



IBP009_04

VENCENDO DESAFIOS EM POÇOS DE GRANDE AFASTAMENTO

Vicente Abel S.R. Costa¹, Romero G.S. Araujo², Aluisio F. N. Filho³, Luciano S. Veneziani⁴

Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico foi preparado para apresentação na *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2004*, realizada no período de 4 a 7 de outubro de 2004, no Rio de Janeiro. Este Trabalho Técnico foi selecionado para apresentação pela Comissão Técnica do Evento, seguindo as informações contidas na sinopse submetida pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho Técnico, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho Técnico seja publicado nos Anais da *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2004*.

Resumo

Com objetivo de minimizar custos e viabilizar a produção de óleo em reservatórios situados próximos a linha de costa cuja profundidade da água é inferior a 3,00m e que inviabiliza a utilização de unidades marítimas, decidiu-se pela perfuração de poços de grande afastamento a partir de locações construídas em terra, na linha de praia, em região de elevado impacto ambiental (manguezais e salinas). Esta é a realidade enfrentada no Campo de Serra situado no litoral norte do estado do Rio Grande do Norte (Brasil) sob a gerência da Unidade de Negócios do Rio Grande do Norte e Ceará, PETROBRAS. A relação entre o afastamento e a profundidade vertical destes poços está em torno de 2,7 vezes, sendo o afastamento atual um pouco superior a 2600 m com uma perspectiva de atingir, em um futuro próximo, mais de 3000 m. Para a perfuração dos poços, pelas suas características peculiares, fez-se necessário à adoção de técnicas especiais, adequação da sonda de perfuração, bem como a utilização de softwares específicos para o atingimento das necessidades do reservatório e do projeto. As ferramentas adotadas na execução do programa de perfuração e completação visaram à análise de “torque e arraste”, estudo da estabilidade de rocha, dimensionamento do fluido de perfuração, da trajetória, anticollisão, hidráulica e limpeza de poço. Neste trabalho serão descritos as ações, resultados, desafios e um balanço do aprendizado adquirido ao longo da campanha exploratória nos poços do Campo de Serra.

Abstract

With the objective of minimizing costs and allowing oil to be produced from reservoirs near the coast in shallow waters (i.e. less than 3 meters) which make the use of standard marine units impractical, several Extended Reach Wells were drilled from special land based locations in an area with increased environmental awareness (mangroves and “Salinas”). This was the reality faced in the “Serra Field” located on the north coast of the state of Rio Grande do Norte (Brasil) and under the management of the Rio Grande do Norte and Ceará Business Unit of PETROBRAS. The ratio between the actual displacement and vertical depth of these wells is approximately 2.7, with actual displacement a bit greater than 2,600 meters, with the idea of reaching displacements exceeding 3,000 meters in the future. In order to drill these wells, special new technologies were adopted; the drilling rig was upgraded, specific software for the development of the project considering both the reservoir and planning of the well, along with the integration and commitment of the Team to follow, execution and that of the service companies resulted in significant improvements in the Drilling Times. Tools adopted in the design of the well, and in the monitoring of the drilling and completion included Torque & Drag Analysis, Rock Mechanics, Drilling Fluids, Well Trajectory, Anti-Collision, Hydraulics and Wellbore Cleaning. This paper will describe the actions taken, the results, challenges and lessons learned during this Exploration Programme in the Serra Field.

¹ Engenheiro de Petróleo – PETROBRAS SA

² Mestre, Engenheiro de Petróleo – PETROBRAS SA

³ Químico de Petróleo – PETROBRAS SA

⁴ Coordenador de Serviços – HALLIBURTON SERVIÇOS LTDA

1. Introdução

O Campo Petrolífero de Serra, localizado no litoral setentrional do Rio Grande do Norte, a 170 km da cidade do Natal (Figura 1) é um dos mais importantes campos terrestres da Unidade de Negócios do Rio Grande do Norte e Ceará (UN RNCE) – Petróleo Brasileiro S.A., contudo os desafios para que se possa operá-lo são grandes, pois se trata de uma área bastante limitada devido as suas condições ambientais.

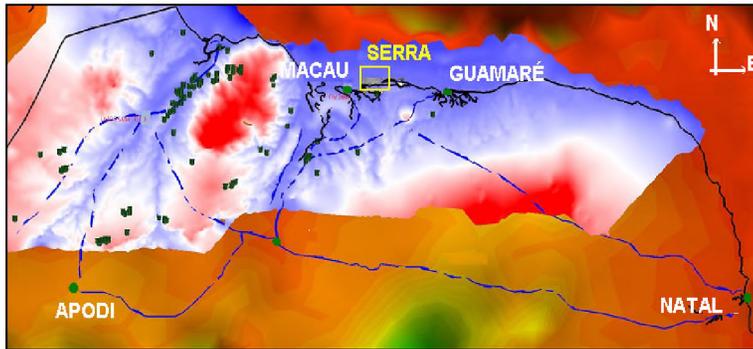


Figura 1 - Localização do Campo de Serra

Como se vê, na (Figura 2) as limitações do mar ao norte, manguezais ao oeste e sul e salinas produtoras ao leste mostram claramente que os desafios não seriam pequenos. No mar, a lamina d'água rasa variando entre dois a três metros, praticamente inviabiliza a entrada de Plataformas Auto-elevatórias além da dificuldade do apoio marítimo em função do baixo calado. Assim a opção escolhida foi a perfuração de poços de longo afastamento (ERW) partindo da estreita faixa de terra para o objetivo que se encontra no mar. (Figura 3)

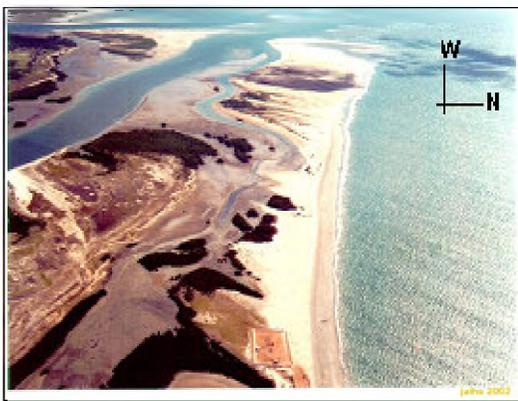


Figura 2 - Vista Aérea da localização do Campo de Serra

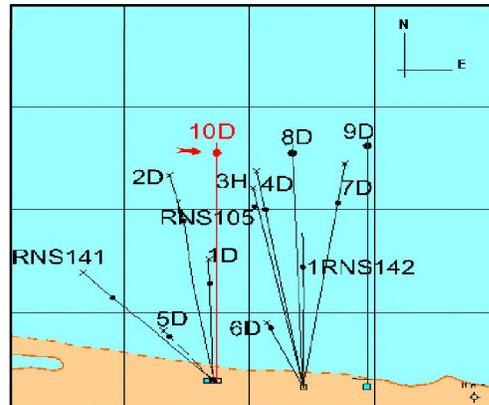


Figura 3 – Vista em Planta dos Poços

Com a escolha desta opção (poços de longo alcance) pôde-se também antecipar a produção já que não há necessidade de lançamento de jaquetas e outras facilidades de produção marítimas.

As operações neste campo tiveram início com o poço 4-RNS-105 e com a sísmica da área tornou-se necessário a aplicação de poços com grandes afastamentos para alcançar os objetivos situados entre 800 a 900 m de profundidade vertical e com afastamentos superiores a 2600 m.

Nos sete (7) primeiros poços de longo afastamento onde a relação entre o afastamento e a profundidade vertical variava entre 2,1 a 2,3 já eram observados problemas como torque, arraste, perdas de circulação próximas à superfície e formações instáveis (folhelhos) que interferiam na construção do poço com prisões de ferramentas, atrasos nas programações e gastos acima do planejado.

As dificuldades intensificaram-se com o poço 7-SER-8D-RNS seguido do 7-SER-9D-RNS os quais com inúmeros problemas levaram a uma reavaliação completa dos métodos e técnicas que seriam aplicados na execução do projeto do 7-SER-10D-RNS em função do incremento na relação entre o afastamento e a profundidade vertical que passaram de 2,1 para 2,7.

Este campo está em processo de desenvolvimento contínuo, com perspectivas de perfuração de novos poços que irão atingir objetivos situado a cerca de 3300 m de afastamento da origem. Estes poços entrarão em uma categoria classificatória de “Poços Severos de Longa Extensão” com a relação alcance / profundidade vertical superiores a três (3).

2. Planejamento para Poços de Longo Alcance

Em função das diversas dificuldades na execução de poços de longo alcance, alguns temas devem ser exaustivamente estudados para se obter uma operação com êxito, a saber:

- Otimizar o desenho da trajetória do poço e posicionamento dos revestimentos.
- Estudar a estabilidade das formações e estimar o peso do fluido ideal a ser utilizado.
- Estudar o fluido adequado e hidráulica para otimizar a estabilidade química, lubrificidade e transporte dos cascalhos. Verificar possibilidade de mensurar a quantidade de cascalho produzido.
- Estudar o “Torque e Arraste” das colunas de perfuração e revestimento.
- Dimensionar e disponibilizar equipamentos confiáveis para atender as necessidades do poço quanto a: rotação, hidráulica, controle de sólidos, capacidade de carga e tração.
- Adequar a sonda às necessidades de poços de longo alcance.
- Estudar a coluna de perfuração para redução de arraste e perda de carga devido limitações de pressões e carga suspensa.
- Aplicar sistemas que facilitem a descida do revestimento.
- Estudar a avaliação e posterior completação do poço.

3. Desenho do Poço

Os poços no campo de Serra são horizontais tipo “S” com três (3) ganhos de ângulo (*Build Up*) variando entre 3 a 5 graus /30 m e uma perda de ângulo (*Drop Off*) entre 1.5 a 2 graus /30 m para poder atingir dois objetivos principais de profundidades verticais diferentes (Figura 4)

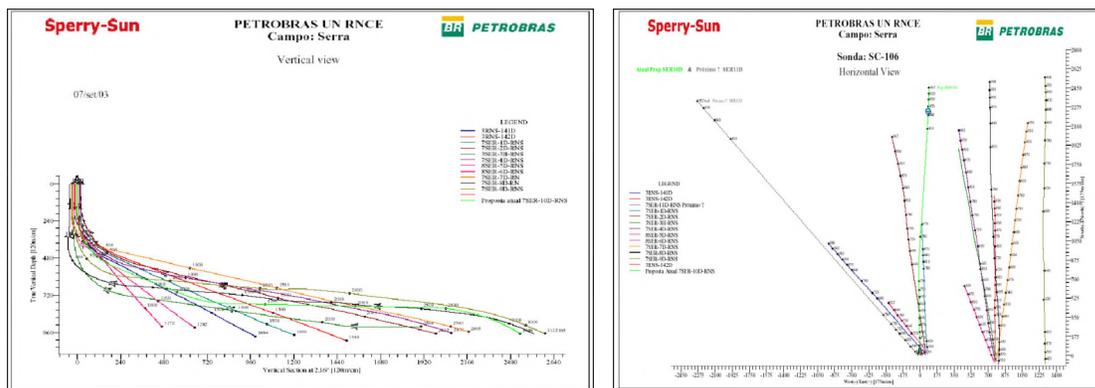


Figura 4 – Trajetória dos poços do Campo de Serra

Devido à existência de vários poços em uma mesma locação, fez-se necessário a análise da anticolisão a qual dificultou sobremaneira o desenho destes poços.

A necessidade do desenho do projeto com três (3) ganhos de ângulo (*Build Up*) se deu em função dos diferentes diâmetros de revestimento do poço, bem como a possibilidade de ultrapassar a zona de instabilidade com o menor ângulo possível e conseqüentemente minimizar o tempo de perfuração no trecho problemático.

Dentre as dificuldades de se trabalhar em poços horizontais “tipo S” de longo afastamento destaca-se o controle do peso sobre broca (*WOB*) nos trechos de navegação horizontal e de perda de ângulo (*drop Off*) utilizando equipamentos como motores de fundo e estabilizadores convencionais, bem como a dificuldade de se obter uma limpeza efetiva do poço.

A tecnologia direcional utilizada no Campo de Serra é a do tipo convencional, não sendo utilizado ainda os sistemas mais avançados tipo *Rotary Steerable* em função de seu custo elevado relativo à situação encontrada.

4. Perfuração no Papel (*Drill on Paper*)

Muita pesquisa e estudo foi feito sendo todo o processo de elaboração do 7-SER-10D-RNS revisto em várias seções de reuniões, onde se destacava a integração e comprometimento de todas as atividades envolvidas no processo e das companhias contratadas, parceiras da PETROBRAS na realização desse projeto. Este envolvimento integral foi uma das chaves para o sucesso alcançado.

A “perfuração no papel” (*Drill on paper*) ajudou a identificar os obstáculos e deficiências de projeto que puderam ser solucionados. Foi solicitada a participação dos especialistas do CENPES – CENTRO DE PESQUISA DA PETROBRAS, os quais efetuaram estudos detalhados sobre a estabilidade das formações geológicas, estes estudos forneceram subsídios para os diversos ajustes, até a obtenção daquele que foi considerado o desenho ou trajetória final do poço. (Figura 5)

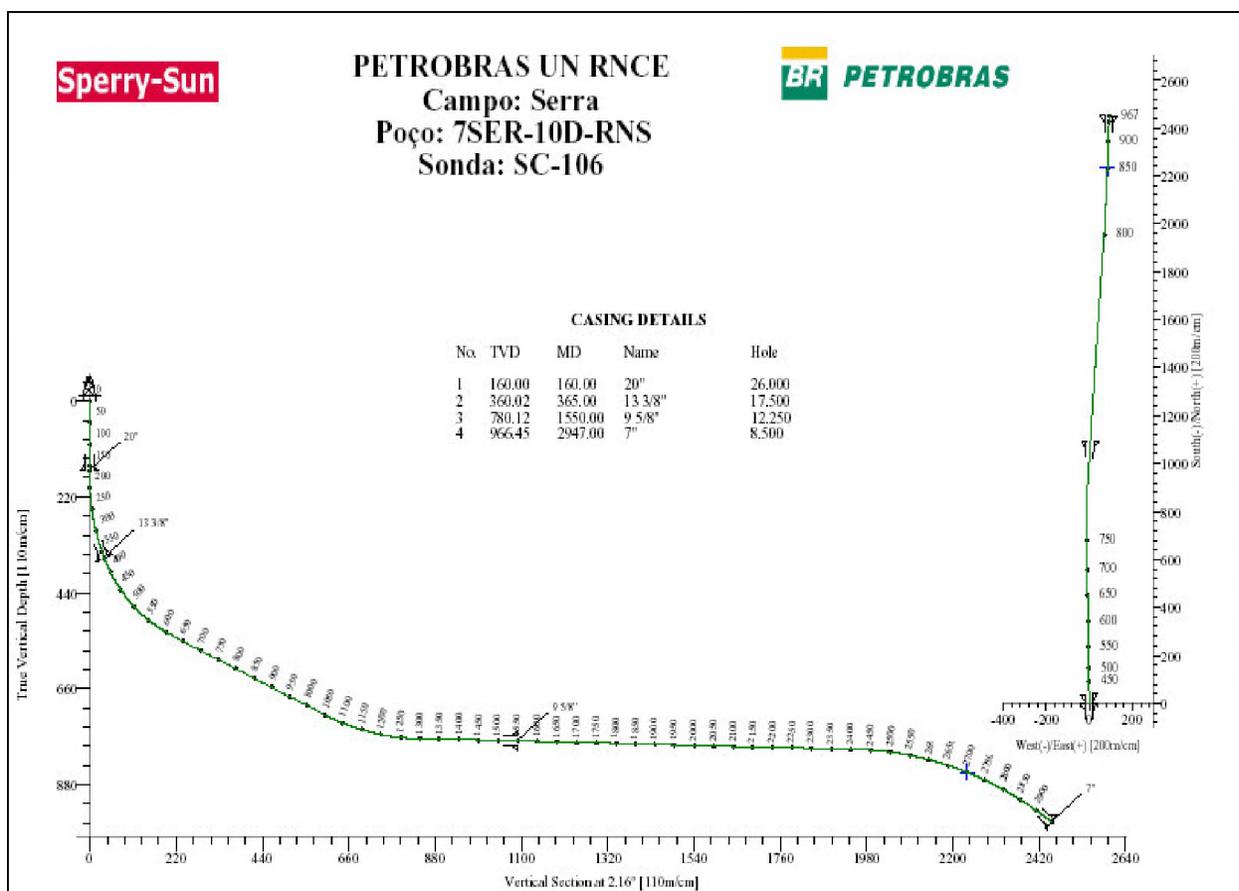


Figura 5 – Projeto direcional

O aprendizado alcançado a partir das dificuldades encontradas na perfuração dos poços 7-SER-8D-RNS e 7-SER-9D-RNS foram de grande importância para a execução do 7-SER-10D-RNS. Esses conhecimentos foram fundamentais na tomada de decisão para a escolha de novas brocas (tipo *PDC* nas fases de 12 1/4" e 8 1/2") e até nas pequenas mudanças, mas significativas, das composições de fundo (redução da quantidade de comandos, aumento da quantidade de tubos pesados e reposicionamento de estabilizadores) os quais submetidos a análise de torque e arraste (*Torque & Drag*) mostraram-se exequíveis. Essa análise foi feita de maneira a obter todos os limites e os diferentes coeficientes de fricção aplicados (0,20 a poço aberto e 0,18 a poço revestido) colocaram o projeto, mesmo com utilização de equipamentos convencionais, dentro de um range seguro para operação.

Em toda a execução do poço 7-SER-10D-RNS foram utilizados dez (10) manobras de composição de fundo (*BHA*) em suas diferentes fases, ao passo que no 7-SER-8D-RNS e 7-SER-9D-RNS foram empregados trinta e uma (31) e vinte (20) respectivamente.

No gráfico comparativo abaixo (Figura 6) pode-se observar a evolução dos tempos na perfuração dos três (3) poços: 7-SER-8D-RNS, 7-SER-9D-RNS e 7-SER-10D-RNS. O ganho de tempo com a execução do poço 7-SER-10D-RNS foi extremamente considerável devido ao seu replanejamento e otimização na execução.

Os principais problemas enfrentados na execução dos poços 7-SER-8D-RNS e 7-SER-9D-RNS foram: instabilidade de formação ocasionando prisões, quebras de coluna, deficiência na limpeza do poço, falhas prematuras das bombas de lama devido à ação do fluido base éster nos elastômeros e dificuldade da descida do revestimento de produção.

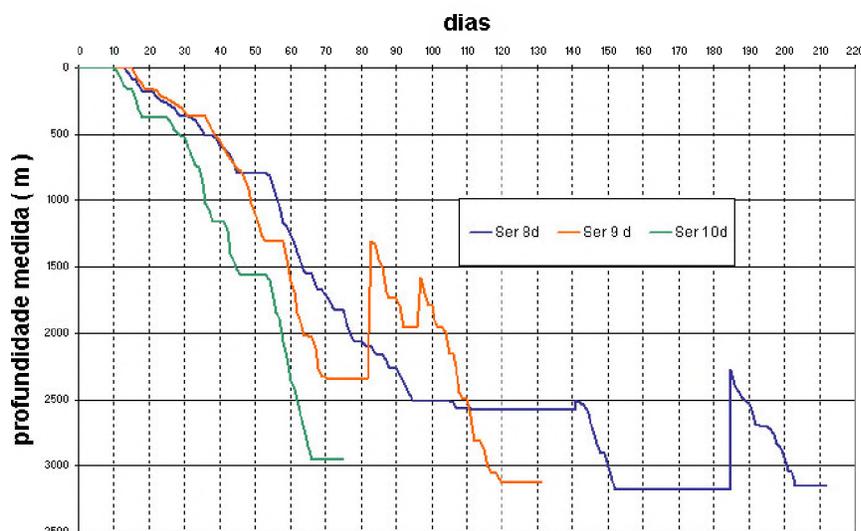


Figura 6 – Evolução tempo (dias x profundidade)

5. Revestimento

As escolhas dos revestimentos adequados foram feitas segundo os critérios de dimensionamento (pressão interna, tração, colapso) como também foram levados em consideração os seguintes critérios, a saber:

5.1. Desgaste do revestimento

Foi simulado o desgaste do revestimento ao longo de toda a intervenção baseando-se na seqüência operacional prevista para o poço. Dependendo do resultado da simulação é recomendado o uso de revestimentos de maior espessura (maior peso) para compensar esta variável.

Os resultados mostraram a necessidade de posicionar revestimentos mais robustos em frente ao trecho de ganho de ângulo.

Foi avaliada a possibilidade do uso de protetores de revestimento na coluna de perfuração. Porém, em frente aos tubos pesados (*HW*) e comandos (*DC*) a PETROBRAS não dispunha dos recursos necessários. Neste caso foi aplicado um produto nos tubos de perfuração para reduzir o coeficiente de fricção .

5.2. Estudo da simulação de descida

Foi simulada a descida para cada diâmetro de revestimento de maneira a verificar a viabilidade do posicionamento destes nas profundidades desejadas (Figura 7). A fim de facilitar a execução foi obtido o gráfico *Carga Suspensa x Profundidade* para os vários fatores de fricção e no campo foi realizada a verificação dos resultados. Este gráfico, além de comparativo, agrega conhecimento para futuros projetos.

Utilizou-se o sistema de descida do revestimento (*Casing Running*) acoplado ao *Top Drive* que permitiu efetuar conexão, descer e girar com circulação. O sistema mostrou-se eficiente e necessário para poços desse tipo.

Foi utilizado revestimento mais pesado na parte superior para facilitar a descida.

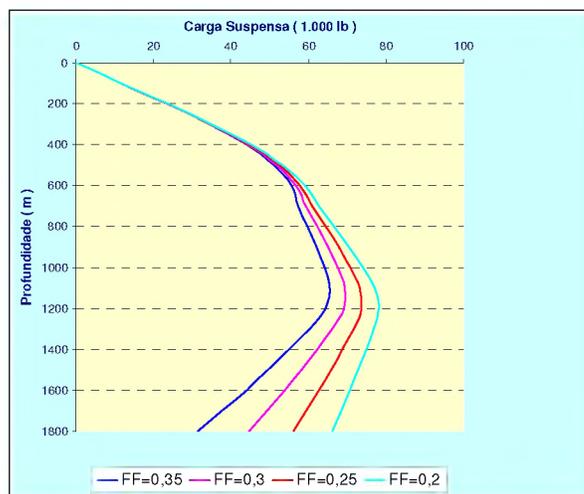


Figura 7 – Simulação de descida do Revestimento de 9 5/8”

5.3. Escolha do tipo de conexão

Utilizou-se conexões *premium* devido a alta capacidade de flexão, vedação e resistência ao torque. Foram empregados também conexões *buttress* com anéis de torque para elevar sua capacidade de torque.

5.4. Escolha de centralizadores

Foram descidos centralizadores rígidos com roletes que possibilitaram redução de arraste além de permitir o giro do revestimento.

6. Fluido de Perfuração e Limpeza do poço

Nas fases iniciais, onde havia baixas inclinações utilizou-se fluido convencional com bentonita e nas fases com grande inclinação foi empregado o fluido base éster vegetal.

A utilização do fluido base éster permitiu: alta lubrificidade nas paredes do poço facilitando as manobras, mínima interação rocha x fluido, reologia elevada principalmente para os valores a baixa taxa de cisalhamento (leituras a 3 e 6 rpm) imprimindo significativa melhoria na limpeza do poço, grande poder de biodegradabilidade, baixa toxicidade e manutenção da estabilidade frente a folhelhos e argilas.

Em poços de longa extensão, o transporte dos cascalhos é um fator determinante em virtude da necessidade de se perfurar longos trechos com altas inclinações. Em consequência, elevadas vazões, controle reológico do fluido e o uso de meios mecânicos não convencionais podem e devem ser utilizados para a limpeza do poço devido a tendência dos cascalhos se acumularem na parte “baixa” do poço.

O meio não convencional de limpeza utilizado com sucesso nos poços de Serra foi o *back reaming*, sendo efetuado a cada 350 m perfurados. Este método foi efetivo, porém aumenta os choques da coluna de perfuração, fadiga prematura ou até mesmo desconexão (*back off*) das carcaças dos motores de fundo. Para reduzir as chances de falhas

prematuras dos componentes da coluna foram efetuadas trocas antecipadas e programadas dos motores de fundo bem como remanejamentos dos demais componentes.

Utilizou-se programas para simular a limpeza do poço e verificar a vazão ideal para atender a esta situação.

O acompanhamento para a quantificação dos cascalhos gerados foi implementado permitindo avaliar a eficiência da limpeza do poço. Para tal, foram preparadas caçambas previamente cubadas onde eram depositados todos os cascalhos produzidos.

O sistema de recolhimento de cascalhos e sua disposição em locais adequados foram requisitos necessários para execução do projeto devido à elevada sensibilidade ambiental da área.

7. Sondagem

A sonda de perfuração consiste em um item fundamental em projetos de poços ERW. A experiência mundial mostra a necessidade de alguns requisitos que são considerados básicos:

Top drive.

Disponibilização de três (3) bombas com capacidade adequada que permitam trabalhar com altas vazões.

Potência para fornecimento de energia suficiente para manter bombas trabalhando a alta vazão bem como garantir a utilização de rotações elevadas na mesa e/ou *Top Drive*.

Equipamentos extratores de sólidos adequados e que permitam aferição do volume de cascalhos que retorna.

Este recurso veio da necessidade do controle do leito de cascalhos que se forma durante a perfuração do trecho de maior inclinação.

Equipamentos de medição de carga e de pressão confiáveis e calibrados. A perfuração de poços ERW é feita com um bom controle das cargas movimentadas pelo guincho da sonda.

Sistemas de circulação (linhas, *manifold*, manômetros, etc.) que possibilitem trabalhar com altas pressões.

Coluna de perfuração de diâmetro maior do que o convencional para permitir redução de perda de carga.

Na campanha do campo de Serra foram introduzidas melhorias na sonda de perfuração, de propriedade da PETROBRAS, que passou a contar com recursos essenciais como *Top drive*. Foi elevada a potência de seus geradores (trata-se de uma sonda diesel elétrica), substituído o sistema de circulação para aumentar a classe de pressão e aperfeiçoado o sistema de extração de sólidos para permitir melhor controle dos cascalhos removidos.

8. Logística

Em função das perdas de circulação superficiais foi montada uma estrutura de captação de água salgada com bombas e linhas para suprir a alta vazão de fluido necessária aos motores de fundo de 9 5/8". Uma barcaça foi construída e posicionada próximo a beira do mar visando contornar o referido problema de forma rápida e econômica.

O sistema de recolhimento de cascalhos gerados durante a perfuração através de caçambas com volumes previamente definidos mostrou-se efetivo auxiliando nas medidas quantitativas dos volumes produzidos e preservando o meio ambiente em sua forma integral.

Devido aos fortes ventos na área, provocando a movimentação das areias da praia, foram posicionados em torno de toda a locação tapumes de madeira para evitar dano aos geradores e equipamentos eletrônicos existentes na sonda.

O fluido de perfuração base éster utilizado, embora seja ambientalmente "amigável", é extremamente agressivo aos elastômeros das bombas de lama e motores de fundo que tinham sua vida útil bastante comprometida assim sendo, foi necessário manter um estoque elevado destes componentes.

9. Completação e Avaliação

As operações de completção e de avaliação de poços de longa extensão (*ERW*) passam pela necessidade de um bom detalhamento em virtude da condição de trabalho. O fato de se trabalhar em poço revestido torna o ambiente menos severo do que aquele enfrentado durante a fase de perfuração, porém, alguns cuidados especiais tornam-se necessários:

Controle da lubrificidade do fluido de completção.

Controle da limpeza do poço.

Utilização de software para determinar a composição de fundo e da coluna para condicionamento e perfilagem do poço.

Determinação da composição da coluna para a operação de canhoneio.

Método de isolamento entre dois intervalos a serem testados separadamente.

No caso de poços não surgentes é importante a determinação da melhor posição dos equipamentos de produção para garantir a boa produtividade assim como a melhor eficiência do sistema.

9. Conclusão

No momento em que foi identificada a necessidade de explorar o Campo de Serra com poços de longo alcance (ERW), uma série de ações foi necessária para adequação dos recursos, da equipe envolvida nas etapas do projeto e execução das operações de perfuração, completação e avaliação. O processo envolveu também as empresas prestadoras de serviço, uma vez que o desafio de se perfurar poços de longo alcance não fazia parte, até então, do cotidiano da Unidade de Negócio.

Os resultados mostram uma significativa melhoria no processo e um ganho expressivo no aprendizado da equipe visto que no planejamento de desenvolvimento do campo obteve-se um incremento gradual na relação afastamento x profundidade vertical atingindo valores em torno de 2.7. Com isso a PETROBRAS e suas contratadas foram se adequando gradativamente as novas necessidades. Como exemplo, destaca-se a melhoria implementada na sonda de perfuração , utilização de novos recursos para viabilizar a descida do revestimento e aquisição de *softwares* para execução e acompanhamento.

No momento investe-se na busca de novos recursos de perfuração direcional com vistas aos novos horizontes de maior afastamento, comparado aos atuais. No tocante as outras tecnologias envolvidas, a PETROBRAS vem trabalhando com fluido base éster e pesquisando novos lubrificantes. Quanto as operações de revestimento e cimentação, novos tipos de roscas vêm sendo avaliados bem como tecnologias para cimentação mais adequadas.

Através das melhorias implementadas e executadas no poço 7-SER-10D-RNS conseguiu-se uma redução em torno de 50% do custo do poço em relação aos anteriores. O sucesso destas melhorias não pode ser medido apenas pela redução nos custos, mas também através dos resultados tecnológicos agregados e do conhecimento obtido. Outra grande preocupação da PETROBRAS é garantir a atividade em uma área ambientalmente sensível buscando recursos que comprovem ser possível a convivência de uma atividade de alto risco em um ambiente com características tão particulares.

10. Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer os colegas do acompanhamento e projeto da Engenharia de Poços, da Intervenção de poços e Reservatório do Alto do Rodrigues, Sondagem e das companhias parceiras da Petrobras pelo comprometimento e integração resultando no sucesso do desenvolvimento do campo de Serra.

11. Referências

AL-SUWAIDI,A.S.,BRANDAO,F.J. World-Class Extended-reach Drilling Performance in Abu Dhabi- Acase tudy in how to beat the learning curve, IADC/SPE 72279.

WATTERS,L.T.,NORMAN,S.D , Petroleum Well Construction 1988.

COCKING,D.A.,BEZANT,N.,TOOMS,P.J., Pushing the ERD Envelope at Wytch Farm, SPE/IADC 37618.