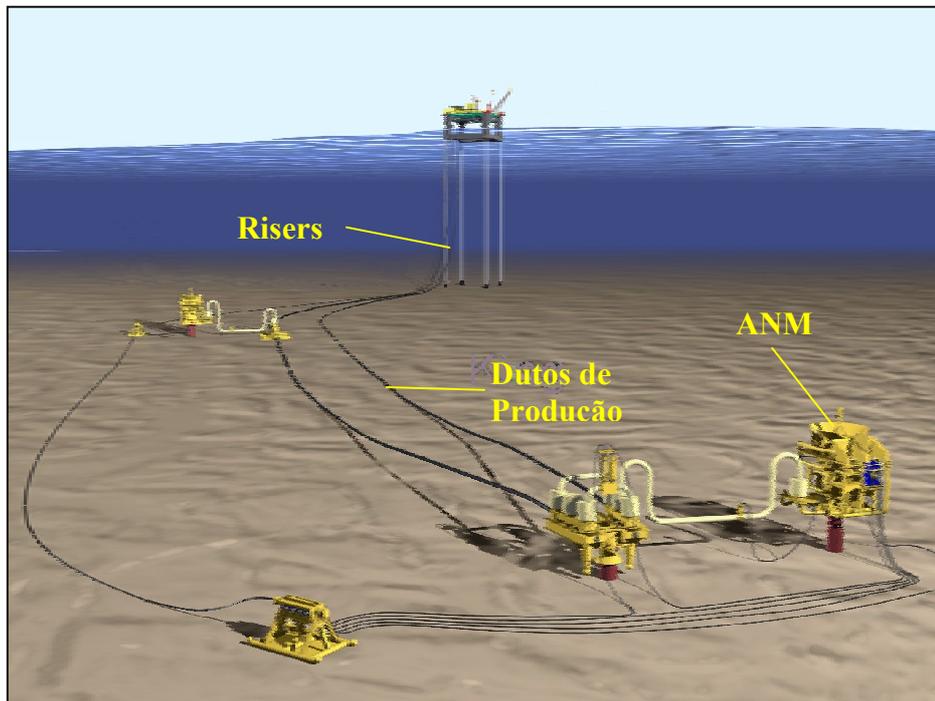


Figura 6- Completção submarina (molhada)

2.2. Árvore de Natal

A “Árvore de Natal” é um equipamento constituído por um conjunto de válvulas, cuja principal função é permitir o controle do poço de produção ou injeção. Conforme o tipo de completção usada, a árvore de natal pode ser do tipo molhada ou seca. A molhada é instalada na cabeça do poço no fundo do mar e a seca é instalada no topo do *riser* na plataforma.

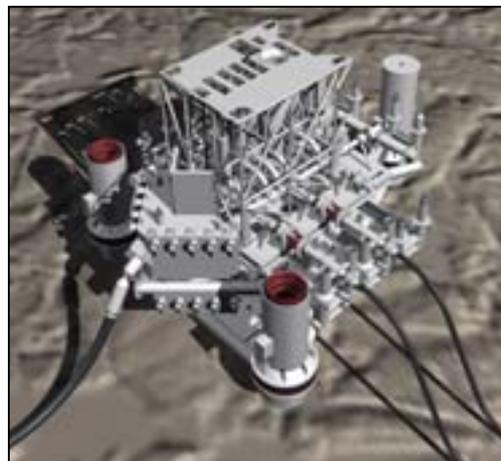


Figura 7- Árvore de natal molhada (ANM)

2.3. Tubulações do Sistema de Produção

As tubulações do sistema de produção estão divididas basicamente em dois grupos: coluna de produção e dutos de produção. Em sistemas com completação seca, a coluna de produção estende-se até a superfície, enquanto na completação submarina, esta coluna termina ao nível da árvore de natal molhada. A partir deste ponto, o óleo é conduzido até a superfície através de dutos de produção, que podem ser flexíveis ou rígidos.

2.3.1. Coluna de Produção

A Coluna de produção é uma tubulação de aço de pequeno diâmetro que transporta o fluido produzido da formação até a cabeça do poço no fundo do mar, no caso de campos de petróleo “offshore”.

Quando o reservatório não dispõe de energia suficiente para permitir os níveis de vazão considerados econômicos, torna-se necessária a suplementação de energia através das técnicas de “elevação artificial”. Dentre estas técnicas, a mais empregada no desenvolvimento de campos submarinos no Brasil, é a denominada de *gas-lift*. Esta técnica consiste na injeção de gás na parte inferior da coluna de produção, de forma a utilizar a energia de gás comprimido para elevar o fluido até a superfície.

2.3.2. Dutos de Produção

Os dutos de produção têm a finalidade de transportar o fluido produzido, desde a cabeça do poço até a unidade estacionária de produção (UEP) e pela sua constituição podem ser rígidos ou flexíveis. Na completação submarina, a árvore de natal molhada (ANM) é instalada na cabeça do poço e a esta são conectados os dutos de produção. Em alguns sistemas de completação submarina são usados equipamentos que convergem a produção de mais de um poço, denominados de “*manifold*”.

A parte suspensa de um duto de produção é denominada de *riser* (parte dinâmica), e são componentes críticos de um sistema submarino de produção, por estarem submetidos a elevados esforços de fadiga devido à ação de correnteza, efeito das ondas e movimentação da UEP. No caso de completação molhada, a parte do duto de produção depositada no fundo do mar é chamada de *flowline* (parte estática).

Os *risers* podem ser classificados de acordo com a sua configuração, material e finalidade. Com base na sua configuração, podemos classificá-los em vertical, catenária ou complexa (usando flutuadores).

- a) Vertical: É aplicada uma força de tração no topo, com a finalidade de manter o *riser* sempre tracionado, evitando a sua flambagem. Esta configuração demanda a utilização de plataformas com baixa resposta dinâmica. Normalmente, a aplicação da completação seca está associada à adoção de plataformas dos tipos “SPAR” ou “TLP”. Maiores informações sobre estes tipos de plataformas podem ser obtidas no Apêndice A.

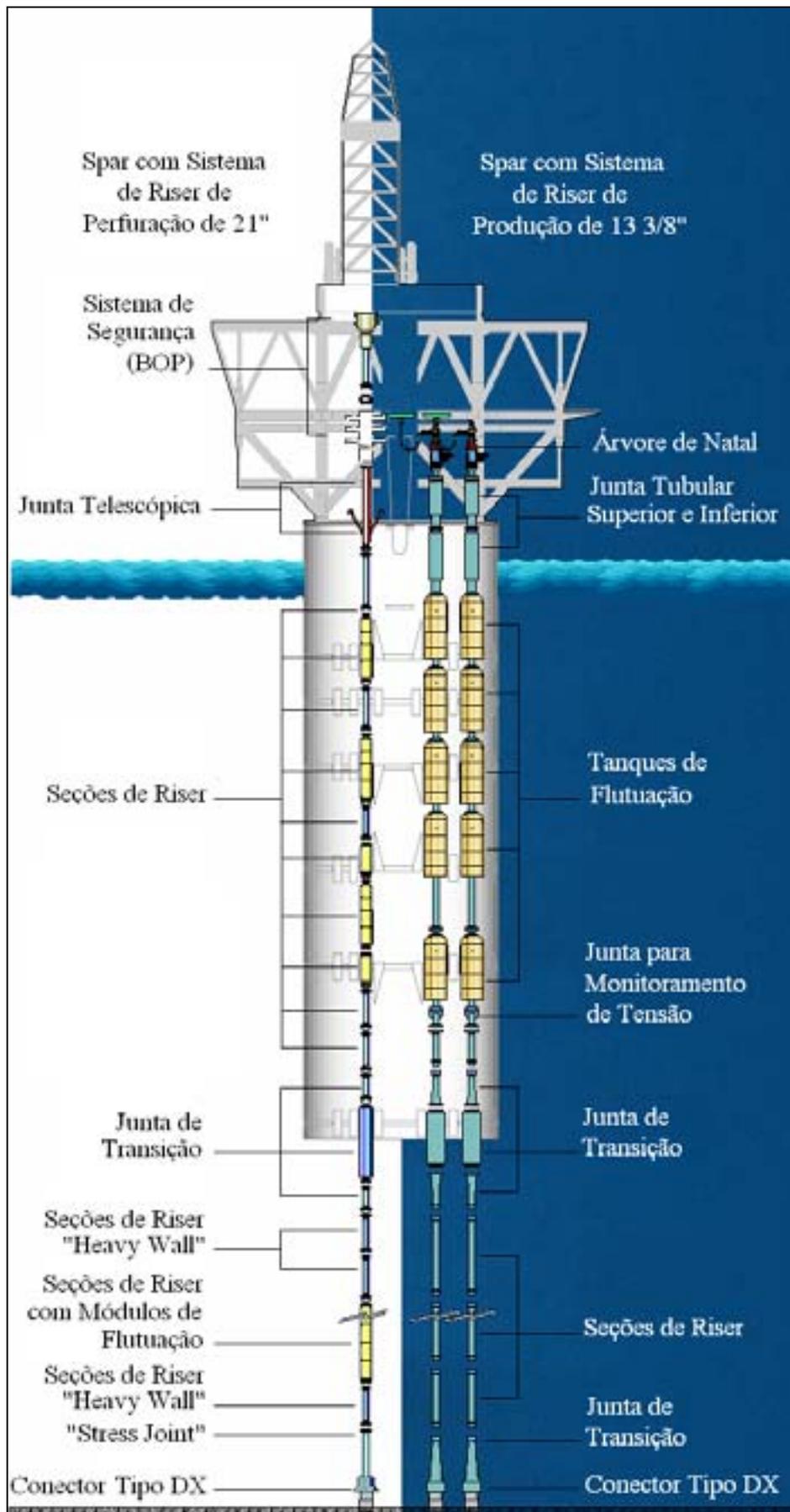


Figura 8- Riser com configuração vertical, fonte: Dril-Quip

- b) Catenária: Na maioria dos casos não é aplicada força de tração no topo. As extremidades (topo e fundo) não estão no mesmo alinhamento.

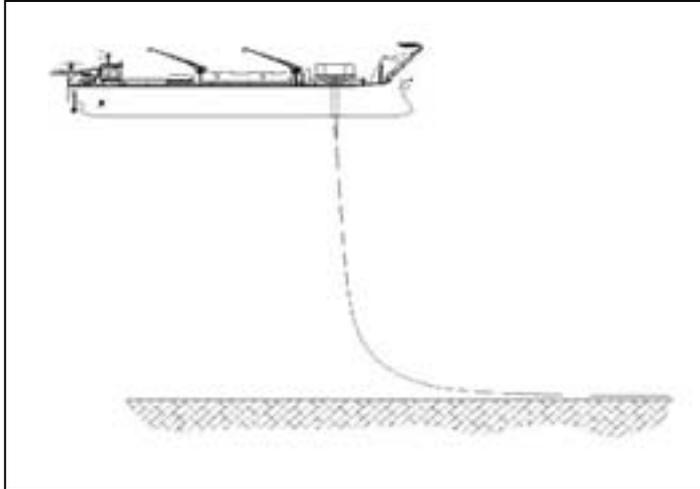


Figura 9- Riser com configuração em catenária

- c) Complexa: Derivada da configuração em catenária, o riser assume uma geometria em forma de catenária dupla através da instalação de flutuadores ou bóias mantidas submersas com poitas.

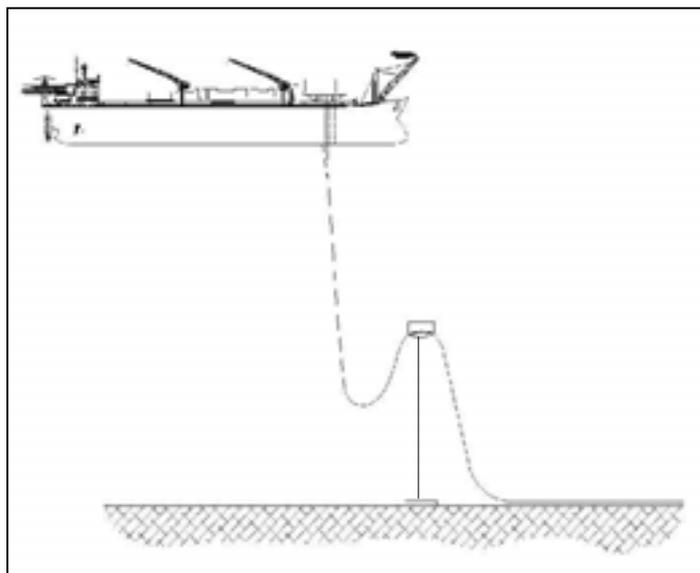


Figura 10- Riser com configuração complexa- "Lazy S"

De acordo com o material, podemos classificar em rígido e flexível:

- a) Rígido: é em geral constituído de aço, mas poderia também ser de titânio ou compósitos; em geral é instalado na vertical, mas também pode ser instalado em catenária em águas profundas.



Figura 11- Tubulação rígida com revestimento

- b) Flexível: é em geral constituído de camadas de aço intercaladas com polietileno. As camadas de aço proporcionam flexibilidade ao *riser*, enquanto que as camadas de polietileno proporcionam estanqueidade, proteção contra corrosão e evitam a abrasão das camadas metálicas.

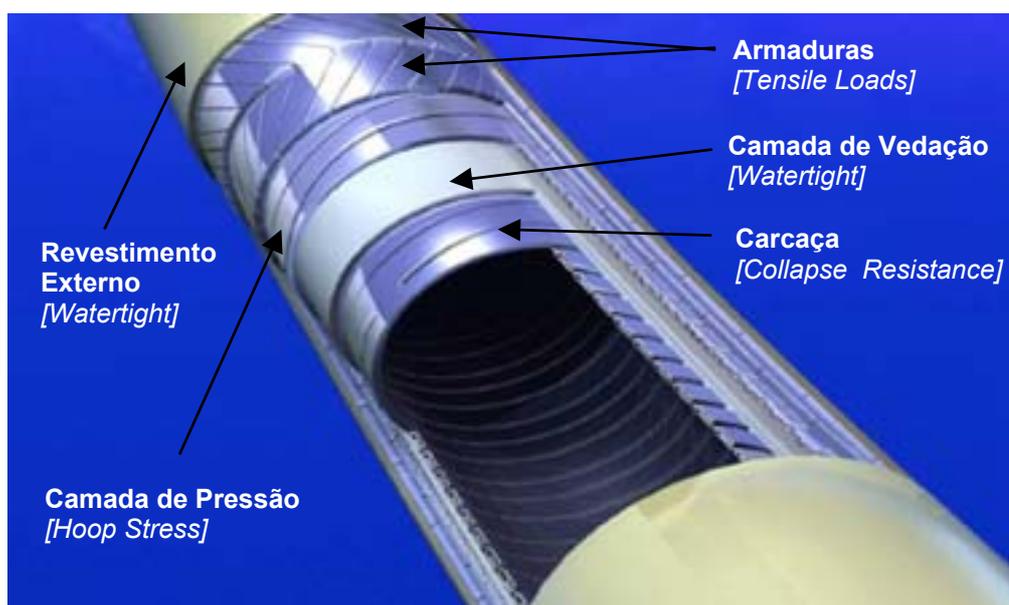


Figura 12- Riser flexível

Os *risers* de perfuração e completação apresentam geometria vertical e são normalmente feitos de aço, mas podem ser de titânio ou compósitos. Já os *risers* de produção ou injeção apresentam em geral geometria em catenária e de material flexíveis, no entanto, podem ser verticais e em aço quando utilizada a completação seca, como nas plataformas “SPAR” ou “TLP”.

2.4. Tipos de Poços

Com base em seu direcionamento, os poços podem ser classificados como verticais ou direcionais.

Um poço é considerado vertical quando o seu objetivo está sob a sonda e não apresenta DOG-LEG (mudança de direção) elevado.

Qualquer poço em que seja necessária a mudança de direção ou inclinação é chamado direcional. Os poços direcionais podem ser divididos em: Tipo 1, Tipo 2, Tipo 3, horizontais e de grande afastamento (ERW).

2.4.1. Poços Horizontais

Os poços do tipo horizontal se caracterizam por ter inclinação final perto de noventa graus. Sua vantagem é possibilitar um maior intervalo de exposição do reservatório, otimizando a captação do óleo existente no mesmo.

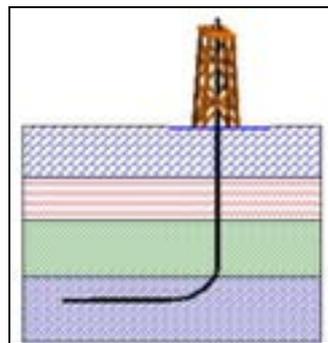


Figura 13- Poço direcional horizontal

2.4.2. Poços Tipo 1

Os poços do tipo 1 se caracterizam por ter o KOP (kick off point), ponto onde se inicia o ganho de inclinação do poço, à baixa profundidade, seguido de um trecho SLANT, com inclinação constante, até atingir o alvo.

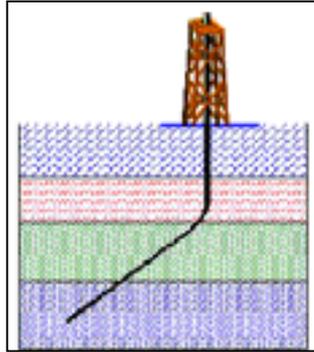


Figura 14- Poço direcional Tipo 1

2.4.3. Poços Tipo 2

Os poços do tipo 2 caracterizam-se por ter um trecho de BUILD-UP, trecho com ganho de ângulo; e um trecho de DROP-OFF, com perda de ângulo. O poço pode atingir o alvo na vertical ou não.

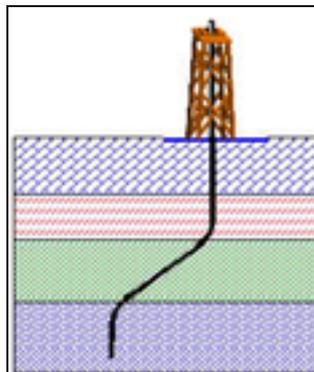


Figura 15- Poço direcional Tipo 2

2.4.4. Poços Tipo 3

Os poços do tipo 3 caracterizam-se por ter o KOP à grande profundidade, e um trecho de ganho de ângulo para atingir o alvo. Este tipo de poço é muito utilizado para aproveitamento de poços já perfurados.

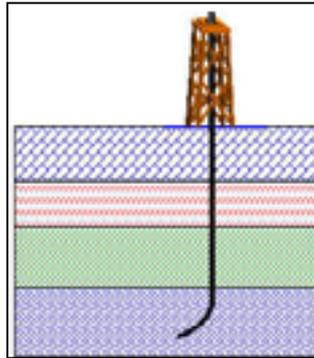


Figura 16- Poço direcional Tipo 3

2.4.5. Poços Tipo ERW (Extended Reach Well)

O poço ERW (Extended Reach Well) ou poço de grande afastamento tem como característica uma grande distância horizontal entre a localização da sonda de perfuração e o alvo. Normalmente, um poço é considerado ERW quando a relação entre o comprimento perfurado e a profundidade vertical é maior que 2. Entretanto, este conceito merece uma reavaliação quando se trata de uma perfuração no mar, principalmente em águas profundas, onde sua aplicação pode levar a conclusões equivocadas. Este assunto é abordado, em maiores detalhes no capítulo seguinte.

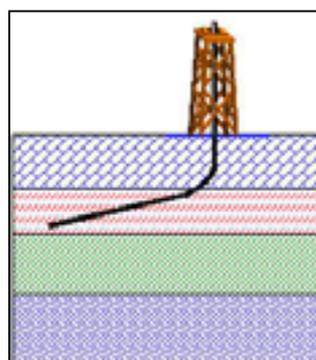


Figura 17- ERW - Extended Reach Well