

# PERFURAÇÃO DE POÇOS DIRECIONAIS NA INDÚSTRIA DE PETROLÍFERA

Helena Mariana de A. C. Souza<sup>1</sup>



Engenharia de Petróleo

ISSN IMPRESSO 1980-1777  
ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

## RESUMO

A indústria petrolífera tem desenvolvido ao longo dos tempos técnicas cada vez mais eficientes para a perfuração de poços, a necessidade de se extrair petróleo de reservatórios localizados em águas profundas e ultraprofundas tem sido uma conquista progressiva. Para a indústria do petróleo os poços de desenvolvimento são utilizados, em sua maioria, os poços direcionais com grandes inclinações e os horizontais. A perfuração direcional, que é de grande interesse para a área, tem chamado a atenção de especialistas por ser um método que reduz os impactos ambientais e paralelamente, aumentando a produtividade do poço.

## PALAVRAS-CHAVE

Direcional. Poços. Perfuração. Petróleo.

## ABSTRACT

The oil industry has developed over the techniques times more efficient to drill wells, the need to extract oil from reservoirs located in deep and ultra deep waters has been a progressive advancement . For the oil industry development wells are used mostly directional wells with steep inclines and horizontal. The directional drilling , which is of great interest to the area, has drawn the attention of experts because it is a method that reduces the environmental impact and at the same time increasing the well's productivity.

## KEYWORDS

Directional. Wells. Drilling. Oil.

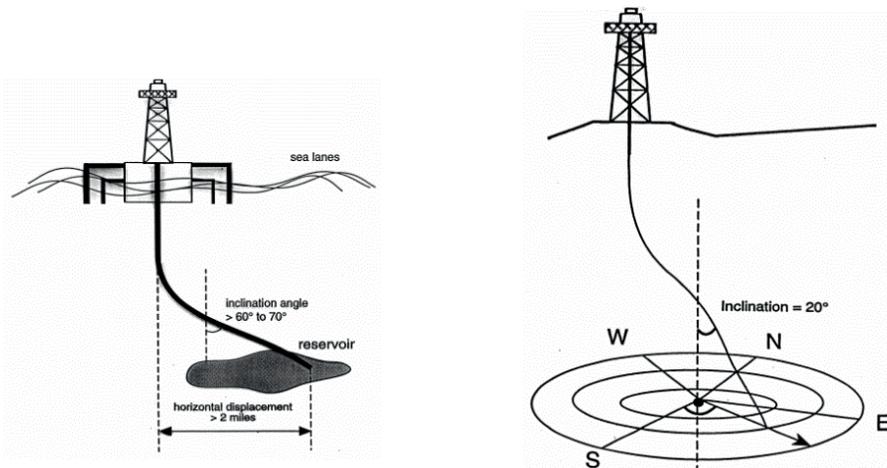
## 1 INTRODUÇÃO

A perfuração direcional foi iniciada por meio de uma operação reparadora de alguns problemas especiais da perfuração, tais como, desvios a partir de um poço já perfurado, motivados por um peixe ou "ferramenta" deixada no poço. Esse tipo de perfuração é uma técnica realizada que mantém o poço de petróleo em um determinado direcionamento, assim, permitindo que o seu rumo seja alcançado, já que esse processo é utilizado quando o objetivo não se encontra na mesma direção vertical da cabeça do poço, isso se deve, pois muitos dos casos os reservatórios de petróleo estão localizados em pontos de difícil acesso.

Para o poço direcional o foco é o ponto no espaço que a trajetória deve atingir e uma das principais razões da existência do poço direcional, ele deve estar perfeitamente definido. Sua forma e tamanho dependem, geralmente, das características geológicas e da localização das zonas produtoras. Em se tratando de um campo em desenvolvimento, o raio de drenagem também deve ser levado em conta.

Durante uma perfuração direcional o poço pode passar por mais de um objetivo, dependendo da quantidade de ganho e perda de ângulo fornecido, contudo, para que o mesmo possa atingir demais alvos, esse termo é denominado como sendo a área definida pelo raio de tolerância (MACHADO, 2010). Esse raio de tolerância é a área ao redor do objetivo onde se considera que este será atingido. Essa tolerância é uma maneira de compensação das incertezas geológicas e outras associadas à perfuração e pode ser observada pela imagem a seguir:

Figura 1 – Poço Direcional



Fonte: Machado (2010).

A partir disso é possível afirmar que um poço é direcional, tem ganho de ângulo proposital, se esse ganho de ângulo entre o vetor local gravitacional e a tangente ao eixo do poço é chamado de inclinação, por convenção temos que  $0^\circ$  é o ângulo utilizado para um poço vertical e  $90^\circ$  para um poço horizontal (ROCHA, 2008). Para isso devem-se analisar várias das características de poços, para que assim possa-se orientá-lo como direcional, deve ser levado em consideração poços que podem ser projetados para exploração de novas reservas em áreas urbanas e de proteção ambiental, em zonas fraturadas ou em áreas de domos salinos, para controle de *Blowout* e poços *multilaterais*.

É de fundamental importância que seja realizado um projeto do poço, pois assim, o tempo da sonda será o mais econômico possível, como também devem ser feitas projeções horizontais e verticais, isso porque existem fatores que intervêm no direcionamento da broca, distorcendo a trajetória do poço direcional. Para que seja obtida uma representação gráfica da curva de desvio, é realizada uma projeção em dois planos, um horizontal e outro vertical, que normalmente contém a locação e o objetivo.

A projeção horizontal possibilita uma visão do topo do poço direcional. Esta projeção é geralmente usada para visualizar e corrigir a direção durante a perfuração, contudo não se pode saber qual a profundidade ou inclinação se encontra o poço. A projeção Vertical possibilita observar a projeção vertical desse poço, onde os seus eixos são a Profundidades Verticais (PV) e o Afastamento horizontal em relação a um determinado Azimute do plano de projeção. Essa projeção auxilia na correção da inclinação do poço caso o mesmo não esteja de acordo com o escopo do projeto (ROCHA, 2008).

## 2 METODOLOGIA

A procura de um estudo mais amplo de uma perfuração direcional realiza-se uma análise de dados, que vai desde a investigação do solo para a obtenção de suas propriedades, elaboração do projeto até os serviços necessários à execução, a análise

de dados para a condição nos processos de perfuração. Para isso analisam-se os tipos de perfurações direcionais, suas aplicabilidades seus fatores de riscos e seus equipamentos básicos. A escolha do tipo de perfuração direcional irá se adequar em relação às características do poço a ser perfurado.

Depois de analisadas as propriedades como o tipo de formação, sua resistência e inclinação, e sonda, determina-se qual o melhor tipo de perfuração deve ser projetada. Com base no tipo escolhido, seja direcional, determinam-se os equipamentos que devem ser instalados para dar início a perfuração, visando assim, reduzir os custos do procedimento e conseqüentemente, aperfeiçoar todo o projeto de perfuração existente.

Não serão abordados no trabalho os custos da perfuração direcional, nem todos os equipamentos a serem utilizados na perfuração assim estudada, pois abrange outro estudo, também não serão abordados custos para a implantação do projeto de perfuração, pois isso varia de acordo com as características de cada poço e as exigências das empresas responsáveis.

### 3 TIPOS E FUNÇÕES DOS POÇOS DIRECIONAIS

Os poços direcionais podem ser classificados quanto a sua trajetória direcional (design) e trajetória horizontal, quanto ao seu índice de severidade, essa classificação por sua vez, pode ser feita quanto ao seu raio de curvatura, quanto ao seu afastamento ou ao giro. Assim, as trajetórias direcionais planejadas podem estar compreendidas em um único plano, o chamado 2D ou em mais de uma dimensão, o 3D. As trajetórias dos poços 2D podem ser classificadas como do tipo I, tipo II e III.

#### Tipo I, ou poços "SLANT"

Os poços 2D do tipo I, ou poços "SLANT", possuem trajetória direcional simples e é o mais comum entre eles. Tem sua estrutura composta por um trecho vertical, que posteriormente é seguido por um KOP e um BUILD UP, e por fim, um trecho tangente ou também conhecido como SLANT. Como demonstrado na Figura abaixo:

Figura 2 – Poço Tipo "SLANT"

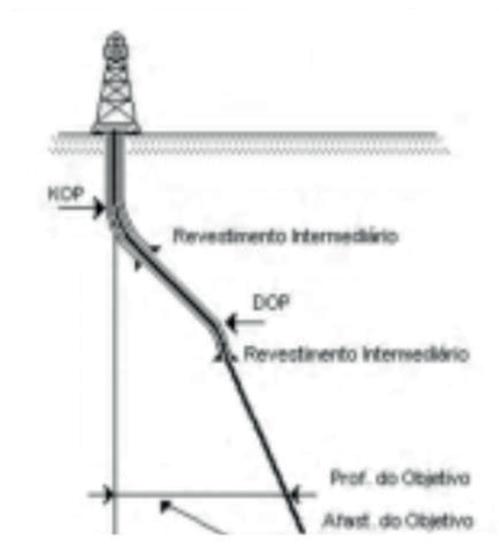


Fonte: Machado (2010).

### Tipo II, também conhecido de poço tipo "S"

Nos poços do tipo II, também conhecido de tipo "S", a sua deflexão inicial começa próximo à superfície, possuindo uma trajetória mais complexa, ele geralmente é utilizado para reduzir ângulos de entrada no reservatório e para alvos verticais, com mesma UTM. Contudo, sua estrutura diferencia-se por um trecho vertical, que é seguido por um KOP e um BUILD, posteriormente acompanhado por um trecho de Tangente 1, um DROP e opcionalmente uma Tangente 2, esta que por sua vez irá variar de acordo ao poço perfurado. Como se pode observar na Figura 3:

Figura 3 – Poço Tipo "S"



Fonte: Castro (2015)

Tipo III, também conhecidos como "Build Up Contínuo":

Em poços do Tipo III, ou também conhecidos como *Build up* contínuo, é um caso particular do SLANT com a ausência da seção tangente, é utilizado quando o alvo é profundo e próximo à cabeça do poço. Neste caso o KOP profundo tem a função de influenciar na perfuração em rochas mais duras, auxilia no maior risco de colisão, e por ter um trecho vertical mais longo, gera economia de custo.

Figura 4 – Poço Tipo “Build up Contínuo”

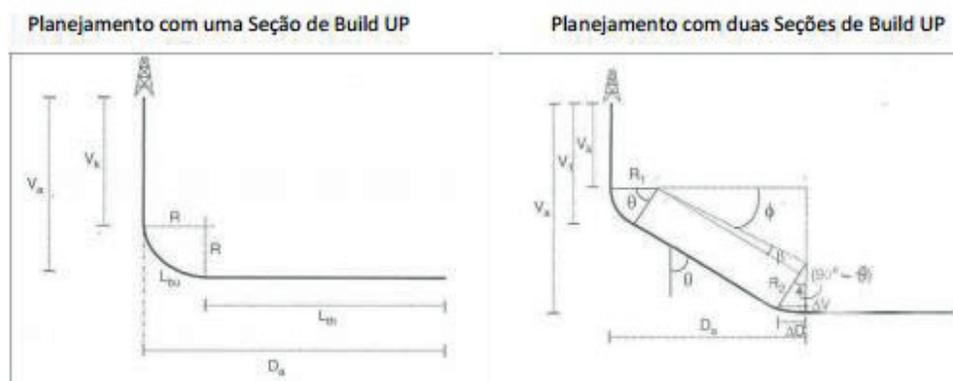


Fonte: Castro (2015).

### Trajatória Horizontal

Também se faz o uso da trajetória horizontal, esse tipo perfuração é utilizado quando se necessita maximizar a drenagem de produção e injeção no reservatório, e para seu uso é necessário do LWD para a geonavegação, neste caso o Top Drive é obrigatório. Sua estrutura baseia-se na utilização de RSS, seguido por uma coluna sempre girando para evitar prisões e otimizar a limpeza do poço, assim permitindo maior PSB. Podem-se ter dois tipos de trajetória horizontal: com um trecho *Build up* ou 2 trechos *Build up*. Como mostra a Figura abaixo:

Figura 5 – Poço Tipo Horizontal

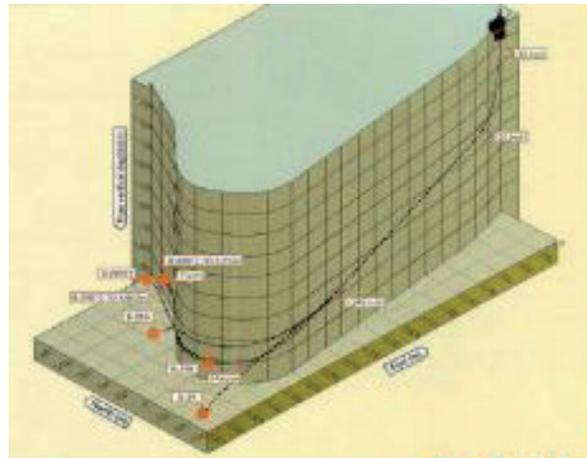


Fonte: Castro (2015)

### 3.1 GIRO DO POÇO

O giro do poço por sua vez, é classificado em 2D, ou 3D, este último conhecido como Designer Wells, esse poços não se atentam em um único plano vertical, os poços Designer Wells podem ter profundidades altas medidas e relativamente pequenos afastamentos.

Figura 6 – Poço Tipo 3D



Fonte: Castro (2015).

Nesses poços 3D, são observados um ou mais objetivos que podem ser identificados na trajetória, como estruturas geológicas, marcos geológicos como falhas, outros poços como nos casos de poços de alívio, ou a combinação de alguns dessas informações. Podendo assim, a partir disso gerar uma animação 3D informando vários fatores que podem afetar essa trajetória direcional, como a limitações do poço e afastamento, de limpeza do poço e pressões do fundo do poço, aspectos geológicos, formações instáveis, dentre outros.

### 3.2 RAI0 DE CURVATURA

Pode-se dizer que a classificação quanto ao Raio de Curvatura, os poços podem ser classificados em raio longo, médio, intermediário e curto. O BUR, *Buildup rate*, que identifica quantos metros de poço deverão ser perfurados para que ocorra a inclinação, a taxa de *Buildup* mais utilizada é de 2,5°/30 metros que implica em um raio de curvatura de 688 metros e em geral não apresentam problemas. Dependendo do caso podem-se usar taxas mais suaves como 2°/30 metros ou 1°/30 metros, que poderão minimizar problemas como "drag", torque e repasse. As taxas em torno de 4°/30 metros ou maiores só deveram ser usadas quando for inevitável um crescimento mais rápido da inclinação (ROCHA, 2008). Podemos ver essa relação de dados por meio da Tabela abaixo:

Tabela 1 – Raios de curvatura

Classificação	(BUR) em ( $^{\circ}$ /30 metros)	Raio (m)
Raio Longo	2 – 8	859 a 215
Raio Intermediário	8 - 30	215 a 57
Raio Médio	30 - 60	57 a 29
Raio Curto	60 - 200	29 a 9

Fonte: Rocha (2008).

Durante o planejamento de um poço direcional seu raio de curvatura será de grande interesse, principalmente para poços de desenvolvimento. Isso se deve as informações obtidas pelo solo, que pode identificar se o KOP será mais raso ou mais profundo, se o raio de curvatura será longo, curto ou intermediário, e assim, a partir dessas informações definir que tipo de poço será perfurado.

### 3.3 AFASTAMENTO

Já para a classificação quanto ao afastamento do objetivo, os poços devem ser classificados como convencional, de grande afastamento ou afastamento severo. Essa classificação está relacionada com a razão entre o afastamento e a profundidade vertical, nos poços marítimos tem-se que descontar a metragem da lâmina d'água. Podemos definir essa relação de razão do afastamento e profundidade por meio da Tabela a seguir:

Tabela 2 – Afastamento (PV – LDA)

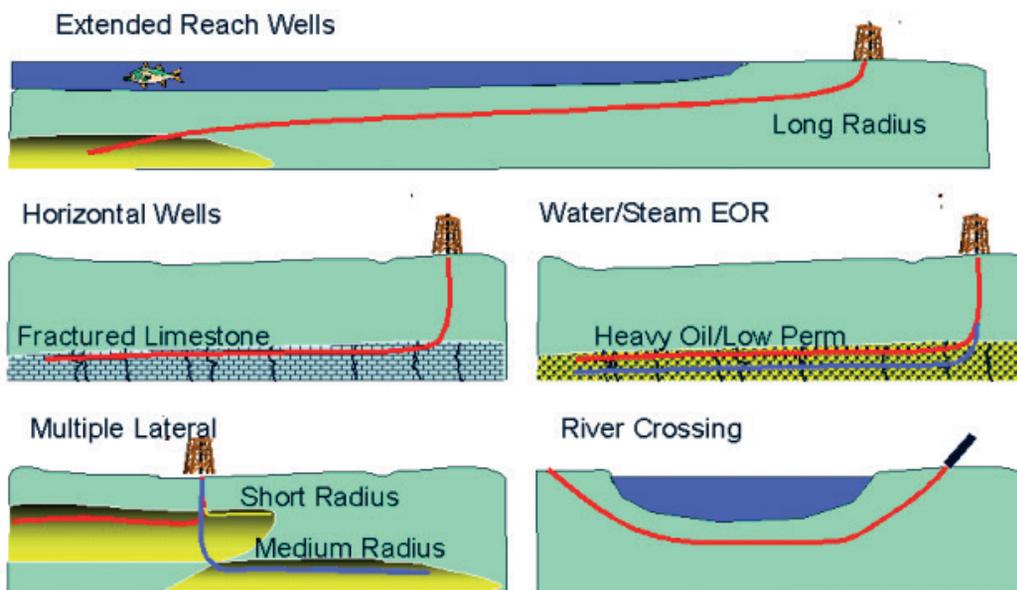
Tipo de Poço	Afastamento (PV - LDA)
Convencional	< 2
De grande afastamento	2 - 3
Afastamento Severo	> 3

Fonte: Rocha (2008).

### 3.4 APLICABILIDADE

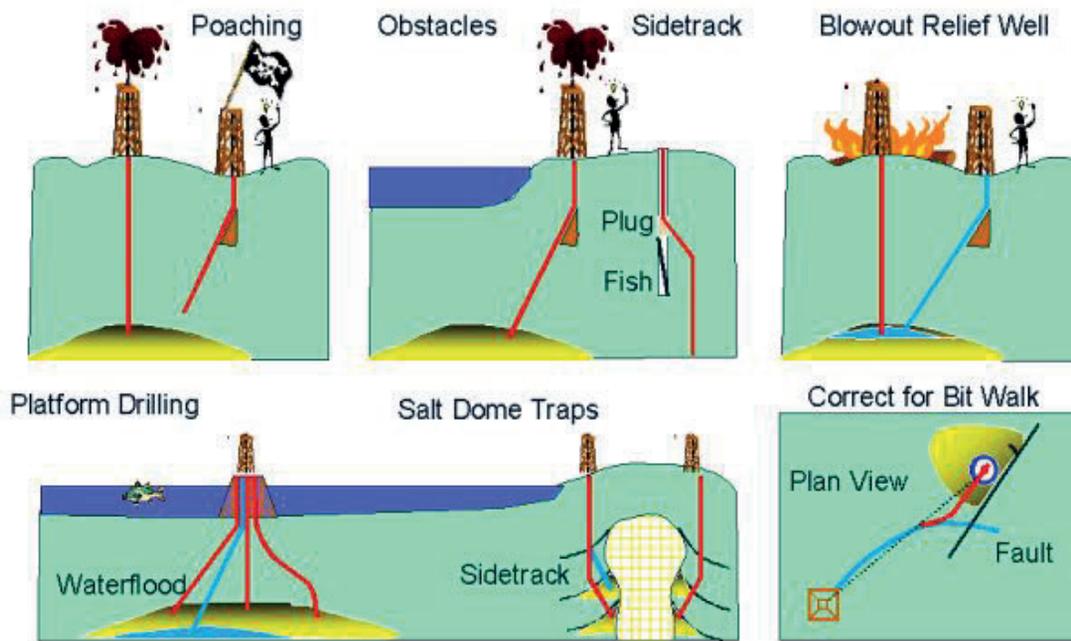
Nos poços de perfurações direcionais são notórias as aplicações de alguns parâmetros que indicam sua necessidade, como o projeto do poço é fundamental para que o tempo da sonda seja o menor e mais econômico possível, deve-se analisar dados que influenciam nessa escolha. O controle de poços verticais, a necessidade de perfuração em locais de áreas inacessíveis, perfurações em dono salino, perfuração em poços com estrutura múltipla, em poços de alívio, poços direcionais naturais, poços horizontais, poços de grande afastamento, poços river crossing e poços designer wells, todas estas características devem ser tratadas na aplicação de poços direcionais, como pode ser observado nas ilustrações abaixo:

Figura 7 – Aplicação de poços direcionais 1



Fonte: Perfuração Direcional.

Figura 8 – Aplicação de poços direcionais 2

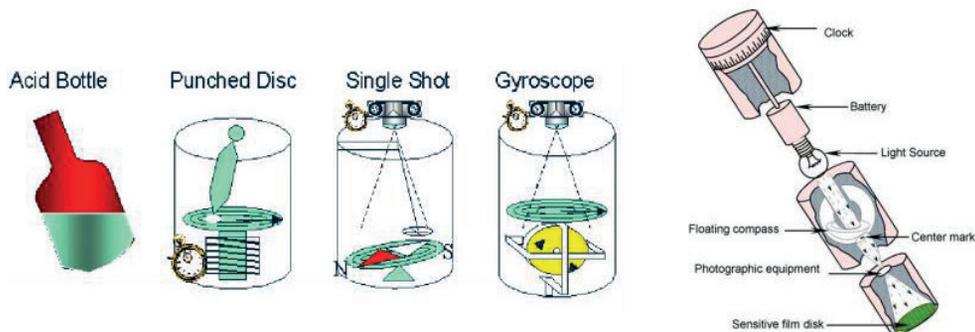


Fonte: Perfuração Direcional.

### 3.5 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Para a realização de uma perfuração direcional são utilizados diversos equipamentos para se estabilizar o direcionamento do poço, estes instrumentos podem ser para orientar o registro direcional simples, múltiplos ou contínuos, podendo variar seu tipo como giroscópicos ou magnéticos. Para cada registro são geradas informações de inclinação e direção, temperatura do fundo do poço a ser perfurado; alguns desses instrumentos são demonstrados a seguir:

Figura 9 – Equipamentos Direcional

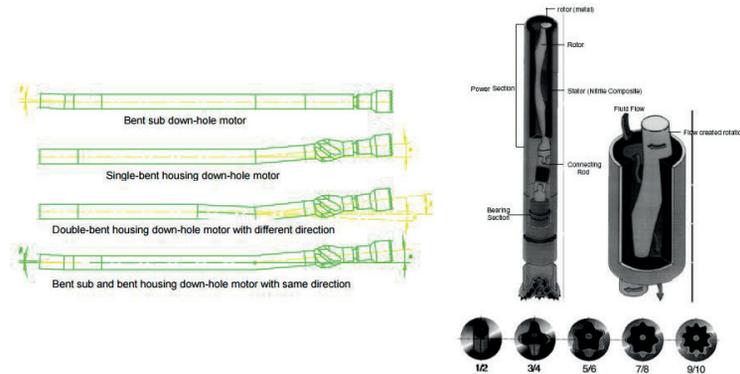


Fonte: NUPEG (2015).

### 3.6 MOTOR DE FUNDO

É um motor hidráulico movido pelo fluxo do fluido de perfuração que passa pelo seu interior e é conectado imediatamente acima da broca para transmitir torque e rotação à mesma. A deflexão do poço pode ser obtida por meio de um subtorto posicionado acima do motor durante a perfuração direcional ou pela deflexão gerada pelo próprio poço por meio do motor.

Figura 10 – Equipamentos Direcional

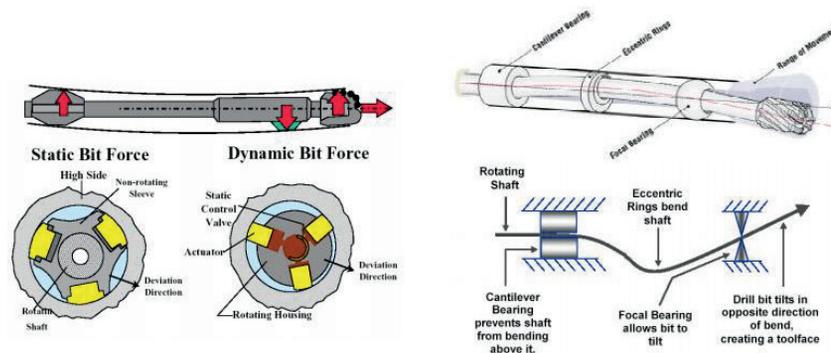


Fonte: NUPEG (2015).

### 3.6 ROTARY STEERABLE TOOL – RST

O RST é uma ferramenta defletora que é conectada imediatamente acima da broca, permitindo a alteração da taxa controlada durante sua trajetória de inclinação. O RST possui dois sistemas, o push the bit e o point the bit. O push the bit opera por meio de pistões posicionados logo acima da broca, orientando a coluna no sentido desejado, já o point the bit opera por um sistema de anéis, que tem por finalidade orientar a broca na posição a ser utilizada.

Figura 11 – Equipamentos Direcional



Fonte: NUPEG (2015).

### 3.7 FATORES DE RISCO

Para a perfuração de poços direcionais deverá ser dada uma atenção especial para que tipo de sonda deva ser utilizada; essa escolha será durante o planejamento do poço. Devem ser levados em consideração, também, vários fatores para a seleção da sonda e seus equipamentos, que incluem a capacidade de carga da sonda, potência dos geradores da sonda, capacidade do sistema de circulação de fluidos de perfuração, estado de conservação da coluna de perfuração, manutenção da sonda para evitar paradas, acidentes e espaço para estocagem de material e pessoal (THOMAS, 2004).

Contudo, antes de verificar todos esses aspectos, deverá ser verificada nas fases de perfuração do poço a sua proximidade com outros poços para executar a análise antecolisão; com base nessa análise a trajetória do poço poderá aumentar ou diminuir o KOP do poço, ou modificar a sua inclinação, suas taxas de ganho de ângulo, ou até o tipo do poço.

Essa análise inicial de dados evitará acidentes como o ocorrido na Rússia (10.02.2015), durante uma perfuração direcional. Onde ocorreu um acidente de percurso da sonda, que gerou a expulsão do fluido injetado, saindo por meio dos orifícios da broca de perfuração e sua consequente rotação, esta que normalmente se dão no interior das rochas. Como mostra a imagem seguinte:

Figura 12 – Acidente Causado por uma perfuração direcional



Fonte: Tecpetro (Rússia, 2015).

O planejamento para perfuração do poço deve ser muito bem elaborado, e trabalhado em cima dos detalhes e de possíveis problemas que possam ocorrer para ser sanados o quanto antes, pois os valores de locações da sonda, equipamentos e pessoal, tem um custo elevado, caso ocorram problemas que danifique e pare a sonda, o custo de perfuração poderá ficar muito caro, podendo até ficar inviável.

## 4 CONCLUSÃO

Durante este estudo de poços direcionais, foi possível verificar os tipos de poços direcionais, além de mostrar os equipamentos nesse tipo de perfuração e os riscos apresentados num projeto de perfuração direcional mal elaborado. Em uma perfuração direcional, há vários estudos e projetos, para verificação de qual tipo seria o mais adequado e mais econômico para um determinado poço ser perfurado, visando à melhor e mais rápida forma para execução do mesmo.

Assim sendo, pode-se concluir que atualmente a perfuração direcional vem sendo utilizada em larga escala, pois, além do poder de alcance do reservatório ser melhor, principalmente em relação a poços de difícil acesso, os equipamentos que são utilizados, podem proporcionar uma melhor eficácia na perfuração, tentando minimizar o tempo no intuito de também minimizar os custos da mesma.

## REFERÊNCIAS

CASTRO, Rafael. Minicurso, Parte 1: Perfuração de poços direcionais e horizontais. Conepetro, Campina Grande, maio 2015. Disponível em: <[http://www.conepetro.com.br/conepetro1/material/Rafael\\_Castro\\_Minicurso\\_Parte\\_1.pdf](http://www.conepetro.com.br/conepetro1/material/Rafael_Castro_Minicurso_Parte_1.pdf)>. Acesso em: 24 nov. 2015.

GABRIEL, Pedro. Ambientes Hostis: Pesadelo em **Perfuração Direcional**. TecPetro, 10 out. 2015. Disponível em: <<http://tecpetro.com/2015/02/10/ambientes-hostis-pesadelo-em-perfuracao-direcional/>>. Acesso em: 24 nov. 2015.

LUCIANO. Palestra, primeira parte: Fundamentos Básicos da Perfuração Direcional. **NUPEG**. Disponível em: <[http://www.nupeg.ufrn.br/downloads/deq0375/palestra\\_do\\_luciano\\_primeira\\_parte.pdf](http://www.nupeg.ufrn.br/downloads/deq0375/palestra_do_luciano_primeira_parte.pdf)>. Acesso em: 24 nov. 2015.

MACHADO, Jorge Barreto. **Curso básico de perfuração direcional**. Halliburton. Versão 2, 2010.

ROCHA, Luiz Alberto Santos. Perfuração direcional. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência; Petrobras, IBP.2008.

THOMAS, José Eduardo. Fundamentos de engenharia de petróleo. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência; Petrobras, 2004.

---

**Data do recebimento:** 7 de Dezembro de 2017

**Data da avaliação:** 12 de Dezembro de 2017

**Data de aceite:** 15 de Dezembro de 2017

---

---

1 Graduando em Engenharia de Petróleo na Universidade Tiradentes – UNIT.

E-mail: helenatrabalho@hotmail.com