

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



9º CONGRESSO
Brasileiro de **P&D** em
PETRÓLEO E GÁS

Maceió, AL
de 09 a 11 de novembro
2017

Realização:



ABPG
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM
PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Estudo Sobre Revestimento e cimentação de poços de petróleo

AUTORES:

Raul José Alves Felisardo, Josineide Martins Dos Santos, Beatriz Carolaine Dos Santos, Gabriela Menezes Silva

INSTITUIÇÃO:

Universidade Tiradentes

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 9º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 09 a 11 de novembro de 2017, em Maceió/AL. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 9º PDPETRO.

Estudo Sobre Revestimento e Cimentação de poços de petróleo

Abstract

In the present work presents a theoretical study of issues of great importance in the oil industry. Any coating step as the cementation phase of an oil well is of great importance to studies on the aforementioned issues because they guarantee the safety of a well in production. It is noteworthy in this work the general aspects of coating from their rankings especially conductive coating production, surface, intermediate, Liner type and expandable coatings, as well as their functions and features. In the approach to cementing which basically consists in filling the annular space between the pipe and the wall of the formation and its main purpose the Union casing pipe with the wall of the well, in addition to the objective of forming a seal cap on bottom or to correct hole deviation during drilling, the study of its importance beyond its functions and also to speak of the problems that can happen due to poor cementation is essential.

Introdução

A indústria do petróleo é, certamente, a mais fantástica atividade produtiva organizada em toda a existência do ser humano. Conhecimento empírico, ciência, tecnologia, engenharia, administração, finanças, fatores sociais, ecologia, recursos humanos são ferramentas essenciais, críticas para o desempenho das empresas petrolíferas (TOMAS *et.al*, 2004).

A fase de perfuração de poços, por exemplo, é uma etapa primordial na indústria do petróleo que requer em conjunto conhecimento e tecnologia, entre outros. A perfuração de um poço é um trabalho contínuo e que só se conclui ao ser atingida a profundidade final programada pelos estudos geológicos. Atrelado a esta etapa tem-se a fase de revestimento e de cimentação, que juntas exercem sustentação de um poço deixando-o apto para produção (CORRÊA, 2012).

De maneira geral, após atingir uma determinada profundidade, a coluna de perfuração é retirada do poço temporariamente e em seguida desce uma coluna de revestimento de aço. Esta coluna possui diâmetro inferior ao da broca que perfurou o poço e sua composição é escolhida de acordo com as características da formação. Logo é evidente a existência de um espaço (espaço anular) que se localiza entre o revestimento e as paredes do poço. Esse espaço após a limpeza da fase perfurada é cimentado (COSTA, 2004).

A cimentação de um poço de petróleo tem como o objetivo isolar as rochas que atravessam a formação, garantindo com isso sustentabilidade no poço para o avanço na perfuração. Em suma tendo como objetivo ressaltar-se as principais características do revestimento e da cimentação de um poço de petróleo aborda-se a seguir um estudo teórico sobre os temas em questão.

Metodologia

O trabalho foi realizado utilizando as mais variadas referências com o intuito de abordar um estudo teórico sobre temas relevantes na indústria de petróleo. No campo de revestimento destacam-se os tipo de revestimentos acompanhado de suas características e diâmetros comuns. Na abordagem sobre

cimentação tem-se a classificação do cimento assim como a apresentação dos principais equipamentos utilizados nesta operação e os aditivos adicionados.

Resultados e Discussão

Desde a antiguidade o homem tem perfurado poços na crosta da terra, reconhecendo a necessidade de revesti-los total ou parcialmente para proteger suas paredes. Esse revestimento evoluiu das rudimentares alvenarias, adotadas na antiguidade, passando pela proteção de madeira, pelos tubos de ferro fundidos usados até algumas décadas atrás até chegar ao atual revestimento constituído de tubos de aço especial (TOMAS *et.al*, 2004).

O projeto de um poço inclui entre suas etapas a fase de revestimento de poço. O número de revestimentos, assim como suas composições, a serem utilizados em um poço é determinado pelo total de fases que o mesmo será perfurado, consequentemente depende das características da formação e da profundidade do reservatório. Além disso, a pressão de poros e a pressão de fraturas previstas são primordiais para o comprimento das colunas de revestimentos.

Além da função de sustentação, ou seja, de prevenir desmoronamento das paredes do poço, as colunas de revestimentos possuem outras importantes papeis no mecanismo de perfuração e produção. De forma simples e direta abaixo é listado algumas dessas funções (TOMAS *et.al*, 2004).

- Evitar a contaminação da água potável dos lençóis freáticos mais próximos da superfície;
- Permitir o retorno do fluido de perfuração à superfície;
- Prover meios de controle de pressões adicionais desde a superfície;
- Permitir adoção de sistema de fluido de perfuração diferente, mais compatível com as formações a serem perfurados adiante;
- Impedir a migração de fluidos das formações;
- Sustentar os equipamentos de segurança de cabeça de poço;
- Sustentar outra coluna de revestimento;
- Alojamento dos equipamentos de elevação artificial;
- Confinar a produção ao interior do poço.

É relevante salientar-se que o revestimento de um poço de petróleo constitui uma das parcelas mais expressiva do custo, variando de 15% a 20% no mar e podendo chegar a até 50% em terra. Assim a escolha do revestimento certo para atender determinadas características é crucial para a produção. Além das funções gerais citadas, os revestimentos possuem algumas funções específicas que são empregadas segundo sua classificação. Os revestimentos de um poço de petróleo podem ser classificados em: Revestimento condutor, revestimento de superfície, revestimento intermediário, revestimento de produção, Liner e revestimentos expansivos. Cada um desses revestimentos além de possuírem diâmetros típicos, apresentam alguns objetivos próprios os quais merecem destaque (ROCHA *et.al*, 2009).

Revestimento Condutor

É um revestimento estrutural que tem como principal objetivo isolar o poço das zonas superficiais pouco consolidadas. Alguns diâmetros típicos de condutores empregados em poços offshore em água profunda são: 36" e 30" (ROCHA *et.al*, 2009).

Revestimento de superfície

É um revestimento estrutural que tem como principais objetivos: isolar o poço das zonas superficiais pouco consolidadas; Suportar o peso do BOP e das demais colunas de revestimentos; Proteger reservatórios de água. Alguns diâmetros típicos de revestimentos de superfície empregados em poços offshore em água profunda são: 22", 20" e 13^{3/8}" (ROCHA *et.al*, 2009).

Revestimento Intermediário

É um revestimento que tem como principais objetivos: Proteger zonas de perda de circulação; Isolar zonas de alta ou baixa pressão; Isolar formações portadoras de hidrocarbonetos. Alguns diâmetros típicos são: 13^{3/8}", 9^{5/8}" e 7" (ROCHA *et.al*, 2009).

Revestimento de Produção

É um revestimento estrutural que tem como principal objetivo abrigar a coluna de produção, permitindo que os hidrocarbonetos sejam conduzidos até a superfície de maneira segura e econômica. Alguns diâmetros típicos são: 9^{5/8}", 7", 5^{1/2}" (ROCHA *et.al*, 2009).

Liner

É uma coluna curta de revestimento, que fica ancorada um pouco acima da extremidade inferior do último revestimento, e que visa cobrir a parte inferior do poço, isto é, apenas o poço aberto. Pode ser utilizado em substituição ao revestimento intermediário, sendo chamado liner de perfuração, ou substituindo o revestimento de produção, chamado liner de produção. Alguns diâmetros típicos são: 16", 13^{3/8}", 11^{3/4}", 9^{5/8}", 7", 5^{1/2}" (ROCHA *et.al*, 2009).

Revestimentos Expansíveis

É um tipo de revestimento que é descido com certo diâmetro e depois é expandido para o diâmetro predefinido, podendo este ser praticamente igual ao diâmetro do revestimento descido na fase anterior. Além de permitir que uma fase seja estendida, não comprometendo assim a profundidade final do poço, ou ainda, atingindo a profundidade final com um revestimento de diâmetro maior do que o previsto. Pode ser usado como revestimento intermediário desde que suas propriedades físicas, principalmente sua resistência ao colapso, resistam. Outra utilização seria como uma espécie de "remendo" em revestimentos que estejam danificados. Alguns diâmetros típicos são (pré-expansão x pós-expansão): 13^{3/8}" x 16", 11^{3/4}" x 14", 9^{5/8}" x 11^{3/4}", 8^{5/8}" x 10^{3/4}", 7^{5/8}" x 9^{5/8}", 6" x 7^{1/2}". A Figura 1 mostra esquematicamente os revestimentos citados (ROCHA *et.al*, 2009).

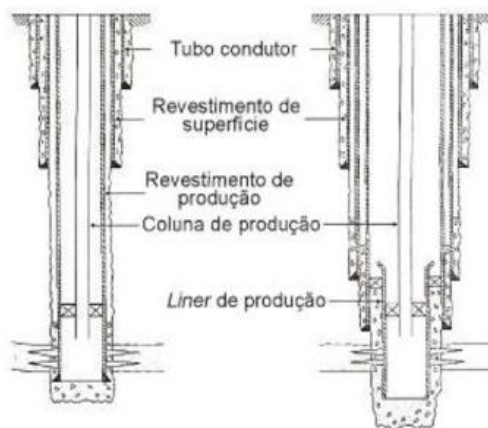


Figura 1: Esquema do revestimento de poços (TOMAS *et.al*, 2004).

Além desta classificação, de modo geral, as colunas de revestimentos devem possuir algumas características que são essenciais tais como: ser estanque, ter dimensões compatíveis com as atividades de fraturas, ser resistente segundo as solicitações, assim como possuir resistência à abrasão e à corrosão.

Outrossim, é relevante para os revestimentos os esforços atuantes na coluna e seu dimensionamento. Para o dimensionamento deve-se considerar a resistência mínima que os tubos devem apresentar para suportar as solicitações de tração, pressão interna e colapso que são estimadas segundo as condições mais adversas que possam ocorrer tanto na instalação como no tempo de vida útil das colunas. Assim ao se dimensionar uma coluna de revestimento pensando no projeto e na redução dos custos alguns parâmetros são de suma importância, tais como: Volume do gás que deve ser considerado como tendo invadido o poço; pressão de poros e pressão de fratura da formação a ser perfurada; tipo de fluido utilizado; variações e inclinação do poço, etc. Ressalta-se que para cada esforço considerado, o instante e a posição em que a situação é crítica podem diferir.

Por fim é notório que este tema é de grande importância para indústria petrolífera e sua abordagem mesmo que de forma resumida dar-nos a noção da dimensão e complexidade do tema.

Cimentação de poços de petróleo

Após a descida da coluna de revestimento, geralmente o espaço anular entre a tubulação de revestimento e as paredes do poço é preenchida com cimento, de modo a fixar a tubulação e evitar que haja migração de fluidos entre as diversas zonas permeáveis atravessadas pelo poço, por detrás do revestimento. A cimentação do espaço anular é realizada, basicamente, mediante o bombeio de pasta de cimento e água, que é deslocada através da própria tubulação de revestimento. Após o endurecimento da pasta, o cimento deve ficar fortemente aderido à superfície externa do revestimento e à parede do poço, nos intervalos previamente definidos (TOMAS *et.al*,2004).

No geral existem dois tipos de cimentação: a cimentação primária e a cimentação secundária. A primeira é considerada a principal cimentação, uma vez que é realizada logo após a descida do revestimento de determinada fase do poço. A cimentação secundária, por sua vez tem como objetivo suprir e corrigir a cimentação primária quando há necessidade podem ser classificadas em: tampão de cimento, recimentação, e compressão de cimento ou Squeeze.

Notoriamente a qualidade da cimentação é feita através de perfis acústico corrido por dentro do revestimento. Logo algum dos objetivos de uma cimentação primária merece destaque, entre eles, transmitir peso dos revestimentos pra às formações, além de evitar a migração de gás (fluido) da formação para o poço, assim isola as formações produtoras à medida que protege o revestimento contra fluidos corrosivos.

A cimentação chamada tampão de cimento é usada nos casos de perda de circulação, abandono (total ou parcial) do poço com base para os desvios, etc. enquanto que a recimentação que é a correção da cimentação primária, quando o cimento não alcança a altura desejada do anular envolve o revestimento canhoneado em dois pontos com profundidades distintas. A recimentação só é feita quando se consegue circulação pelo anular, através destes canhoneios. Para possibilitar a circulação com retorno, a pasta é bombeada através de coluna de perfuração, dotada de obturador (packer) que permite a pressurização necessária para a movimentação de pasta pelo anular. Já a squeeze consiste na injeção forçada de cimento sob pressão, visando corrigir localmente a cimentação primária, sanar vazamentos no revestimento ou impedir a produção de zonas que passaram a produzir (COSTA, 2004).

O cimento, componentes e classificação

Os principais componentes do cimento portland são: óxido de cálcio, alumina e ferro, que combinados formam os seguintes compostos (GOUVÊA, 1983).

3CaO.SiO – Silicato tricálcioAlita, representado por C₃S;

2CaO.SiO₂ – Silicato dicálcico ou Belita, representado por C₂S;

3CaO.Al₂O₃ – Aluminato tricálcico ou celita, representado por C₃A;

4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃ – Ferro aluminato tetracálcio ou ferrita, representado por C₄AF.

As proporções destes compostos na composição do cimento determinam suas propriedades, como resistência inicial, retardamento, velocidade de hidratação, resistência aos sulfatos, etc.

Classe A: para uso em poços de até 6 000 pés (1 830 m), quando não são requeridas propriedades especiais. Corresponde ao cimento *Portland* comum.

Classe B: para poços de até 6 000 pés, quando é requerida moderada a alta resistência aos sulfatos.

Classe C: também para poços de até 6 000 pés, quando é requerida alta resistência inicial. Apresenta alta resistência aos sulfatos.

Classe D: para uso em poços de 6 000 até 10 000 pés (3050 m), sob condições de temperaturas moderadamente elevadas e altas pressões. Apresenta alta resistência aos sulfatos.

Classe E: para profundidades entre 6 000 até 14 000 pés (4 270 m), sob condições de temperatura elevadas. Apresenta alta resistência aos sulfatos.

Classe F: para profundidades entre 10 000 e 16 000 pés (4880 m), sob condições extremamente altas de pressão e temperatura. Apresenta alta resistência aos sulfatos.

Classe G e H: para utilização sem aditivos até profundidades de 8 000 pés (2440 m). Como têm composição compatível com aditivos aceleradores de pega, podem ser usados praticamente em todas as condições previstas para os cimentos das classes A até E. Por isso, as classes G e H são as classes mais utilizadas atualmente na indústria do petróleo, inclusive no Brasil.

Classe J: para uso como produzido, em profundidades de 12000 até 16000 pés (3660 até 4880 m), sob condições de pressão e temperatura extremamente elevadas.

A Tabela 1 apresenta uma tabela com as propriedades físicas das diferentes classes de cimento.

Propriedades Físicas	Classes				
	A e B	C	D e E	G	H
Densidade	3,14	3,14	3,16	3,15	3,15
Área superficial (cm ² /g)	2900-3800	4300-5000	2300-3100	3000-3800	2300-2700
Massa /(lb/sc)	94	94	94	94	94
Volume Absoluto (gal/sc)	3,59	3,59	3,57	3,58	3,58
Água de Mistura (l/sc)	19,6	23,9	16,3	18,8	16,3
Rendimento (l/sc)	33	37	30	33	30
Massa Específica (lb/gal)	15,6	14,8	16,4	15,8	16,4

Tabela 1: Propriedades físicas dos tipos de cimentos API (TOMAS *et.al*,2004).

Aditivos para cimentação

Denominam-se aditivos os compostos químicos que são adicionados à pasta de cimento os quais visam sua adequação às necessidades do poço. Suas concentrações e outros parâmetros são determinados por testes de laboratórios. Os mesmos podem ser fornecidos em pó ou líquido. Quando em pó, sua

dosagem é dada em porcentagem de peso do cimento, enquanto os líquidos são dosados por volume, usualmente em galões/ pé de cimento.

A depender de sua aplicação, os aditivos são classificados como: aceleradores de pega que visam diminuir o tempo de espessamento e aumentar a resistência compressiva inicial da pasta; retardadores de pega que servem para retardar o início da pega da pasta mantendo sua fluidez quando a temperatura e a pressão são muito altas para o uso do cimento sem aditivos; estendedores que são utilizados para aumentar o rendimento da pasta ou reduzir a sua densidade; redutores de fricção (ou dispersantes) que atuam nas cargas elétricas superficiais das partículas da pasta de cimento, alterando suas propriedades reológicas; Controladores de filtrado que reduzem a permeabilidade do reboco do cimento, formado em frente às zonas permeáveis e/ou aumentando a viscosidade do filtrado. (TOMAS *et. al*, 2004):

Além desses já citados existem outros aditivos que podem ser usados como os antiespumantes, para evitar aeração da pasta de cimento, os adensantes, os controladores de perda de circulação, os descontaminantes, os traçadores radioativos e corantes para se detectar a presença do cimento e as areias de granulometria controlada.

Equipamentos e acessórios de cimentação

Além do cimento, para que seja realizada uma cimentação é imprescindível a utilização de diversos equipamentos e acessórios, tanto para a armazenagem quanto para a preparação e transporte do cimento.

Em se tratando dos equipamentos destaca-se: Silos de cimento responsáveis pelo armazenamento do cimento na base da companhia de cimentação, As unidades de cimentação que tem como papel a preparação e a mistura das pastas, as linhas de cimentação que fazem a ligação entre a unidade de cimentação e o poço, e a cabeça de cimentação que em geral é conectada ao topo da coluna de revestimento, onde recebe a linha de cimentação podendo abrigar em seu interior os tampões de borracha que separam a pasta do fluido de perfuração.

Quanto aos acessórios eles são conectados ou afixados à coluna de revestimento, visando garantir o melhor resultado da cimentação. Os principais acessórios são (CRAFT *et. al*, 1962).

Sapata – Colocada na extremidade da coluna, a sapata serve de guia de introdução no poço, podendo receber em seu interior um mecanismo de vedação, para evitar que a pasta, por ser mais pesada que o fluido de perfuração, retorne ao interior do revestimento após seu deslocamento.

Colar – Posicionado 2 a 3 tubos acima da sapata, o colar serve para reter os tampões de cimentação, podendo conter mecanismos de vedação (flutuante ou diferencial) como das sapatas.

Tampão de fundo – É um tampão de borracha com uma membrana de baixa resistência em sua parte central. Lançado na coluna à frente da pasta de cimento, é por esta empurrado até que no colar retentor (ou flutuante), quando a membrana se rompe permitindo a passagem da pasta. Visa raspar o filme de sólidos do fluido de perfuração que se adere à parede do revestimento, evitando a contaminação da pasta.

Tampão de topo – É um tampão rígido de borracha, lançado após a pasta, separando-a do fluido de perfuração que a deslocará, para evitar sua contaminação. É retido pelo colar, causando um aumento de pressão que indica o término do deslocamento, permitindo a realização do teste de estanqueidade da coluna.

Colar de estágio – Posicionado em algum ponto intermediário da coluna, o colar de estágio, permite que a cimentação seja feita em mais de uma etapa ou estágio, quando o trecho a cimentar é muito extenso ou quando existem zonas críticas muito acima da sapata.

Centralizadores – São peças compostas de um jogo de lâminas curvas de aço, que são afixados externamente à coluna de revestimento, visando centralizá-lo e causar um afastamento mínimo da

parede do poço, para garantir a distribuição do cimento no anular e vetar a prisão da coluna por diferencial de pressão.

Arranhadores – Tem a função de remover mecanicamente o reboco que se forma na parede do poço.

Obturador externo de revestimento (ECP) – É um tipo de revestimento para promover a obstrução de o espaço anular em pontos críticos. Um dos seus principais usos é para proteger zonas fracas, sensíveis ou de interesse, da atuação da pressão hidrostática do cimento, sendo usualmente posicionado logo acima de tais zonas.

Colchões de lavagem e Espaçadores – São bombeados à frente da pasta visando evitar contaminação desta pelo fluido de perfuração e vice-versa e auxiliar na remoção do reboco das paredes do poço possibilitando melhor aderência de cimento.

Conclusões

Em suma o sucesso de uma operação de perfuração de poços de petróleo deve-se em conjunto a todas as etapas inerentes ao processo. Entre essas etapas viu-se a importância do revestimento e da cimentação que possuem impacto direto na produtividade futura do poço. Logo, conclui-se que o conhecimento e responsabilidade nessas etapas são de fundamental importância, visto que na cimentação, por exemplo, qualquer erro por menor que seja pode ocasionar uma contaminação indesejada dentro do reservatório ou dano ao meio ambiente. Ainda acrescenta-se que sendo estas, as etapas que agregam grandes custos nas operações é imprescindível a garantia de qualidade para não haver necessidade de trabalhos posteriores muitos mais dispendiosos e trabalhosos.

Agradecimentos

Agradecemos a Universidade Tiradentes pelas oportunidades.

Referências Bibliográficas

COSTA, J. C. C.; **Cimentação de poços de Petróleo**. 2004. 34 f. Monografia (Engenharia e Exploração de Petróleo) – LENEP/CCT/UENF, Macaé-RJ. 2004.

CORRÊA, O. L. S.; **Petróleo: Noções sobre exploração, perfuração, produção e microbiologia**, Interciência, Rio de Janeiro, 2012.

CRAFT; HOLDEN; GRAVES. **well design: Drilling and Prodution**, Prentice Hall Inc., New Jersey, 1962.

GOUVÊA; PAULO, C. V. M.; **Petrobrás**, SEREC/CEN-NOR, 1983.

ROCHA, L. A. S.; AZEVEDO, C. T.; **Geopressões e Assentamento de Colunas de Revestimentos**. Interciência, Rio de Janeiro, 2009

THOMAS, J. E. A. P. *et. al.* **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**, 1 ed., Interciência, Rio de Janeiro 2004.