

# PROJETO DE PERFURAÇÃO DE UM POÇO DE PETRÓLEO: ESTUDO DE CASO DE UM POÇO MARÍTIMO VERTICAL COM QUATRO FASES E COMPLETAÇÃO MOLHADA

Letícia Carvalho Machado<sup>1</sup>; Milson dos Santos Barbosa<sup>1</sup>; Aline Resende Dória<sup>1</sup>; Isabelle Maria Duarte Gonzaga<sup>1</sup>; Elayne Emília Santos Souza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Tiradentes, Aracaju-Sergipe, Brasil

leticia\_cm@hotmail.com.br; barbosamilson@hotmail.com; alinerdoria@gmail.com; bellemdg@gmail.com; elayne\_emilia@unit.br

**Resumo:** Em todo o mundo, milhares de poços petrolíferos são perfurados anualmente. A elaboração do projeto do poço é uma das etapas de planejamento para a sua construção, na qual é realizado o detalhamento das fases de perfuração. Independente do tipo de poço a ser perfurado, exploratório ou de desenvolvimento, o detalhamento dessas etapas é de suma importância para a determinação do tempo e do custo do poço e, conseqüentemente, para a avaliação de sua viabilidade técnica e econômica. O presente trabalho é um estudo de investimento da perfuração, da cimentação e perfilagem de um poço em plataforma *offshore* que apresenta uma lâmina d'água de 1500m e 3000m de profundidade de poço perfurado, apresentado em quatro fases.

**Palavras-chave:** Perfuração, projeto, avaliação, tempo, custo.

## INTRODUÇÃO

A perfuração de um poço de petróleo é realizada através de uma sonda. As sondas são plataformas ou navios especialmente construídos com as facilidades necessárias para a perfuração e/ou intervenção num poço. Normalmente, possuem uma torre através da qual se faz a elevação, alinhamento, inserção e rotação de tubos de perfuração (*drill pipes*), em cuja extremidade se encontra uma broca responsável pela perfuração (POMINI, 2013).

Segundo Thomas (2004), o método usualmente utilizado é o rotativo, que consiste em atravessar as formações rochosas pela ação da rotação e peso aplicados a uma broca existente na extremidade da coluna de perfuração. A coluna de perfuração consiste basicamente de comandos e tubos de perfuração. Os fragmentos de rochas, gerados pela perfuração, são removidos continuamente através de um fluido de perfuração.

Luz e Baltar (2003), afirmam que o fluido de perfuração desempenha um papel essencial. O fluido é injetado através de bombas para o interior da coluna de perfuração, através de um equipamento denominado cabeça de injeção e retorna a superfície através do espaço anular entre a parede do poço e a coluna de perfuração. Ao atingir determinada profundidade, a coluna de perfuração é retirada do poço e uma coluna de revestimento de aço, com um diâmetro inferior ao da broca, é descida no poço.

O espaço anular entre os tubos de revestimento e as paredes do poço é cimentado objetivando isolar as formações rochosas atravessadas, permitindo com que a perfuração avance

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

[www.conepetro.com.br](http://www.conepetro.com.br)

com segurança. Após cimentado o poço, a coluna de perfuração é novamente descida, tendo na sua extremidade uma nova broca de diâmetro menor do que a do revestimento para dar continuidade a perfuração. O poço é perfurado em várias fases, caracterizadas pelos diferentes diâmetros das brocas (RENPU, 2016).

A perfuração de poços dos mais variados tipos segue uma lógica comum, somada às inovações tecnológicas necessárias para suprir as especificidades de cada região. Existe uma vasta literatura abordando o tema, com extensivo conhecimento acumulado no nível de engenharia de reservatórios e poços (CARVALHO e ROSA, 2002; CARVALHO *et al*, 2006; ROCHA e AZEVEDO, 2009; ROCHA *et al*, 2011). As primeiras unidades de perfuração marítima eram simplesmente sondas terrestres montadas sobre uma estrutura para perfurar em águas rasas. Eram aplicadas as mesmas técnicas utilizadas em terra, que funcionaram com sucesso por algum tempo. A necessidade de se perfurar em águas mais profundas fez surgir novos tipos de equipamentos e técnicas especiais orientadas especificamente à perfuração marítima.

De acordo com Rocha e Azevedo (2009), existem basicamente dois tipos de unidades de perfuração marítima: as com o BOP na superfície, tais como as plataformas terrestres, as plataformas fixas, as auto eleváveis, as submersíveis, as *tension legs* e as com BOP no fundo do mar, conhecidas como unidades flutuantes, tais como as semissubmersíveis e os navios-sonda.

- Plataformas fixas – tem sido preferida nos campos localizados em lâminas d'água de até 300 metros. São estruturas moldadas de aço que são instaladas no local de operação com estacas cravadas no fundo do mar. Devido aos altos custos envolvidos no projeto, construção e instalação da plataforma, sua aplicação se restringe ao desenvolvimento de campos já conhecidos. São projetadas para receberem todos os equipamentos de perfuração, estocagem de materiais, alojamento de pessoal e o restante das instalações necessárias para a produção dos poços.

- Plataformas auto eleváveis – são constituídas de uma balsa equipada com estruturas de apoio que, mecânica ou hidráulicamente, movimentam-se para baixo até atingirem o fundo do mar. Em seguida, inicia-se a elevação da plataforma acima do nível da água, a uma altura segura e fora da ação das ondas. São plataformas móveis, transportadas por rebocadores ou com propulsão própria.

- Plataformas submersíveis – constam de uma estrutura montada sobre um flutuador, utilizadas basicamente em águas calmas com pequena lâmina d'água. São lastreadas até seu casco inferior se apoiar no fundo. Tem utilização limitada.

- Plataformas flutuantes – podem ser semissubmersíveis, compostas por uma estrutura com um ou mais conveses apoiados por colunas em flutuadores submersos ou navios-sonda. Uma unidade flutuante sofre movimentações devido à ação das ondas, correntes e ventos, de forma que deve ter seu posicionamento controlado através de sistemas de ancoragem ou sistema de posicionamento dinâmico.

- Plataformas *Tension Leg* – são plataformas utilizadas para desenvolvimento de campos. Sua estrutura é bastante similar à plataforma semissubmersível, sendo que suas pernas principais são ancoradas no fundo do mar por meios de cabos tubulares, o que reduz severamente o movimento da plataforma.

Este trabalho visa realizar um estudo de caso dum poço marítimo com quatro fases e completação molhada, realizando simulações de tempo de perfuração, custo total final, Comprimento e composição do BHA, tipo de fluido das fases, taxas de penetração em cada fase, momento da descida do *riser* e BOP nas sondas flutuantes e profundidade das fases (sapatas dos revestimentos), fornecendo assim características mais específicas do poço estudado.

## METODOLOGIA

- Lâmina D'água: 1500m
- Profundidade Final: 4500m
- Profundidade Perfurada: 3000m
- Diária da sonda marítima flutuante para completação molhada: U\$ 500.000 / dia
- Descida / Subida de tubos de perfuração na manobra (sem quebrar conexões): 250 metros/hora.
- Descida / Subida de tubos de perfuração na manobra (quebrando conexões, ao término da perfuração do poço): 100 metros/hora
- Descida dos Revestimentos: 10 juntas / hora para todas as fases
- Montagem, conexão e Testes do BOP marítimo: 12 horas
- Jateamento de 03 tubos de revestimento: 12 horas
- Descida/Subida do riser: 44 metros/hora
- Circulações para limpeza do poço e condicionamento do fluido: 3 horas
- Taxas de penetração: cada grupo vai definir (metros/hora)
- Cimentação: 3 horas (não aguardar pega)
- Perfilagem à cabo: 12 horas para poços terrestres e completação seca e 24 horas para sondas flutuantes
- Teste de formação a poço aberto: 24 horas / teste

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Cálculos e processos de perfuração

#### *Fase 1*

Iniciada às 23:00 horas do dia 04/02/2013, com a descida do condutor de 30". Acoplado a ele está a broca de perfuração de 26", que nessa primeira fase, desce jateando. O condutor é cravado 30 m e não necessita de revestimento. A cravação do condutor durou 25 horas e o tempo total (cravação + jateamento) foi de 37 horas e um custo de US\$ 18.000,00.

#### *Fase 2*

Dando continuidade a fase 1, a fase 2 foi iniciada com a perfuração com a broca de 26", citada na fase 1. A broca perfurou uma fase de 670 metros, a uma taxa de penetração de 10m/h, utilizando 67 horas para a perfuração. O fluido foi circulado antes da subida da coluna de perfuração. 37 horas foram necessárias para a subida da coluna de perfuração, mais 25 horas para a descida do revestimento. O revestimento foi feito com um diâmetro de 20". Depois de revestir, foi feita a cimentação do poço, seguida pela instalação do BOP e descida dos *risers*, completando assim a perfuração da segunda fase.

#### *Fase 3*

A terceira fase foi iniciada com a descida da coluna de perfuração de 17<sup>1/2</sup>", perfurando uma fase de 1000 metros, a uma taxa de perfuração de 10 m/h. Antes de iniciar a perfuração da terceira fase, foi necessário cortar a fase de cimento da fase anterior. Depois de perfurado, o fluido foi circulado para a limpeza do poço até agora perfurado e a coluna de perfuração foi retirada. O revestimento de 13<sup>3/8</sup>" foi assentado e a cimentação foi feita. Vale ressaltar que a perfuração da

terceira e quarta fase foram feitas utilizando o MWD, dispositivo utilizado em perfuração direcional que, enquanto há a perfuração, as fotos vão sendo tiradas. Essas fotos servem para nos nortear quanto à inclinação do poço e não seria viável parar a perfuração a cada 100 metros para registrar essas fotos, caso esse dispositivo não fosse utilizado.

#### Fase 4

A quarta e última fase, assim como a terceira, foi iniciada com a descida da coluna e o processo de corte do cimento. A broca utilizada nessa fase foi de 12<sup>1/4</sup>" , o comprimento perfurado foi de 1300 metros, sendo necessária a troca da broca após os 800 m iniciais, uma vez que a taxa de penetração foi de 8 m/h. Como era necessária a troca da broca após 100 h ininterruptas de trabalho e também a manobra curta para perfurações de mais de 1000m de comprimento, não foi necessária a realização da manobra curta, uma vez que a coluna foi totalmente retirada aos 800m, para a troca da broca. Após a segunda troca e eventual finalização da perfuração, o fluido foi circulado, seguido pelo revestimento do poço e consequente cimentação. A subida da coluna de perfuração nesse último caso foi com quebra. O diâmetro de revestimento foi de 9<sup>5/8</sup>". Na Figura 1, pode-se observar o esquema do poço detalhado anteriormente.

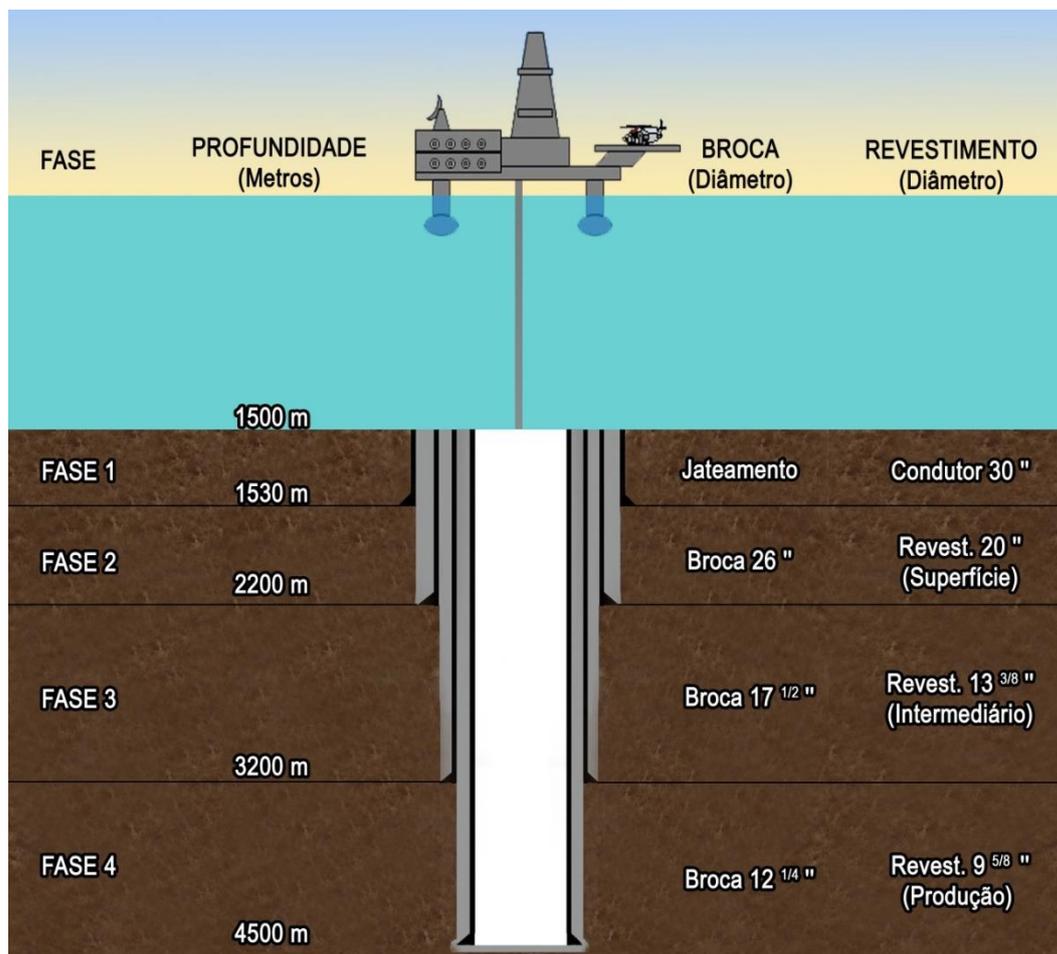


Figura 1 – Esquema do Poço 4 fases.

Memorial de cálculos

Para maior entendimento das operações realizadas, foi detalhado na Tabela 1 o esquema do tempo de perfuração do poço.

**Tabela 1 – Tabela especificando de quantidade de dias, horas de trabalho e descrição de atividades.**

FASE	DATAS	HORÁRIO	DESCRIÇÃO
I	04/02/2013	23:00 – 00:00	Descida do condutor de 30” com a broca de 26” 60m – 1h 1500m – X X = 25hs
	05/02/2013	00:00 – 23:59	Descendo condutor
	06/02/2013	00:00 – 12:00	Jateamento com 3 tubos de 10m
II	06/02/2013	12:00 – 00:00	Perfurar até 2200 10m – 1h 670m – X X = 67hs
	07/02/2013 até 09/02/2013	00:00 – 07:00	Perfurando
	09/02/2013	07:00 – 10:00	Circular o fluído
	09/02/2013 até 10/02/2013	10:00 – 23:00	Subindo coluna até a mesa rotativa 60m – 1h 2200m – X X = 37hs
	10/02/2013 até 11/02/2013	23:00 – 23:59	Descer revestimento de 20”, com tubo de 9m 10J. 9m = 90m 90m – 1h 2200m – X X = 25hs OBS: 245 tubos
	12/02/2013	00:00 – 03:00	Cimentar
	12/02/2013	03:00 – 09:00	Subida dos tubos 250m – 1h 1500m – X X = 6hs
	12/02/2013	09:00 – 21:00	Montar o BOP
	12/02/2013 até 14/02/2013	21:00 – 08:00	Instalação do BOP + Riser 44m – 1h 1500m – X X = 35hs
	III	14/02/2013 até 15/02/2013	08:00 – 21:00
15/02/2013 até 16/02/2013		21:00 – 01:00	Cortar cimento
16/02/2013 até 20/02/2013		01:00 – 05:00	Perfurar com broca de 17 <sup>1/2</sup> até 3200m 10m – 1h 1000m – X

			X = 100hs
	20/02/2013	05:00 – 08:00	Circular fluído
	21/02/2013		Subida da coluna de 17 <sup>1/2</sup>
	até	08:00 – 14:00	60m – 1h
	23/02/2013		3200m – X
			X = 54hs
	23/02/2013		Descer revestimento de 13 <sup>3/8</sup> tubo de 9m
	até	14:00 – 02:00	90m – 1h
	25/02/2013		3200m – X
			X = 36hs
			OBS: 356 tubos
	25/02/2013	02:00 – 05:00	Cimentação
	25/02/2013	05:00 – 11:00	Subida dos tubos
IV	25/02/2013		Descer a broca de 12 <sup>1/4</sup>
	até	11:00 – 17:00	60m – 1h
	27/02/2013		3200m – X
			X = 54hs
	27/02/2013	17:00 – 21:00	Cortar o cimento
	27/02/2013		Perfurar até 4000m
	até	21:00 – 01:00	8m – 1h
	04/03/2013		800m – X
			X = 100hs
	04/03/2013	01:00 – 04:00	Circulação do fluído e limpeza
	04/03/2013		Subida da coluna
	até	04:00 – 23:00	60m – 1h
	06/03/2013		4000m – X
			X = 67hs
	06/03/2013	23:00 – 00:00	OBS: Troca de broca
	07/03/2013	00:00 – 16:00	Descida da coluna
			Perfurar com broca de 12 <sup>1/4</sup> até 4500m
	07/03/2013		8m – 1h
	até	16:00 – 07:00	500m – X
	10/03/2013		X = 63hs
			OBS: 200m de reservatório
	10/03/2013	07:00 – 10:00	Circular fluído
			Subida da broca (término), quebrando
	10/03/2013		conexões
	até	10:00 – 13:00	60m – 1h
	13/03/2013		4500m – X
			X = 75hs
	13/03/2013		Perfilagem a poço aberto
	até	13:00 – 13:00	
	14/03/2013		Descida do revestimento de 9 <sup>5/8</sup>
			90m – 1h
	14/03/2013	13:00 – 00:00	4500m – X
			X = 50hs
			OBS: 500 tubos
	15/03/2013		Descendo revestimento
	até	00:00 – 15:00	
	16/03/2013		
	16/03/2013	15:00 – 18:00	Cimentação

16/03/2013		Subida dos tubos, com quebra
até	18:00 – 09:00	100m – 1h
17/03/2013		1500m – X
		X = 15hs

A perfuração durou 946 horas, ou seja, aproximadamente 40 dias. A diária da sonda é de US\$ 500.000,00, portanto foram gastos US\$ 20.000.000,00 no aluguel da mesma. Para cada cimentação (material mais serviço) o custo foi de US\$ 50.000,00/fase\*1,2, neste caso apresentado foram realizadas 3 cimentações que totalizou em US\$ 180.000,00.

O revestimento apresentou um investimento de US\$ 200,00/metro\*1,2, que totalizou em US\$ 1.288.800,00, pois foram revestidos 5370m. A perfilagem (serviço) apresentou uma despesa de US\$ 50.000,00/fase\*1,2 e como foi feita apenas a perfilagem final, ou seja, o custo total da perfilagem foi de US\$ 60.000,00 e dos serviços de fluídos foi de US\$ 12.000,00.

Perfuração direcional: US\$ 600,00/hora perfurada\*1,2 = US\$ 720,00/hora perfurada. Presente nas fases III e IV que custaram, respectivamente, US\$ 174.960,00 e US\$ 344.160,00.

Os serviços de tratamento de Cascalho apresentaram um dispêndio de US\$ 20.000,00/fase\*1,2. Estes serviços faziam-se presentes em 3 fases, então o custo total do tratamento de cascalho foi de US\$ 72.000,00.

Os fluídos utilizados foram: a) fluído convencional: US\$ 10.000,00/fase\*1,2 = US\$ 12.000,00/fase; b) fluído catiônico (base água): US\$ 45.000,00/fase\*1,2 = US\$ 54.000,00/fase; c) fluído parafina (base óleo): US\$100.000,00\*1,2 = US\$ 120.000,00/fase.

As brocas usadas foram de 26'', 17<sup>1/2</sup> e 12<sup>1/4</sup>. Em que, as brocas de 26'' e 17<sup>1/2</sup> custaram US\$ 15.000,00/cada\*1,2 = US\$ 18.000,00/cada, e a broca de 12<sup>1/4</sup> custou US\$ 50.000,00\*1,2 = US\$ 60.000,00.

Com base em todos os cálculos, pode-se verificar os custos por fase, conforme apresentados na Tabela 2, totalizando os custos totais da operação de perfuração do poço de petróleo com 3000m de profundidade, atravessando-se uma lamina d'água de 1500m.

**Tabela 2 – Tabela especificando custo e quantidade de dias para cada fase do poço perfurado.**

FASE	CUSTO	TEMPO
<b>I</b>	US\$ 18.000,00	37hs ou 3/2 dias
<b>II</b>	US\$ 5.124.000,00	8 dias
<b>III</b>	US\$ 6.598.960,00	10 + 1/8 dias
<b>IV</b>	US\$ 10.720.960,00	20 dias
<b>TOTAL</b>	<b>US\$ 22.461.920,00</b>	~ 40 dias

## CONCLUSÕES

Ao terminar a perfuração de um poço, é necessário deixá-lo em condições de operação, de forma segura e econômica, durante toda a sua vida produtiva. O ideal é a execução da perfuração

até à profundidade final com o menor custo operacional possível, rápido início da produção, evitando acidentes pessoais ou danos ao meio ambiente, sem gerar problemas para o futuro dos poços do campo. Em suma, a fase IV foi a que apresentou maior custo de investimento, no valor de 10.720.960,00 dólares, e com um tempo maior de 20 dias, devido a sua maior profundidade, maior complexidade e da presença da perfilagem de poço nesta etapa. Ao fim de todas as etapas contabilizou-se um total de US\$22.461.920,00 e um período de 40 dias para a conclusão de todas as fases de perfuração deste poço.

## REFERÊNCIAS

- CARVALHO, R. S.; ROSA, A. J. **Previsão de Comportamento de Reservatórios de Petróleo**. Interciência, 2002.
- CARVALHO, R. S.; ROSA, A. J.; XAVIER, D. **Engenharia de reservatórios de Petróleo**. Interciência, 2006.
- LUZ, A. B.; BALTAR, C. A. M. **A função dos minerais industriais componentes da lama de perfuração de poços**. Comunicação Técnica elaborada para o CETEM. In: *Insumos Minerais para Perfuração de Poços de Petróleo*, 2003.
- POMINI, A. M. **A química na produção de petróleo**. Interciência, 2013.
- RENPU, W. **Engenharia de completção de poços**. Elsevier, 2016.
- ROCHA, L., & AZEVEDO, C. **Projeto de poço de petróleo: geopressões e assentamentos de coluna de revestimentos**. Interciência, 2009.
- ROCHA, L. A. S.; AZUAGA, D.; ANDRADE, R.; VIEIRA, J. L. B.; SANTOS, O. L. A. **Perfuração Direcional**. Interciência, 2011.
- THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos de engenharia de petróleo**. Interciência, 2004.