

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

FORMULAÇÃO DE PASTAS CIMENTANTES COM ADIÇÃO DE ADITIVOS LEVES PARA CIMENTAÇÃO COM FLEXITUBO

AUTORES:

Irantécio Mendonça FERREIRA; Marco Antonio B. de LIMA ; Antonio Eduardo MARTINELLI

INSTITUIÇÃO:

UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 5º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 5º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 15 a 22 de outubro de 2009, em Fortaleza-CE. 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 5ºPDPETRO.

FORMULAÇÃO DE PASTAS CIMENTANTES COM ADIÇÃO DE ADITIVOS LEVES PARA CIMENTAÇÃO COM FLEXITUBO

Abstract

This study aimed at preparing light slurries for oil well cementing operations using coiled tubing. Diatomite and an air entrainment admixture were used to reduce the density of the slurries. Diatomite is a mineral composed of fossilized skeletal remains of diatoms. The air entrainment surfactant is responsible for creating air bubbles in the hardened slurry. The results showed that light slurries could be produced with satisfactory mechanical strength and rheological behavior.

Introdução

O uso de cimento para isolamento de zonas produtoras em poços de petróleo visa desde o melhoramento das condições de produção até o abandono temporário ou definitivo do poço. Esta operação pode ser realizada durante as etapas de perfuração, completação e produção. Dependendo da geometria do poço, o alvo produtor a ser isolado pode estar num trecho de alta inclinação e o uso de pastas convencionais nestas condições pode ser ineficaz, uma vez que a segregação gravitacional incorrerá em falha no isolamento hidráulico do tampão de isolamento. Essa é uma das razões para o uso do flexitubo na cimentação, pois possui fácil acesso em poços de diversas inclinações. Esta tecnologia hoje permite uma série de serviços tais como estimulação, perfuração, perfilagem, pescaria, cimentação, entre outros. O presente trabalho tem como objetivo estudar a formulação de pastas de cimento com aditivos leves (diatomita e incorporadores de ar) para o isolamento de zonas produtoras com flexitubo em poços de petróleo revestidos. A diatomita é um mineral de origem sedimentar, que ocorre em zonas de formação lacustre ou marinha, constituída a partir do acúmulo de carapaças de algas diatomáceas que foram se fossilizando desde a época pré-cambriana, por meio dos depósitos de sílica sobre sua estrutura. Já os aditivos incorporadores de ar são produtos químicos tensoativos que possibilitam a redução da tensão ar/água e a dispersão dos finos e têm a função de introduzir pequenas bolhas de ar à pasta. Foram preparadas pastas sem aditivos e pastas com incorporador de ar e com diatomita. Ao final será apresentado um comparativo entre: pasta padrão (sem aditivos); pasta somente com incorporador de ar e pasta com incorporador de ar e diatomita com diferentes concentrações.

Metodologia

A metodologia do trabalho consiste na preparação e avaliação das pastas por meio de procedimentos adotados pelo American Petroleum Institute (API) e pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Foram preparadas pastas padrão (sem aditivos) e pastas com incorporador de ar com concentração 0,022 gpc (galão por pé cúbico) e com diatomita em diferentes concentrações (1 e 2%). Ensaio de reologia determinaram Limite de Escoamento (LE) e Viscosidade Plástica (VP). Ensaio mecânico, para tempos de cura de 24 h e 48 h, determinaram a resistência à compressão das pastas endurecidas, conforme passos a seguir:

1. **Processo de Mistura e Homogeneização:** A água de mistura foi posta no recipiente do misturador Chandler modelo 80-60 onde o cimento é adicionado a uma rotação de 4000 rpm por não mais que 15 segundos, seguido por 35 segundos a 12000 rpm. Nos casos em que houve formação de bolhas em excesso, foi necessária uma mistura variável de baixa rotação a fim de reduzi-las. Depois de terminado o processo de mistura, as pastas foram colocadas no consistômetro atmosférico Chandler modelo 1200. Algumas pastas foram homogeneizadas à temperatura ambiente (27 °C) e outras à temperatura que simula as condições de poço (70 °C) por 20 minutos a 150 rpm (NBR 9831).

2. **Reologia:** Para a realização deste ensaio, utilizou-se um viscosímetro rotativo de cilindros coaxiais Chandler modelo 3500, onde a pasta é colocada no copo do viscosímetro imediatamente após a homogeneização e em seguida efetuam-se as leituras de tensão de cisalhamento em lbf/100ft² nas rotações de 3, 6, 10, 20, 30, 60, 100, 200 e 300 rpm, de maneira ascendente e descendente, com intervalos de 10 segundos entre as leituras, calculando-se posteriormente os valores médios das duas medidas. Após a leitura de 3 rpm, aumenta-se a velocidade do rotor para 300 rpm, mantendo-a por 1 minuto. Em seguida, o motor é desligado e após 10 segundos o mesmo é novamente acionado a 3 rpm, registrando-se o gel inicial G_i . Desliga-se mais uma vez o motor por 10 minutos, no fim dos quais o motor é religado, registrando-se o gel final G_f .

3. **Ensaio Mecânicos:** A preparação para este ensaio é realizada preparando-se as pastas conforme o processo de mistura citado no passo 1, vertendo-as em moldes plásticos de forma cúbica de 50 mm de aresta. As amostras foram curadas à pressão atmosférica e temperatura ambiente em um Banho Termostático Modelo Nova Ética 500/3DE, que possui dimensões adequadas à imersão completa dos moldes e também um sistema de circulação realizado por um agitador (NBR 9831). As curas foram realizadas em 24 h e 48 h de imersão, ao fim das quais os moldes são removidos do banho e desmoldados. Depois de enxutos com papel absorvente, os corpos de prova têm suas dimensões medidas com um paquímetro para avaliar possíveis rebaixamentos e encaminhados imediatamente para o ensaio de resistência à compressão axial. A ruptura dos mesmos é realizada em uma Máquina Universal de Ensaio Shimadzu Autograph Modelo AG-I, controlada pelo programa TRAPEZIUM 2.

Resultados e Discussão

A adição de incorporador de ar às pastas de cimento proporcionou um ganho nas propriedades reológicas (Fig. 1). Por outro lado, com a pasta em repouso, uma quantidade significativa de bolhas incorporadas migrou para a superfície, deixando o ar escapar ao moldar os corpos de prova. Essa característica foi observada com mais intensidade nas formulações com 13 lb/gal que ainda apresentaram separação de fases bem distintas com bolhas frágeis de cimento no topo, água livre no meio e pasta de cimento no fundo. Já as pastas de 14 e 15 lb/gal (mais viscosas) com apenas ar incorporado apresentaram essa migração mais discreta. Observamos então que a migração das bolhas para a superfície, proporcionada pela diferença de densidades, é mais intensa quanto menor a viscosidade de cada pasta.

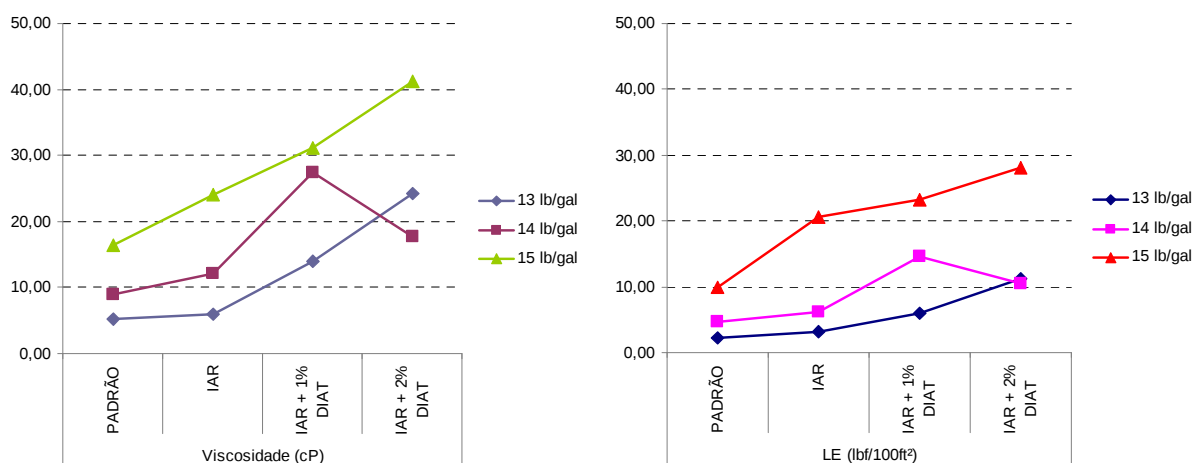


Fig. 1 – Valores médios obtidos para Viscosidade e Limite de Escoamento.

As resistências mecânicas para as formulações com apenas ar incorporado sofreram redução quando comparadas com a pasta padrão para todas as densidades (Figs. 2 e 3). Isso indica que a migração de ar não é total e que ainda restam bolhas menores incorporadas na pasta que não escaparam até o início da pega do cimento, já que a presença de ar no corpo de prova enfraquece a estrutura da pasta endurecida. Este resultado fica visível com a diminuição da resistência compressiva e para reforçá-lo é necessária fotografia com microscópio eletrônico de varredura (MEV), juntamente com um ensaio de estabilidade da pasta endurecida.

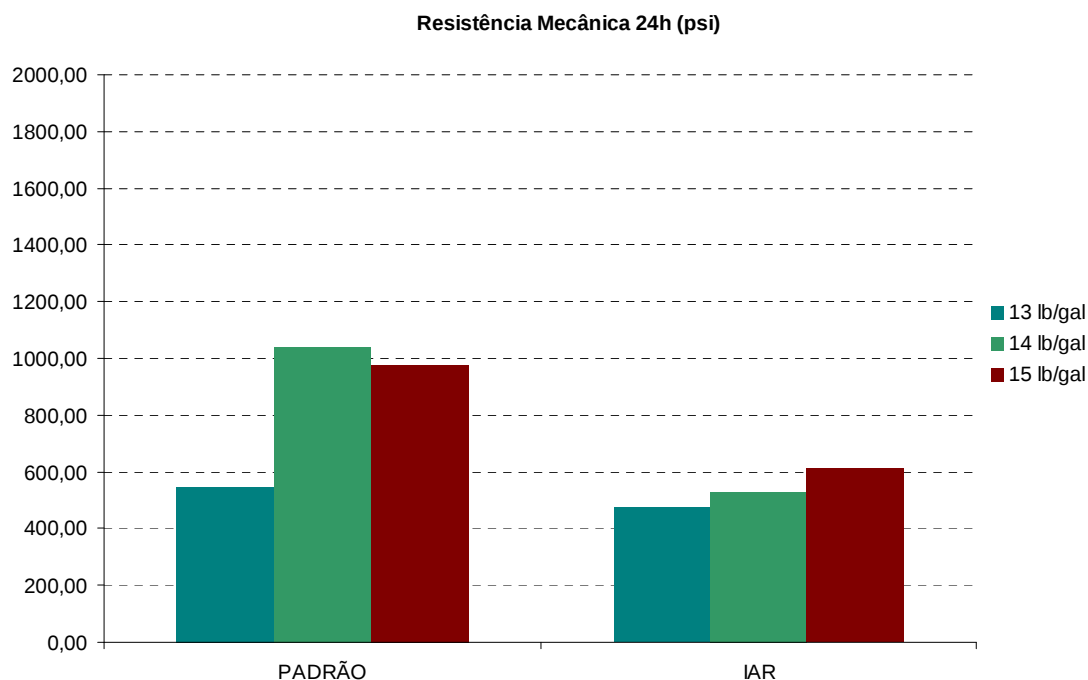


Fig. 2 – Resistência Mecânica média das amostras para tempo de cura 24h.

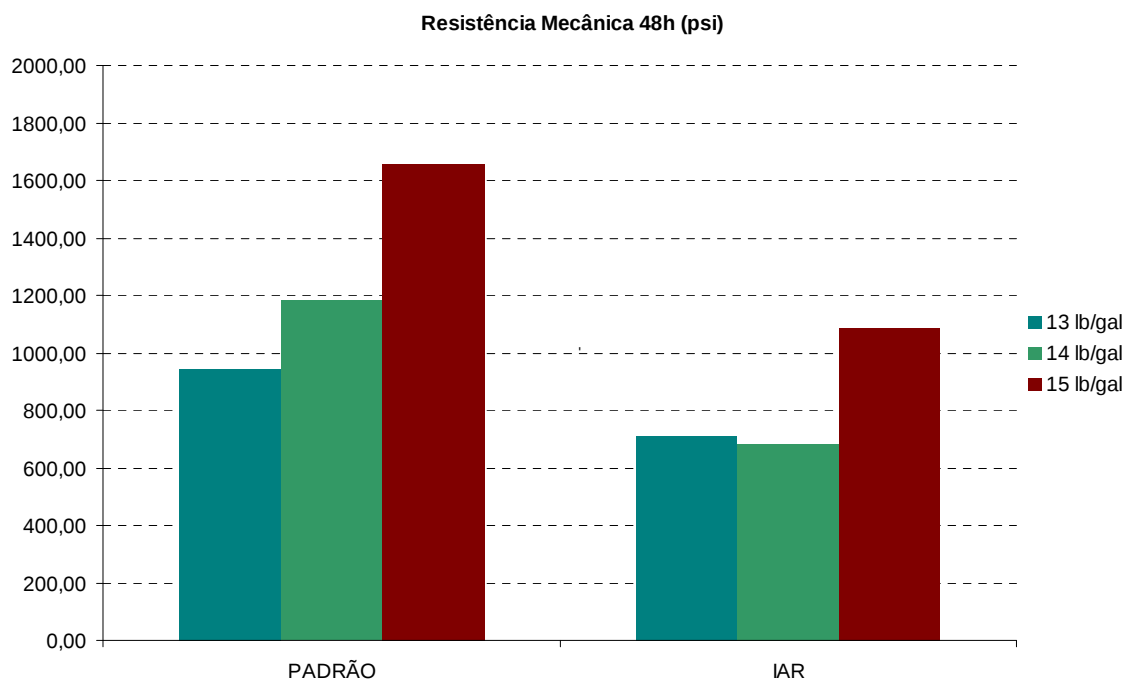


Fig. 3 – Resistência Mecânica média das amostras para tempo de cura 48h.

O aumento da viscosidade nas formulações com diatomita e incorporador de ar proporcionou uma maior retenção das bolhas nas pastas, visto que houve redução acentuada da migração de ar para superfície das amostras em repouso para cura. A adição de diatomita às formulações proporcionou também aumento na resistência mecânica das amostras comparadas com as que possuem apenas ar incorporado, principalmente para as formulações de 14 e 15 lb/gal (Fig. 4).

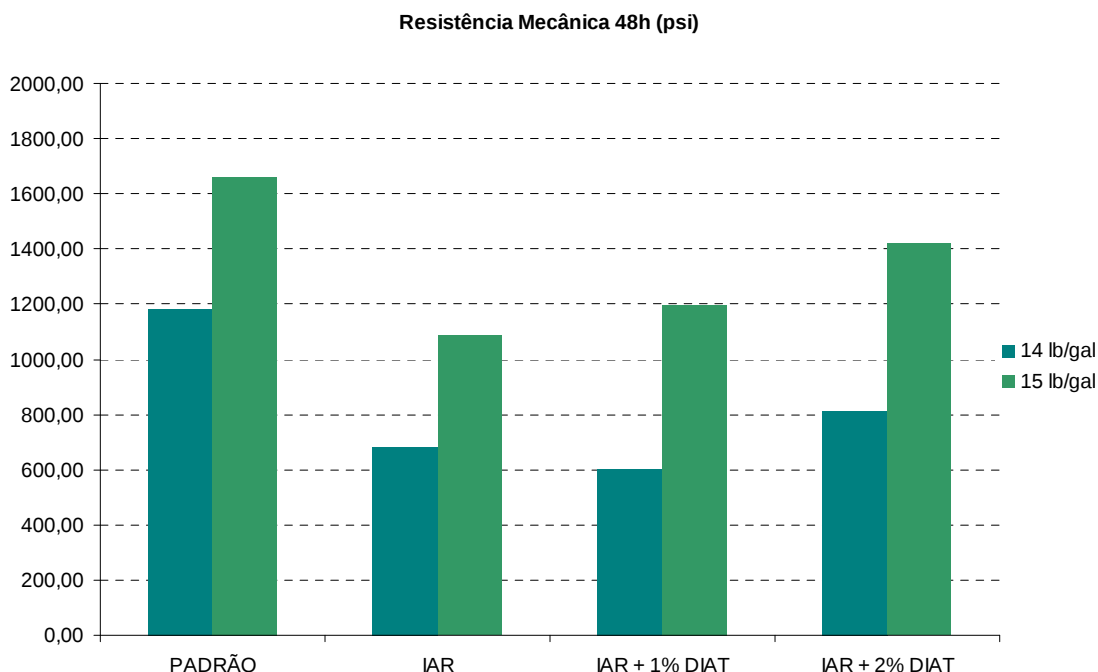


Fig. 4 – Resistência Mecânica média das amostras para tempo de cura 48h.

Conclusões

Pastas somente com ar incorporado tiveram suas resistências à compressão reduzidas. Com a adição de diatomita, houve recuperação das propriedades mecânicas quando comparadas com as formulações com somente ar incorporado, mesmo apresentando resistências menores que a pasta padrão sem aditivos.

A adição de incorporador de ar e diatomita às pastas de cimento apontam para o aumento da viscosidade e limite de escoamento. Essas formulações podem obter facilmente aprovação para bombeabilidade com um ensaio de consistometria.

Microscopia eletrônica de varredura é necessária para atestar a presença de ar incorporado e para caracterizar tamanho e distribuição das bolhas nas pastas. Desta forma, poderemos otimizar as dosagens de incorporador de ar e diatomita, bem como outros aditivos que possam ajustar o comportamento da pasta para aplicações de campo.

É possível formular e obter pastas cimentantes de baixa densidade com incorporação de ar e diatomita, com propriedades mecânicas e reológicas satisfatórias para operações de cimentação de poços de petróleo. Reduções de custo nessas operações podem ser obtidas com a diminuição do consumo de cimento, associada à adoção de flexitubo nas intervenções.

Agradecimentos

À Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) pelo incentivo na forma de bolsa de iniciação científica.

Referências Bibliográficas

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. API Spec 10: API SPEC 10-A – Specifications for Cements and Materials for Well Cementing, 2000 (a).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 9831: Cimento Portland Destinado a Cimentação de Poços Petrolíferos, Rio de Janeiro, 2008.

BRITO, R.R.L.; FRANÇA, S.C.A.; LUZ, A.B. Estudo da Aplicação da Diatomita da Bahia na Composição de “Pet Litter”. CETEM/MCT, Anais XV Jornada de Iniciação Científica, Rio de Janeiro-RJ, 2007.

CALVERT, D.G.; Heathman, J.F.; Griffith, J.E. *Plug cementing: horizontal to vertical conditions*. SPE, Annual Technical Conference Exhibition. Dallas, TX, USA. 22-25 October, 1995.

CAMPOS, G.; Simão, C.A.; Conceição, A.C.F. *Curso Básico Sobre Cimentação Primária*. Apostila, 2002.

CRAWSHAW, J.P.; Frigaard, I.A. *Cement plugs: stability and failure by buoyancy-driven mechanism*. SPE, Offshore Europe Conference, Aberdeen, Scotland, 7-9 September, 1999

FRIGAARD, I. A.; Ngwa, G. A. *Upper bounds on the slump length in plug cementing of near-horizontal wells*. Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, Volume 117, Issues 2-3, 20 February 2004, Pages 147-162.

HORN FILHO, F. X. Beneficiamento de minério de Diatomita da Bahia. Relatório técnico 17-83, CETEM, Rio de Janeiro, 1983.

ICoTA (International Coiled Tubing Association). *An Introduction to Coiled Tubing – History, Applications and Benefits*. TX, USA, 2005.

LIMA, F. M. Desenvolvimento de Cimentos Tipo Portland e Materiais Alternativos para Cimentação de Poços de Petróleo. Monografia. UFRN. Natal-RN, 2004.