



PERFURAÇÃO DIRECIONAL DE POÇOS DE PETRÓLEO – MÉTODOS DE DEFLEXÃO E ACOMPANHAMENTO DIRECIONAL

Fellipe Bruno Barbosa Bandeira¹; Gheorgia Victoria de Medeiros Silva²

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Campina Grande, Curso Técnico em Petróleo e Gás – fellipebbb@hotmail.com

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Campina Grande, Curso Técnico em Petróleo e Gás – gheorgiamedeiros@hotmail.com

RESUMO

O aumento da escassez de recursos naturais tem levado a indústria a buscar combustível fóssil em locais cada vez mais remotos. A complexidade geométrica dessas reservas e a necessidade de aumento da produtividade desses reservatórios tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias que permitam a extração lucrativa de hidrocarbonetos, em reservatórios antes considerados inviáveis. Nesse contexto, a perfuração direcional tem sido responsável pela superação de inúmeros desafios associados ao alcance de reservatórios. Essa modalidade está se tornando um padrão para a perfuração de poços de produção, correspondendo a mais de 75% das operações no litoral brasileiro, e tornando-se também, cada vez mais popular em poços exploratórios. Embora se utilize de princípios oriundos da perfuração vertical, o aprimoramento dos sistemas de deflexão e orientação está tornando a perfuração direcional uma engenharia distinta da convencional exploração vertical. Contudo, o presente artigo propõe realizar uma revisão bibliográfica sobre os procedimentos operacionais e as várias ferramentas utilizadas na perfuração de poços direcionais. Discutindo a eficiência dos métodos e equipamentos empregados, em contrapartida aos poços verticais.

Palavras-chave: Perfuração Direcional, Petróleo e Gás, Métodos de Deflexão, Acompanhamento Direcional.

1. INTRODUÇÃO

O termo “perfuração direcional” é utilizado para delimitar um conjunto de métodos e ferramentas empregadas com finalidade de promover ganho de ângulo no poço perfurado, direcionando a trajetória até um alvo pré-determinado.

Começou a ser desenvolvido quando a indústria de petróleo passou a explorar campos offshore, nos Estados Unidos em 1960. O método também era empregado na recuperação de poços obstruídos por prisões de colunas ou quebras de equipamentos [ROCHA, 2008].

No Brasil, essa técnica tem sido muito empregada no desenvolvimento de

campos de produção marítimos; no estado da Bahia, onde existem reservas com muitas falhas geológicas; na perfuração de formações com domos salinos, comum na região dos poços de Salina Cristal (Rio Grande do Norte) e no Pré Sal.

O emprego dos poços direcionais tornou possível a recuperação de hidrocarbonetos que não seriam prospectados por poços verticais. Aumentando o número de reservas de petróleo que podem ser exploradas. A evolução da perfuração direcional tem permitido o sucesso da execução das mais complexas trajetórias. Segundo Almeida [2010], um poço direcional é



normalmente desenvolvido, quando se deseja [Figura 1]:

- Aumentar a produção de poços de petróleo, proporcionando uma maior área de contato entre o poço e o reservatório.
- Perfurar um reservatório onde é difícil ou impossível o acesso vertical.
- Permitir o agrupamento de vários poços em um único local, de modo a minimizar os impactos ambientais e reduzir custos de locação com sondas marítimas.
- Perfuração de poços de alívio para controlar poços em blowout.
- Perfurar em um reservatório abaixo de uma formação de difícil perfuração (domos salinas e falhas).

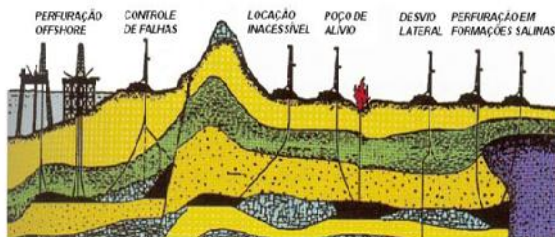


Figura 1: Aplicações de poços direcionais
Fonte: THOMAS [2004]

Apesar da eficiência em alguns casos, é bem intuitivo perceber que perfurar um poço vertical é bem mais simples e barato que perfurar poços direcionais. Em poços verticais, problemas de torque e arraste não são considerados, já que a coluna de perfuração está posicionada no centro do poço, sem que haja contato entre a parede e a coluna. Porém, quanto maior for a inclinação do poço, a ação da gravidade e das tensões promovem o contato entre a coluna e a parede do poço, provocando o aparecimento de forças de fricção.

Outro problema inerente à perfuração de poços direcionais é a

formação de chavetas, devido ao atrito constante entre a coluna e o lado alto da parede do poço, provocando o surgimento de uma cavidade que obstrui a passagem da coluna de perfuração [PORTO, 2009].

Segundo Coelho [2009], a limpeza ineficiente também constitui um fator preocupante em poços inclinados. Podendo provocar a formação de um leito de cascalhos na parte inferior das paredes do poço. Diminuindo o diâmetro efetivo do poço, podendo ocasionar na prisão da coluna e conseqüentemente perda do poço.

Desse modo, o desenvolvimento dessa atividade seria inatingível sem a evolução das técnicas de acompanhamento direcional e dos métodos de deflexão. Permitindo um rigoroso controle da trajetória da broca, até o objetivo.

2. MÉTODOS DE DEFLEXÃO

A deflexão de poços direcionais é uma etapa muito importante da perfuração. O sistema escolhido deverá direcionar o poço na inclinação necessária para atingir o reservatório. A precisão do sistema é importante para evitar correções futuras na trajetória do poço, que podem onerar o custo da perfuração.

2.1 Whipstock

Conforme Rocha [2008], o Whipstock foi o primeiro método de deflexão desenvolvido pela indústria petrolífera. É uma ferramenta na forma de uma cunha de aço temperado, com uma extremidade em forma de ponta e uma ranhura côncava que guia a broca de encontro à parede do poço. Atualmente, tem seu uso restrito apenas para operações de sidetrack [Figura 2].



Figura 2: Whipstock em sidetrack
Fonte: ROCHA [2008]

2.2 Jateamento

Britto [2010], afirma que o jateamento é uma técnica indicada para desviar poços em formações muito macias e arenosas. Nestas operações são utilizadas brocas tricônicas configuradas para que um dos jatos tenha um diâmetro maior. A força hidráulica do fluido de perfuração “desgasta” o poço na direção do jato de maior diâmetro, desviando a trajetória do poço [Figura 3].

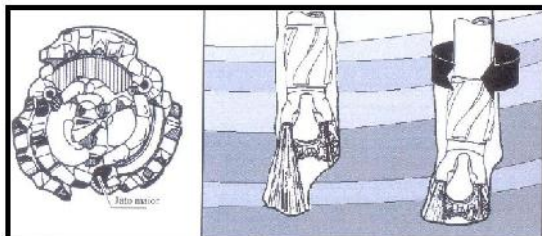


Figura 3: Jateamento
Fonte: ROCHA [2008]

2.3 Motor de Fundo

O motor de fundo é um motor hidráulico impulsionado pelo fluido de perfuração [Figura 4]. Sua principal função é a transmissão de rotação à broca, de forma independente da rotação da coluna. A deflexão é obtida por meio de um sub torto (bent sub), posicionado acima do motor.

Começou a ser utilizado em poços direcionais nos anos 70, mas passou a ser adotado também em poços verticais, por proporcionar um menor desgaste na coluna [SANTANA, 2010].

A grande desvantagem desse sistema é a limitada capacidade de ganho de ângulo e a necessidade de manobras constantes para substituição do bent sub, aumentando o tempo de permanência da sonda.

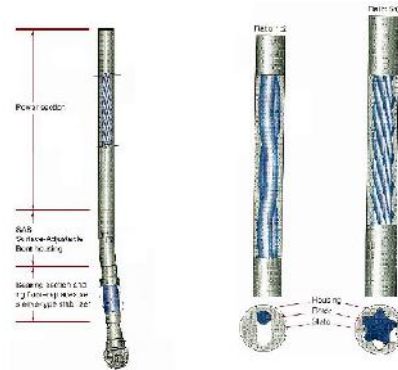


Figura 4: Motor de Fundo
Fonte: SCHLUMBERGER [2004]

2.4 Sistema Steerable

Segundo Mansano [2004], é um dos sistemas mais empregados em explorações, por apresentar uma ótima relação custo – benefício. É composto por um motor e um ferramenta de medição direcional, geralmente o MWD. Esse sistema opera em dois modos: Orientado e Rotativo.

- No método orientado, o motor é posicionado na superfície pelo MWD, até que ela atinja a inclinação desejada. Depois um pequeno trecho é perfurado pela ação da broca e então a coluna é descida.
- Uma vez que a inclinação e a direção desejada sejam alcançadas, a coluna inteira é rotacionada e a operação prossegue mantendo a trajetória. Essa parte da operação compreende o período de perfuração rotativa.

2.5 Sistema Rotary Steerable

Segundo Britto [2010], o RST é uma ferramenta defletora que permite alteração na trajetória do poço em qualquer direção e inclinação em que



seja necessário fazer a rotação da coluna. Além disso, esse sistema permite rotacionar a coluna durante os trechos de ganho de ângulo e alteração na direção da trajetória do poço. Esse sistema também opera em dois modos: Push the Bit e Point the Bit.

- No Push the Bit, o RST opera através de pistões posicionados acima da broca, esses pistões empurram a parte inferior da coluna com intensidade necessária para promover a alteração na trajetória [Figura 5]. De uma maneira geral, a qualidade do poço perfurado não é muito diferente de um poço perfurado com motor de fundo.



Figura 5: Posicionamento dos
Pistões Defletores
Fonte: BAKER HUGHES [2009]

- O Point the Bit opera através de um sistema de anéis excêntricos, na qual é criada uma flexão no eixo principal da ferramenta, que resulta na orientação da broca na direção oposta [Figura 6]. Nesse sistema, a qualidade do poço perfurado é superior á gerada pelos outros sistemas.

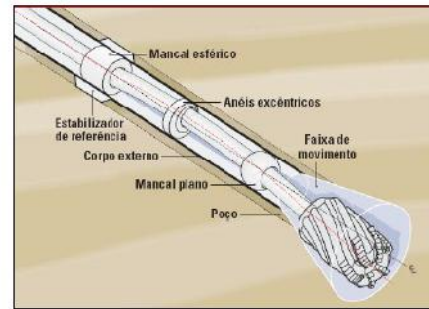


Figura 6: Modo Point the Bit
Fonte: HALLIBURTON [2009]

2.6 Turbinas

As turbinas hidráulicas são equipamentos projetados unicamente para transformar a energia hidráulica proveniente do fluido de perfuração em velocidade e torque. Apesar da eficiência na transmissão de rotação, as turbinas tem uso restrito em formações muito duras e abrasivas [THOMAS, 2004].

2.7 Coluna de Perfuração

Na perfuração vertical, a coluna de perfuração é responsável por duas funções: promover peso sobre a formação e transmitir energia rotacional à broca.

Segundo Rocha [2008], o que acontece em poços direcionais é que a coluna será um agente de deflexão da trajetória do poço. Isso é alcançado por meio do diferente posicionamento dos componentes básicos da coluna. As diferentes composições permitem ganhar, perder ou manter ângulo.

- Composição para ganhar ângulo (princípio da alavanca ou efeito fulcrum): O efeito de ganho de ângulo se baseia no efeito alavanca proporcionado pelo estabilizador próximo à broca. Quando aumentamos o peso aplicado à broca, o ponto de contato entre a coluna e a parede do poço é empurrado para baixo, aumentando a inclinação [Figura 7].

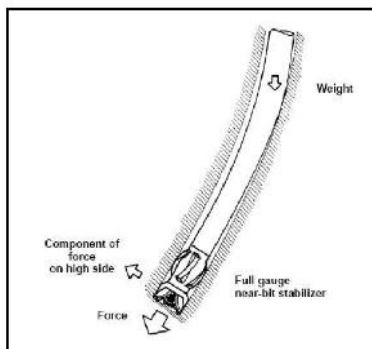


Figura 7: Efeito Fulcrum
Fonte: ROCHA [2008]

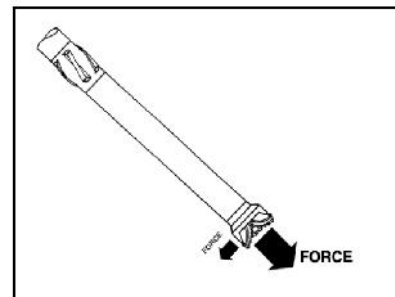


Figura 9: Princípio do Pêndulo
Fonte: ROCHA [2008]

- Composição para manter ângulo (coluna empacada): São colocados três estabilizadores em sequência, depois da broca, separados por pequenas seções de comandos. Essa composição fará com que a coluna resista diante de uma curva, mantendo a tendência retilínea do poço [Figura 8].

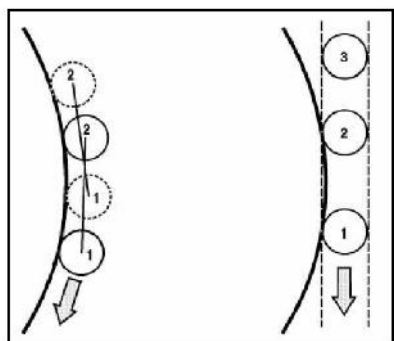


Figura 8: Coluna Empacada
Fonte: ROCHA [2008]

- Composição para perder ângulo (princípio do pêndulo): Os comando próximos à broca se inclinam, como em um pêndulo, e devido ao seu próprio peso pressionam a broca contra a parte baixa do poço [Figura 9].

3. ACOMPANHAMENTO DE POÇOS DIRECIONAIS

Mesmo em poços verticais, a broca move-se em direções contrárias ao eixo de perfuração pretendido. Isso acontece devido a não uniformidade da formação, disposição das camadas e fatores de ordem operacional.

O acompanhamento direcional é uma técnica fundamental para o sucesso da perfuração de um poço direcional. O conhecimento da trajetória adotada pelo poço, permite corrigir o curso da perfuração, caso ocorra algum desvio da trajetória programada. Além disso, é muito importante para evitar a colisão entre poços e garantir que o objetivo geológico seja efetivamente atingido.

Durante a perfuração são realizadas aquisições de dados que permitem conhecer a posição espacial da broca no reservatório e conseqüentemente a trajetória adotada pelo poço. Na indústria petrolífera, esses dados são chamados de fotos ou surveys e trazem informações a respeito da inclinação, azimute e orientação da ferramenta de perfuração [BRITTO, 2010].

Os equipamentos presentes no mercado permitem a aquisição dos registros direcionais com diferentes níveis de precisão e preço. A seleção precisará levar em consideração critérios técnicos e econômicos do projeto.



3.1 Equipamentos Magnéticos de Registro

Conforme Marques [2009], essas ferramentas não podem ser utilizadas próximas ou dentro de poços revestidos, por serem sensíveis a interferência do aço presente no revestimento. O emprego dessas ferramentas requer a presença de comandos não magnéticos (monel), que diminuem a interferência provocada pela coluna de perfuração. Os principais equipamentos magnéticos empregados na perfuração de poços direcionais:

- Magnetic Single Shot (MSS): É a ferramenta de orientação mais simples da perfuração direcional. É composta por uma bússola magnética, um inclinômetro e uma câmera fotográfica que registra os dados em um filme individual. Após o registro da foto, o MSS é retirado do poço a cabo.
- Equipamento Magnético de Registro Múltiplo (MMS): Um equipamento de registro simultâneo semelhante ao MSS. Porém, possui a capacidade de realizar e registrar múltiplas aquisições. É geralmente empregado para investigar todo o poço depois da perfuração e permite um menor tempo de perfuração, pois os registros são tomados em uma única corrida.

3.2 Equipamentos Giroscópicos de Registro

Diferente dos equipamentos magnéticos, os instrumentos giroscópicos possuem a grande vantagem de não serem influenciados por forças magnéticas, permitindo a investigação dentro ou próximo de poços revestidos. Tem uso restrito, pois necessitam interromper o processo de perfuração para serem corridos, gerando um maior tempo operacional e, com isso, um maior

custo final. Segundo Rocha [2008], os principais equipamentos giroscópicos:

- Gyroscopic Single Shot (GSS): Esse equipamento registra e grava a direção do poço em um filme em forma de disco. O registro direcional é feito por uma bússola giroscópica.
- Gyroscopic Multi Shot (GMS): Essa ferramenta pode ser operada a cabo ou pode ser lançada no poço através da coluna de perfuração, sendo que, na segunda opção, os registros são tomados durante sua manobra de retirada. Essa ferramenta é diferenciada do GSS pela capacidade de múltiplos registros.

3.3 Sistema de Navegação Inercial (INS)

Considerado o sistema de registro direcional mais preciso do mercado. É composto por três giroscópios equipados com acelerômetros. O sistema permite determinar a posição e a velocidade de um corpo em movimento tridimensional, e também encontrar o norte magnético pela rotação da terra. Devido ao design desse sensor, essa ferramenta é capaz de trabalhar em poços de inclinações elevadas. O INS é corrido a cabo e é utilizado em operações que demandam um alto grau de precisão [ROCHA, 2008].

3.4 Steering Tool

O steering Tool é um equipamento de registro direcional composto por um sensor magnético de direção e um sensor gravitacional de inclinação (probe). Essa ferramenta transmite os dados para a superfície em tempo real, através de um cabo elétrico [PORTO, 2009]. A desvantagem da transmissão de dados ser feita a partir de um cabo é que não será possível rotacionar a coluna enquanto esta ferramenta estiver em uso. Outro problema é a fragilidade do cabo à rompimentos.



3.5 Equipamento de Medição Contínua Sem Cabo (MWD)

O MWD é uma das principais ferramentas de aquisição de dados da atualidade. Permite obter dados de inclinação e orientação da ferramenta defletora em tempo real, sem a necessidade de cabo.

A transmissão dos dados é feita por meio de pulsos de pressão do fluido de perfuração. Os pulsos de pressão são gerados por meio da ação de válvulas que modulam o fluxo do fluido de perfuração. Quando a válvula é fechada, o fluxo é interrompido, aumentando a pressão que é detectada na superfície. Quando a válvula permite o escoamento do fluxo, promove uma queda da pressão que é captada na superfície. Esse pulsos são captados por sensores de pressão, e interpretados por softwares [PORTO, 2009].

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário atual da perfuração de poços de petróleo tornou necessário o desenvolvimento de trajetórias mais aprimoradas, não sendo mais usual a exploração de grandes reservatórios por meio de poços de baixa inclinação.

Além disso, os poços de petróleo se tornaram verdadeiros laboratórios, onde são desenvolvidos novos métodos e equipamentos, afim de tornar a perfuração uma operação mais eficiente, mais segura para os profissionais envolvidos no processo, mais lucrativa e com um menor impacto ambiental.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. L. F. **Dinâmica Tecnológica das Indústrias Energéticas**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

BIANCA, S. C. **Análise de Torque em Colunas de Perfuração de Poços**

Direcionais e sua Influência no Monitoramento da Limpeza dos Poços.

Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

BRITTO, G. A. S. **Energia Mecânica Específica e suas Aplicações na Perfuração de Poços de Petróleo**.

Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

CORRÊA, O. L. S. **Petróleo: Noções sobre Exploração, Perfuração, Produção e Microbiologia**. Interciência, 2003.

MANSANO, R. B. **Engenharia de Perfuração e Completação em Poços de Petróleo**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

MARQUES, P. R. **Estudo da Influência da Coluna de Perfuração na Hidráulica de Poços de Longo Alcance**.

Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

PORTO, R. A. P. **Interferência Magnética em Equipamentos de Registro Direcional**.

Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

ROCHA, L. A. S. **Perfuração Direcional**. Interciência, 2008.

SANTANA, H. **Trabalho Prático – Sondas de Perfuração e Completação**.

Universidade de Santa Cecília, 2010.

THOMAS, J. E. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. Interciência, 2004.