



OPERADOR DE SONDA DE PERFURAÇÃO

PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO



Ministério de
Minas e Energia



PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO

MÓDULO II



© PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A.
Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei 9.610, de 19.2.1998.

É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, bem como a produção de apostilas, sem autorização prévia, por escrito, da Petróleo Brasileiro S.A. – PETROBRAS.

Direitos exclusivos da PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A.

COSTA, André Schuster

Operador de Sonda de Perfuração / CEFET-RN. Mossoró, 2008.

32p.: 14il.

PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A.

Av. Almirante Barroso, 81 – 17º andar – Centro
CEP: 20030-003 – Rio de Janeiro – RJ – Brasil

ÍNDICE

I – PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETROLEO.....	6
1.1 Introdução.....	6
1.2 Classificação dos poços.....	6
1.2.1 Quanto à finalidade.....	6
1.2.2 Quanto à profundidade.....	9
1.2.3 Quanto à direção.....	9
1.2.4 Quanto ao diâmetro.....	10
II - NOMENCLATURA DOS POÇOS.....	12
2.1 Em terra.....	12
2.2 No mar.....	13
III - MÉTODOS DE PERFURAÇÃO.....	14
3.1 Método de perfuração a percussão ou a cabo.....	14
3.1.1 Equipamentos.....	14
3.1.2 Operação.....	14
3.2 Método de perfuração rotativo.....	15
3.2.1 Método rotativo com mesa rotativa.....	16
3.2.2 Método rotativo com “top drive”.....	16
3.2.3 Vantagens e desvantagens do método rotativo.....	17
3.2.4 Equipamentos de uma sonda.....	17
3.2.4.1 Mastro ou torre.....	18
3.2.4.2 Sub-estrutura.....	18
3.2.4.3 Bloco de coroamento.....	19
3.2.4.4 Catarina.....	20
3.2.4.5 Kelly.....	20
3.2.4.6 Coluna de perfuração.....	20
3.2.4.7 Broca.....	21
IV OUTRAS OPERAÇÕES.....	24
4.1 Manobra.....	24
4.2 Circulação.....	24
4.3 Descida de revestimento.....	25
4.4 Cimentação.....	25

4.5 Perfilagem.....	25
4.6 Testemunhagem.....	25
V - OPERAÇÕES ESPECIAIS DE PERFURAÇÃO.....	26
5.1 Perfuração direcional.....	26
5.2 Controle de <i>kicks</i>	26
5.3 Pescaria.....	27
5.4 Teste de formação.....	27
VI - TIPOS DE SONDA	28
BIBLIOGRAFIA.....	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – (a) Mesa rotativa ou “ <i>rotary table</i> ”, (b) <i>Kelly</i> ou haste quadrada	16
Figura 3.2 – <i>Top drive</i>	17
Figura 3.3 – Sonda terrestre de perfuração rotativa	18
Figura 3.4 – (a) Mastro ou torre, (b) Sub-estrutura	19
Figura 3.5 – (a) Bloco de coroamento, (b) Catarina.....	19
Figura 3.6 – <i>Kelly</i>	20
Figura 3.7 – Broca de lâmina	21
Figura 3.8 – (a) Broca com um cona, (b) Broca bicônica, (c) Broca tricônica	22
Figura 3.9 – (a) Broca de diamante, (b) Broca PDC	22
Figura 6.1 – (a) Sonda de madeira utilizada no princípio da exploração de petróleo, (b) Sonda terrestre de mastro.....	28
Figura 6.2 – (a) Sonda terrestre perfurando em uma praia, (b) Sonda terrestre sob a neve	29
Figura 6.3 – (a) Sonda sobre balsa para perfuração em rios e lagos pouco caudalosos, (b) Sonda auto-elevável, para perfuração em lâminas d'água rasas	29
Figura 6.4 – Navio sonda – torre de perfuração montada no <i>deck</i> de um navio que tem todos os equipamentos para perfuração de poços de petróleo	30
Figura 6.5 – Sonda semi-submersível – utilizada para perfuração em lâminas d'água profunda.....	30

I – PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO

1.1 Introdução

Este módulo objetiva dar uma visão geral da perfuração de poços de petróleo. Aqui serão apresentadas as formas como podem ser classificados os poços e como é definida a nomenclatura do poço. Veremos as formas de perfuração existentes e suas características, os equipamentos utilizados, as operações habituais de perfuração de um poço bem com as operações especiais. Em suma, neste módulo, pretendemos apresentar todas as etapas de construção de um poço, desde sua classificação até a entrega dele pronto para instalação dos equipamentos de produção.

1.2 Classificação dos poços

Os poços podem ser classificados quanto à: finalidade, profundidade e percurso.

1.2.1 Quanto à finalidade

Quanto à finalidade, um poço de petróleo deve ser classificado conforme a tabela abaixo.

Tabela 1.1 – Tipos de poços quanto à finalidade

Finalidade	Categoria	Número
Exploração	Pioneiro	1
	Estratigráfico	2
	Extensão	3
	Pioneiro adjacente	4
	Jazida mais rasa	5
	Jazida mais profunda	6
Exploração (lavra)	Desenvolvimento	7
	Injeção	8
Especial		9

Mais adiante, veremos que a numeração atribuída à categoria do poço será importante para definir a nomenclatura do poço.

Poço exploratório

É aquele que tem por objetivo a descoberta de novos campos ou novas jazidas de petróleo, a avaliação das reservas e sua extensão ou simplesmente a obtenção de novos dados para complementar as avaliações geológicas. Os poços exploratórios subdividem-se em:

a) Poço pioneiro (tipo 1)

É o primeiro poço perfurado numa área (num futuro campo, caso seja descoberto óleo) em busca de jazida. A locação do poço é feita após análise dos dados obtidos por métodos geológicos e/ou geofísicos. Caso no poço encontre-se a formação portadora de petróleo, normalmente prossegue-se a perfuração até o embasamento, à procura de outras possíveis zonas produtoras.

Normalmente, nesses poços, a geologia solicita mais amostras de calha do que nos poços de desenvolvimento, e essas amostras são de importância fundamental para a localização de possíveis zonas produtoras.

b) Poço estratigráfico (tipo 2)

É um poço perfurado para estudo da coluna geológica e dos fluidos contidos nas formações de uma bacia sedimentar descoberta por mapeamento geológico. A perfuração pode ir até o embasamento (rocha sã que se encontra abaixo das rochas sedimentares). É perfurado visando à obtenção de informações sobre a disposição seqüencial das rochas de subsuperfície. Esses dados serão utilizados para programações exploratórias posteriores ou estudos específicos.

c) Poço de extensão ou delimitatório (tipo 3)

Tem por objetivo delimitar um campo ou um reservatório já descoberto. É perfurado com maior espaçamento entre um e outro que os de desenvolvimento. A perfuração desse tipo de poço ocorre fora dos limites provados de uma jazida, visando ampliá-la ou delimitá-la. Poderá resultar na descoberta de uma nova jazida, independente daquela a para qual foi locado. A delimitação pode ser feita antes, durante ou após o desenvolvimento do poço.

d) Poço pioneiro adjacente (tipo 4)

É perfurado após delimitação preliminar do campo, visando-se descobrir novas jazidas adjacentes. Caso se obtenha sucesso, esse poço implicará a descoberta de nova jazida. Se ficar provado que se trata da mesma jazida anterior, será reclassificado como poço de extensão.

e) Poço de jazida mais rasa ou mais profunda (tipo 5 ou 6)

É perfurado dentro dos limites do campo quando há suspeita da existência de jazidas mais rasas ou mais profundas devido a novas informações obtidas pela sísmica ou pela experiência da área.

Poço exploratório ou de lavra

É perfurado com o objetivo de extrair o hidrocarboneto da rocha-reservatório. Classifica-se em:

a) Poços de desenvolvimento (tipo 7)

É aquele perfurado dentro dos limites do campo para drenar racionalmente o petróleo a partir dos testes realizados nos poços pioneiro e pioneiros adjacentes caso ajam é estudada a viabilidade econômica do reservatório de óleo ou gás. Os poços de desenvolvimentos são perfurados de acordo com o mapeamento geológico da área e das informações dos poços postos em produção previamente.

Os poços em desenvolvimento são normalmente perfurados pelo menos trinta metros abaixo da zona produtora ou do último indício de hidrocarboneto. Esses trinta metros permitem a perfilagem de toda a zona produtora e permitem deixar um “saco” no revestimento abaixo da zona produtora para a queda de eventuais “peixes” ou decantação de areia, sem prejudicar a produção.

b) Poços de injeção (tipo 8)

Poço perfurado com a intenção de injetar fluido na rocha-reservatório para ajudar na recuperação de petróleo.

Após o início da produção de petróleo de um campo, o reservatório sofre uma queda de pressão, tornando-se necessário injetar água para manter a pressão desse reservatório. Outra situação na qual se faz necessário injetar um fluido é quando o petróleo encontrado é bastante viscoso e difícil de sair. Nesse caso, injeta-se vapor d'água.

Poço especial

Poço perfurado para outras finalidades que não a exploração ou a exploração, como, por exemplo, a produção de água, poço direcional para combate de “*blow-out*”, também chamado poço de alívio, etc.

1.2.2 Quanto à profundidade

Quanto à profundidade final, os poços de petróleo são classificados em:

Raso

Quando a profundidade final não ultrapassa os 1 000 metros.

Profundidade média

Profundidade entre 1 000 metros e 2 500 metros.

Profundos

Quando a profundidade total ultrapassa os 2 500 metros.

1.2.3 Quanto à direção

Sabemos, desde o final da década de 20, que um poço de petróleo nunca é perfeitamente vertical. São vários os fatores que influenciam a direção do poço: dureza das formações a serem atravessadas, inclinação e direção das camadas de rocha, bem como características da coluna que se está empregando na perfuração. O estudo desses fatores não nos interessa nesse momento; o importante é termos em mente que o poço descreve uma trajetória diferente da vertical que passa pela sonda de perfuração.

Vertical

Vamos chamar de ALVO ou OBJETIVO de um poço o ponto resultante da intersecção da reta vertical que passa pela localização da Geologia na superfície com o plano que passa pela rocha-reservatório. Um poço é dito VERTICAL se a sonda e o alvo estão situados na mesma reta vertical. A inclinação e a direção devem ser controladas para que o poço atinja a rocha-reservatório dentro do limite tolerado pela Geologia. Essa tolerância é definida por um cilindro vertical de raio R. Como parâmetro, considera-se que o ângulo formado entre a linha imaginária que passa pelo início e o fim do poço e a vertical não ultrapassasse os 8°. Esse ângulo pode ser reduzido em campos maduros (com redução de malha) para não interferir em outros poços.

Direcional

Trata-se do poço que é desviado propositadamente da vertical com o objetivo de atingir um alvo situado distante da projeção do poço.

Os poços direcionais podem ser naturais, quando as formações apresentam forte tendência de ganho de ângulo durante a perfuração. Aproveita-se a tendência da formação e desloca-se a base para que o poço seja atingido sem qualquer correção ou necessite apenas de pequenas correções. Quando a formação não apresenta tendência de ganho de ângulo, usam-se equipamentos e técnicas para desviar o poço, de acordo com o projeto.

Horizontal

Trata-se de um caso particular de poço direcional. É aquele que permanece um longo trecho na horizontal ou muito próximo da horizontal. Na indústria do petróleo, esse poço é utilizado para maior drenagem do petróleo por um único poço, pois a parte horizontal fica dentro da zona produtora.

Radial

Constata-se quando, a partir de um único poço, partem vários ramos em diferentes direções para drenarem melhor o reservatório. Esses ramos (trechos de poços) podem inclusive ser horizontais para uma drenagem ainda melhor.

1.2.4 Quanto ao diâmetro

Convencional

Um poço é considerado convencional quanto ao diâmetro quando os diâmetros utilizados são aqueles que permitem a descida dos revestimentos que normalmente são usados na produção do poço.

Os diâmetros mais comuns das brocas são de 26", 17 1/2", 12 1/4", 8 1/2" ou 8 3/4".

Micropoço

É aquele em que são usado diâmetros inferiores aos convencionais e, muitas vezes, é usada a microperfuração apenas em poços pioneiros, barateando, com isso, a perfuração destes e permitindo assumir riscos mais altos de não encontrar petróleo devido ao seu menor custo.

Pode ser usado na selva, onde o transporte das sondas e equipamentos é parte significativa dos custos. Com a microperfuração, há diminuição do porte da sonda e do material a ser transportado.

II – NOMENCLATURA DOS POÇOS

2.1 Em terra

O prefixo de um poço terrestre de petróleo é constituído por quatro caracteres separados por hífen. O primeiro é um algarismo correspondente à finalidade do poço (número do QUADRO II.1); o segundo corresponde a um arranjo de 2 a 4 letras, que designam o nome do campo (campos antigos foram nomeados, de forma geral, de acordo com o marco de referência mais próximo: cidade, vila, usina, farol, rio, lago, ilha, fazenda, etc. Atualmente, quando declarada a comercialidade do campo e em atendimento à norma da ANP, o campo receberá nome de um animal característico da fauna local); o terceiro é um algarismo correspondente à ordem cronológica de perfuração no campo; e o último é a sigla oficial do IBGE, representativa do Estado da Federação em que se situa o poço. As letras são sempre em maiúsculas.

Ex.:

7-MG-50-BA

7 – poço para desenvolvimento (produção) do campo

MG – sigla do campo de Miranga

50 – quinquagésimo poço do campo de Miranga

BA – Bahia, estado da União onde está localizado o campo

1-MO-1-RN

1 – poço pioneiro (descobridor) do campo

MO – sigla do campo de Mossoró

1 – primeiro poço do campo de Mossoró

RN – Rio Grande do Norte, estado da União onde está localizado o campo

Nos poços direcionais, acrescenta-se a letra "D" ao número de ordem do poço;

Ex.:

7-FZB-35D-CE

7 – poço de desenvolvimento direcional

FZB – sigla do campo de Fazenda Bélem

35D – trigésimo quinto poço do campo, sendo este direcional

CE – Ceará, estado da União onde está localizado o campo

Se um poço é abandonado em função de um acidente qualquer e se é obrigado a repetir a perfuração próximo à locação inicial, acrescenta-se a letra "A" ao número de ordem do poço, "B" na segunda repetição, "C" na terceira, "D" na quarta, e assim por diante.

Ex.:

1-TO-1C-SE

Terceira tentativa de se perfurar o primeiro poço para encontrar petróleo em I Timbó, Sergipe.

2.2. No mar

As locações exploratórias na plataforma continental são identificadas por três caracteres: o primeiro é um algarismo correspondente à finalidade do poço (número do QUADRO II.1); o segundo é a sigla do Estado da Federação onde se localiza o poço acrescido da letra "S" (submarino) maiúscula; e o último é o número da seqüência cronológica de perfuração. Essa seqüência é independente para cada Unidade da Federação. Após o poço descobridor de petróleo, o campo recebe um nome da fauna ou da flora marítima mais comum da região e o prefixo do poço. A partir daí, segue as mesmas normas adotadas para o poço terrestre, somente colocando-se a letra "S" após a sigla do Estado da Federação.

Ex.:

1-RJS-245

1 – locação de poço pioneiro

RJS – águas costeiras do Estado do Rio de Janeiro

245 – ducentésimo quadragésimo quinto poço da região.

3-BD-1-ESS

3 – poço de extensão do campo

BD – sigla do campo de Badejo (animal da fauna local)

1 – primeiro poço após descoberta do campo de Badejo

ESS – águas costeiras do Estado do Espírito Santo

III – MÉTODOS DE PERFURAÇÃO

Basicamente, há dois métodos de perfuração: a percussão e a rotação. Esses métodos podem ser combinados entre si, formando o método roto-percussivo de *Ross Bossinger*.

3.1 Método de perfuração a percussão ou a cabo

Utiliza o mesmo princípio empregado pelos chineses para perfurar poços d'água. Consiste em se golpear a formação com o trepano ou a broca em forma de cinzel.

O poço do coronel Drake foi perfurado aplicando-se esse método, bem como a quase totalidade dos poços na Pensilvânia. Por isso, é chamado de “Método Pensilvanio”.

A perfuração a percussão não é utilizada em poços de petróleo no Brasil. Ela ainda hoje é muito utilizada na perfuração de poços de água.

3.1.1 Equipamentos

Na figura exposta na próxima página, são mostrados os equipamentos que compõem uma sonda de perfuração a cabo.

3.1.2 Operação

É simples, obedecendo à seguinte seqüência:

- a) Perfuram-se cerca de 2,5 metros;
- b) Retira-se a coluna de perfuração;
- c) Desce-se a caçamba vazia;
- d) Retira-se a caçamba com o material cortado;
- e) Repetem-se os itens c e d até a limpeza do poço;
- f) Desce-se a caçamba com água limpa para manter os cascalhos em suspensão;
- g) Volta-se ao passo e repete-se tudo novamente.

Vantagens da percussão:

- a) Custos baixos com equipamentos e operação;
- b) Custos baixos com dtm (desmontagem, transporte e montagem);
- c) Custos baixos da locação (base);
- d) Desprezível dano à formação.

Desvantagens da percussão:

- a) Baixa taxa de penetração comparada à do método rotativo, principalmente com as brocas e bombas modernas, que permitem, em certas regiões, perfurar até 1 000 metros num dia;
- b) Na perfuração de poços profundos, o método vai se tornando cada vez mais demorado à medida que a profundidade aumenta;
- c) Dificuldade de se obter amostra suficientemente grande para análise de porosidade, permeabilidade e fluidos contidos nos poros;
- d) Dificuldade de controlar o influxo de fluidos das formações para os poços, causando, muitas vezes, “*blow out*” com perdas totais do equipamento e do poço.

3.2 Método de perfuração rotativo

Nesse método, a perfuração se dá fragmentando a rocha com uma broca que é comprimida e girada. O cascalho gerado é trazido à superfície pelo fluido de perfuração que é bombeado ao interior do poço através da coluna de perfuração. O retorno do fluido de perfuração ocorre pelo espaço anular entre a coluna de perfuração e o poço.

A rotação é transmitida da superfície pela mesa rotativa ou pelo “*top drive*” à coluna, que, por sua vez, vai girar a broca, a qual também pode ser girada pelo motor de fundo.

A coluna de perfuração exerce outras duas importantes funções além de girar a broca. Permite a aplicação do peso sobre a broca através de comandos de perfuração (ou “*drill collar*”, conhecidos pela sigla DC) e pelos tubos pesados (ou “*heavy weight*”, conhecidos pela sigla HW). Sua outra importante função é conduzir o fluido de perfuração (lama) pelo seu interior até a broca e retornar pelo anular entre a coluna e o poço.

O fluido de perfuração, mais conhecido por lama, remove os cascalhos do fundo, refrigera e lubrifica a broca, mantém os fluidos nas formações, impede o desmoronamento do poço, forma reboco, evitando infiltração de fluidos para as paredes do poço com conseqüente dano das formações produtoras e tem muitas outras funções. Na superfície, o cascalho removido pelo fluido de perfuração é peneirado, tratado e volta a ser injetado pela bomba de lama no poço.

3.2.1 Método rotativo com mesa rotativa

Nesse método, a mesa rotativa transmite a rotação ao *Kelly* com o auxílio da bucha do *Kelly*. O *Kelly* (haste quadrada ou hexagonal) trabalha conectado à coluna de perfuração (ver Módulo IV) e esta repassa a rotação para a broca.

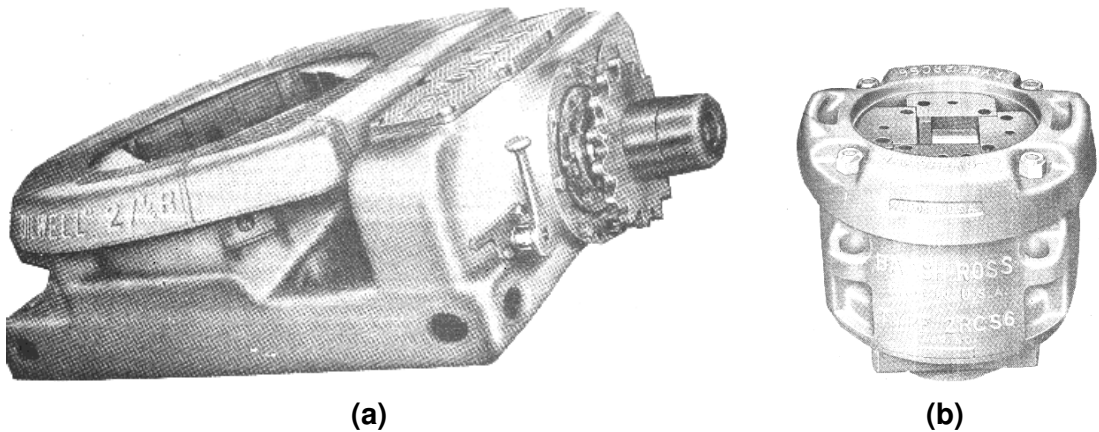


Figura 3.1 – (a) Mesa rotativa ou “rotary table”, (b) “Kelly” ou haste quadrada e sua bucha

3.2.2 Método rotativo com “top drive”

A coluna de perfuração é conectada diretamente ao *top drive*, reduzindo o número de equipamentos necessários para transmitir rotação à coluna. Como vantagens, podemos destacar:

- a) Permite retirar coluna com *back-reaming*;
- b) Permite perfurar poço por seção;
- c) Diminui a exposição do trabalhador ao risco.

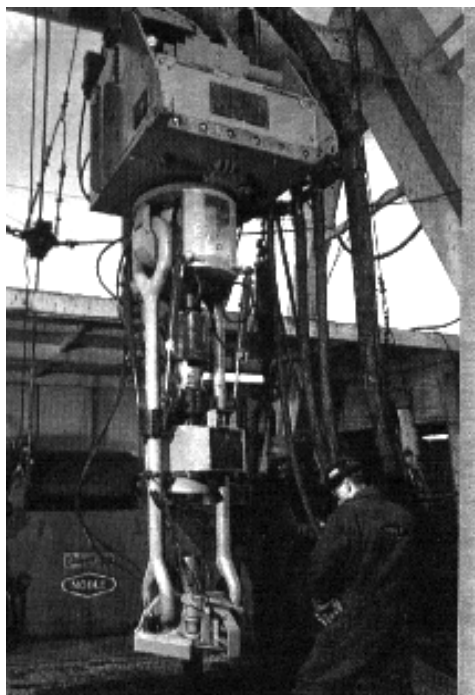


Figura 3.2 - Top Drive

3.2.3 Vantagens e desvantagens do método rotativo

Como vantagens do método percussivo, podemos citar:

- a) Possibilidade de altas taxas de penetração;
- b) Remoção contínua do cascalho gerado pela fragmentação da rocha;
- c) Maior facilidade na prevenção e no controle de influxos de fluidos da formação.

Como desvantagens, podemos citar:

- a) custo alto da locação;
- b) custo alto da sonda;
- c) custo alto do DTM.

3.2.4 Equipamentos de uma sonda

Abaixo são apresentados elementos que compõem um sonda de perfuração. A figura mostra desenho no qual estão destacados os principais elementos da sonda.

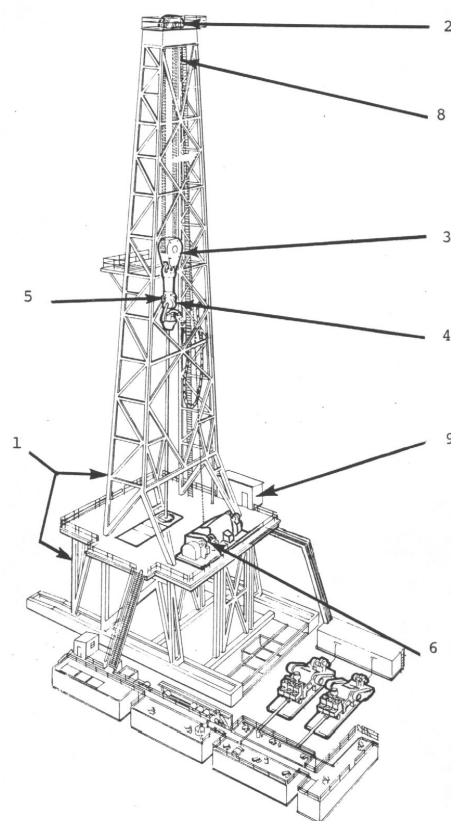


Figura 3.3 - Sonda terrestre de perfuração rotativa

3.2.4.1 Mastro ou torre

Elemento estrutural que suporta toda a carga movimentada pela sonda. Pode ser montado peça a peça ou por seções. Deve ter espaço suficiente em sua base para permitir trabalhos na plataforma. Na figura 3.4 (a) pode-se ver um mastro (torre).

3.2.4.2 Sub-estrutura

É montada sobre a fundação ou base da sonda, de modo a criar um espaço de trabalho sobre a plataforma. Suporta o peso do mastro. A figura 3.4 (b) apresenta uma sub-estrutura.



(a)



(b)

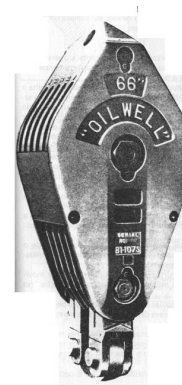
Figura 3.4 – (a) Mastro ou torre, (b) Sub-estrutura

3.2.4.3 Bloco de coroamento

Conjunto de polias fixas posicionado no topo do mastro por onde é passado o cabo de perfuração. A figura 3.5 (a) apresenta um bloco de coroamento.



(a)



(b)

Figura 3.5 – (a) Bloco de coroamento, (b) Catarina

3.2.4.4 Catarina

Conjunto de polias móvel por onde passa o cabo de perfuração. É movimentado verticalmente no espaço interno do mastro, permitindo a movimentação da coluna de perfuração e de outros equipamentos a serem descidos no poço. Uma catarina pode ser vista na figura 3.5 (b) acima.

3.2.4.5 Kelly

O *kelly* ou haste quadrada pode ser vista na figura 3.6 adiante, e tem como principal função transmitir à coluna o torque fornecido pela mesa rotativa, em forma de rotação. Como parte integrante da coluna, o *kelly* deve permitir a passagem de fluido por seu interior. É ele que faz a ligação entre o *Swivel* (cabeça de injeção) e a coluna de perfuração.

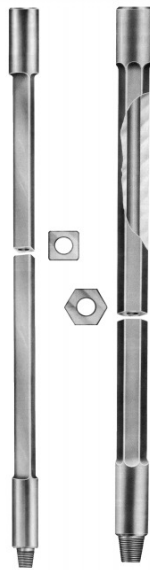


Figura 3.6 - Kelly

3.2.4.6 Coluna de perfuração

Elementos tubulares circulares que transmitem a rotação do *Kelly* à broca. São classificados em três tipos: *drill collars*, ou comandos de perfuração; *heavy weight*, ou simplesmente HW; e os *drill pipes*, ou tubos de perfuração. Os comandos são tubos mais pesados, cuja finalidade é aplicar peso sobre a

broca. Os HW atuam como elemento de transição entre os comandos e os tubos de perfuração. Após colocado o peso desejado sobre a broca, utilizam-se os *drill pipes* para avançar na perfuração.

3.2.4.7 Broca

Ferramenta utilizada para desagregar a rocha e permitir a perfuração do poço. Existe uma variedade de brocas que devem ser usadas de acordo com as características das rochas a serem perfuradas. Abaixo são apresentados alguns tipos.

Broca dragas ou de lâmina: seu mecanismo de perfuração é a raspagem da rocha. Esse tipo é mais apropriado para formações moles. Seu desenho é considerado ultrapassado.

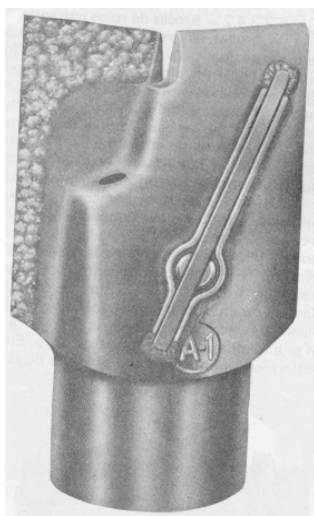


Figura 3.7 - Broca de lâmina

Broca de cones: as que contêm três cones são as mais usadas na perfuração rotativa. Possuem três elementos principais: estrutura cortante, rolamento e corpo. Existem brocas com 2 e mesmo com 1 cone. Os dentes podem ser de aço com ou sem revestimento ou de insertos de carbureto de tungstênio. A ação dessas brocas varia de acordo com a formação, já que os elementos cortantes apresentam características diferentes. Para formação mais mole, os elementos cortantes são dentes de aço moldados nos cones que atuam por raspagem, de forma semelhante às brocas de lâminas. Quando a formação é mais dura, o mecanismo de perfuração é essencialmente de esmagamento da rocha.



(a)



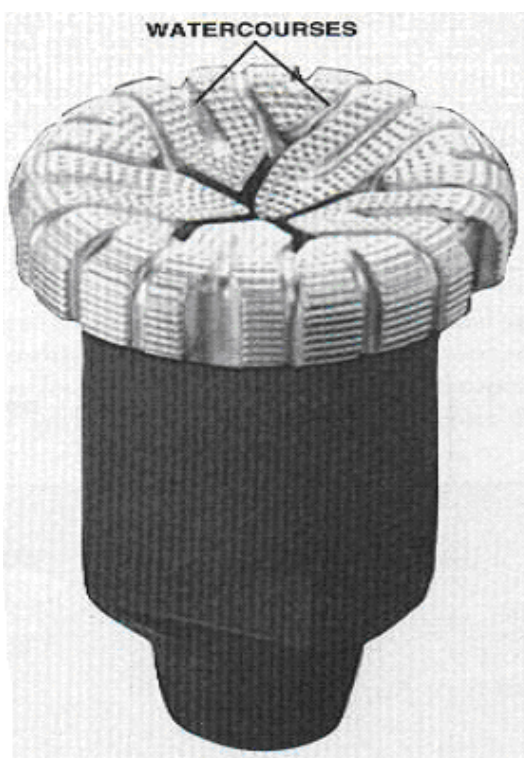
(b)



(c)

Figura 3.8 – (a) Broca com um cone, (b) Broca bicônica, (c) Broca tricônica

Broca de diamantes: broca cujos elementos cortantes são diamantes. Normalmente utilizadas para perfuração de formações duras e abrasivas.



(a)



(b)

Figura 3.9 – (a) Broca de diamante, (b) Broca PDC

Broca PDC: broca que usa diamante artificial como elemento cortante. A sigla PDC significa *Polycrystalline Diamond Compact*. Apresenta excelente desempenho na perfuração de rochas moles e médias. Para rochas duras e abrasivas, há um tipo específico de broca PDC, que substitui economicamente as brocas de diamante natural.

Broca Mill: broca especial utilizada para triturar aço (peixe) caído dentro do poço e do qual não pôde ser retirado (pescado).

A seleção da broca é feita levando-se em conta:

- a) As propriedades das rochas a serem atravessadas (dureza, abrasividade, permeabilidade, elasticidade);
- b) Conhecimento da área e dos poços próximos;
- c) Intervalo a ser perfurado;
- d) Brocas disponíveis na sonda ou almoxarifado;
- e) Análise dos desgastes da broca que saiu.

Para obter o melhor rendimento das brocas, devem-se definir os valores ideais de peso, rotação e vazão de circulação do fluido de perfuração. Esses parâmetros são decididos em comum acordo com a fiscalização ou após realização de *Drill off test* expedido:

- a) **Peso:** a broca, para trabalhar corretamente, necessita de que o peso esteja em uma determinada faixa, dependendo da vazão e da formação. No caso do poço ser direcional, outras limitações de peso podem ser impostas;
- b) **Rotação:** na perfuração rotativa, a ação da broca depende de sua rotação, e o desgaste da broca normalmente é diretamente proporcional à rotação;
- c) **Circulação:** a vazão de circulação, juntamente com a escolha do diâmetro e do tipo dos jatos, deve ser a suficiente para permitir a retirada dos cascalhos de baixo da broca e impedir o retrabalho desta sobre eles, levar os cascalhos para a superfície e impedir o encerramento dela. A vazão não deve ser excessiva para não lavar a matriz da broca.

Para montar a broca na coluna de perfuração, é necessário o uso de acessórios da broca, dos quais podemos destacar:

- a) O sub-broca ou substituto da broca: a broca tem o pino para cima, e a coluna, pino para baixo. Precisa ter um sub-broca caixa x caixa para fazer a ligação;
- b) A chave de broca, que é encaixada na mesa rotativa para permitir o desenroscamento da broca. A figura 3.10 apresenta uma chave de broca.

IV – OUTRAS OPERAÇÕES

Durante a perfuração de um poço de petróleo, são realizadas atividades diversas, conforme descrito anteriormente. Essas atividades são consideradas normais. Entretanto, ocorrem somente em alguns momentos da perfuração. Dentre essas atividades, podemos destacar as seguintes:

4.1 Manobra

Operação composta pela retirada de tubos, por seção, de dentro do poço, para realizar determinada tarefa e posterior retorno das seções de tubo ao poço. É chamada de manobra completa ou simplesmente de manobra, quando toda a coluna é retirada e em seguida reposta no poço. Situação rotineira que exige uma manobra completa é a troca da broca ou reconfiguração do BHA. Quando só se retira a coluna ou só se desce esta, a operação é chamada de meia manobra. Quando se retira a coluna de perfuração só até determinado trecho, normalmente até a sapata do revestimento ou onde a broca atual iniciou a perfuração, para checar as condições do poço, a operação é denominada manobra curta.

4.2 Circulação

Consiste na injeção do fluido de perfuração com o auxílio da bomba de lama para pressurizá-lo e deslocá-lo através das linhas de superfície, tubo bengala, "swivel" e interior da coluna até a broca, retornando pelo anular até o "flow line" e as peneiras de lama. Essa operação ocorre de forma simultânea à perfuração do poço.

Normalmente ao término da perfuração de uma fase do poço, sem avanço nesta, é feita uma circulação de fluido com o objetivo de garantir a limpeza do poço, facilitando a execução das etapas seguintes, que podem ser perfilagem, ou descida do revestimento do poço.

4.3 Descida do revestimento

Após a perfuração do poço de petróleo, é necessário revestir o poço para permitir o controle da produção de hidrocarbonetos e o isolamento de zonas com diferentes fluidos. Para isso, são introduzidos no poço tubos de aço, chamados de revestimento, podendo ser da superfície até o fundo do poço ou em fases isoladas.

4.4 Cimentação

Após a descida do revestimento, é realizada a cimentação do poço, que consiste em bombear um volume calculado de pasta de cimento pelo interior do revestimento até chegar ao final do poço e retornar pelo espaço anular entre o poço e o revestimento. O objetivo da cimentação é garantir maior estabilidade do revestimento, isolar zonas com diferentes fluidos e permitir colocar o poço em produção de forma controlada.

4.5 Perfilagem

É uma operação realizada ao término da perfuração do poço ou de determinada fase na qual descem ferramentas específicas para obtenção de informações adicionais sobre as características da formação perfurada. Analisando essas informações, é possível compreender melhor o reservatório e traçar um melhor plano de desenvolvimento do campo. A perfilagem normalmente é realizada em poços exploratórios.

4.6 Testemunhagem

É outra operação realizada para trazer maiores subsídios para a geologia. É realizada quando se deseja obter uma amostra preservada da formação. Usa-se uma broca especial, chamada coroa, que perfura a formação, preservando um cilindro que é trazido até a superfície para ensaios de permeabilidade, porosidade e análise de fluidos presentes na rocha, etc.

V – OPERAÇÕES ESPECIAIS

Abaixo, estão descritas algumas operações não corriqueiras que podem ser necessárias durante a perfuração de um poço de petróleo.

5.1 Perfuração direcional

Ocorre sempre que o poço é desviado propositalmente da vertical, com o objetivo de atingir um alvo situado distante da projeção do poço.

Tanto o poço direcional convencional quanto o horizontal e os radiais são direcionais.

Os motivos para perfuração direcional são vários. Dentre eles, podemos citar:

- a) Alvo em baixo de prédios, cidades;
- b) Alvo no mar próximo à costa;
- c) Alvo por baixo de domo salino;
- d) Alvos com posições distintas para serem atingidas pelo mesmo poço;
- e) Alcance do maior trecho possível de zona produtora.

5.2 Controle de *kicks*

É chamado de *kick* o ingresso de fluido da formação, seja água, óleo ou gás, no interior do poço. Caso não seja combatido rapidamente, o *kick* pode levar à perda do controle do poço (*blow-out*) e, por essa razão, é sempre uma situação indesejada na perfuração de poços de petróleo. Esse assunto será abordado, com profundidade, em módulo específico.

5.3 Pescaria

Sempre que temos queda de objetos ou ruptura de componentes da coluna de trabalho, esse objeto é denominado peixe, e a operação para retornar o poço a sua atividade normal é chamada de pescaria. Trata-se também de uma operação indesejada na perfuração. Esse assunto será tratado, com profundidade, em módulo específico.

5.4 Teste de formação

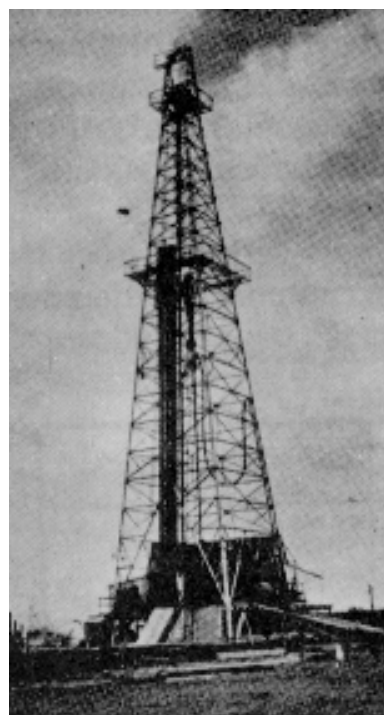
Quando precisamos ter certeza dos fluidos presentes na formação ou testar as pressões do reservatório ou sua viabilidade econômica, etc., fazemos um teste de formação. Esse assunto também será abordado, com profundidade, em módulo específico.

VI – TIPOS DE SONDA

A evolução tecnológica permitiu o avanço das técnicas de exploração de petróleo, permitindo iniciar pela exploração em terra e avançar sobre rios, lagos, mar em grandes lâminas d'água e em zonas sob condições extremas (neve ou calor intenso). As figuras que seguem apresentam alguns tipos de sonda:



(a)



(b)

Figura 6.1 – (a) Sonda de madeira utilizada no princípio da exploração de petróleo, (b) Sonda terrestre de mastro



(a)



(b)

Figura 6.2 – (a) Sonda terrestre perfurando em uma praia, (b) Sonda terrestre sob a neve



(a)



(b)

Figura 6.3 – (a) Sonda sobre balsa para perfuração em rios e lagos pouco caudalosos, (b) Sonda auto-elevável, para perfuração em lâminas d'água rasas



Figura 6.4 - Navio sonda – torre de perfuração montada no deck de um navio que tem todos os equipamentos para perfuração de poços de petróleo



Figura 6.5 - Sonda semi-submersível – utilizada para perfuração em lâminas d'água profunda.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **API 7G - Recommended Practice for Drill Stem Design and Operating Limits**. 6.ed. 1998.

ARABIA, Hussain. **Oilwell Drilling Engineering: principles & practice**. Great Britain: Graham & Trotman, 1985.

FOGAGNOLI, Wards. **Fundamentos de Perfuração**. [s.l.]: GEPEM/DITEC – Petrobras. (Apostila).

GOMES, José Eduardo. (Org.). **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

International Association of Drilling Contractors. **Drilling Manual**.

NIOSH. **Comprehensive Safety Recommendations for Land-Based Oil and Gas Well Drilling**. September 1983. DHHS Publication No. 83-127. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/83-127.html>>. Acesso em: 18 jun. 2007.

OSHA. **Oil and Gas Well Drilling and Servicing eTool**. Disponível em: <<http://www.osha.gov/SLTC/etools/oilandgas/index.html>>. Acesso em: 16 jun. 2007.

_____. **Oil and Gas Well Drilling, Servicing and Storage**. Disponível em: <<http://www.osha.gov/SLTC/oilgaswelldrilling/index.html>>. Acesso em: 16 jun. 2007.

PETROBRAS/ SEREC/CEN-NOR. **Coluna de Perfuração**. (Apostila).