

Estudo do coeficiente de prisão diferencial de fluidos de perfuração aquosos com ênfase nas ferramentas *flat plate* e *radius plate* e no tempo de colagem

F. O. Apolinário¹, R. C. A. M. Nascimento², L. V. Amorim^{3*}

¹Graduação em Engenharia de Petróleo, UAEM/CCT/ UFCG

Av. Aprígio Veloso, 882, CEP 58109-970, Campina Grande – PB

²Departamento de Engenharia de Materiais, PPGCEMat/ CCT/ UFCG

Av. Aprígio Veloso, 882, CEP 58109-970, Campina Grande – PB

³Departamento de Engenharia Mecânica, UAEM/CCT/UFCG

Av. Aprígio Veloso, 882, CEP 58109-970, Campina Grande – PB

(Recebido em 18/02/2013; revisado em 17/07/2013; aceito em 17/08/2013)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo:

Este trabalho tem por objetivo avaliar a eficiência da utilização das peças *flat plate* e *radius plate* tempo de colagem em fluidos de perfuração aquosos. Para tanto, foram estudados fluidos argilosos sem lubrificantes e aditivados com dois tipos de lubrificante em diferentes concentrações. Foram avaliadas as propriedades de lubricidade e determinado o coeficiente de prisão diferencial (CPD) dos fluidos com duas ferramentas que simulam a coluna de perfuração, *flat plate* e *radius plate*, sob tempos pré-determinados, variando de 30 a 150 minutos. Os resultados evidenciaram que o coeficiente de prisão diferencial é bastante influenciado pelo tempo de colagem e pela característica lubrificante dos fluidos de perfuração, o perfil das ferramentas *flat plate* e *radius plate* é fator predominante na determinação do CPD, sendo o *flat plate* eficiente na determinação do CPD de fluidos com diferentes lubricidades, enquanto que o *radius plate* efetivo na determinação do CPD com diferentes tempos de colagem.

Palavras-chave: Fluidos de perfuração; tempo de colagem; ferramentas; coeficiente de prisão diferencial.

Abstract:

This work aimed to evaluate the efficiency of the tools flat plate and radius plate in the set time of water-based drilling fluids. For that, drilling fluids with clay without lubricant has been studied with additions of two types of lubricant in different concentrations. The properties of lubricity has been evaluated and he stuck tendency coefficient (CPD) of the fluids with both tools which simulates a section of the drill string (flat plate and radius plate) have been measured, under pre-determinate set time, ranging between 30 to 150 minutes. The results showed that the CPD is influenced by the set time and by the properties of the lubricant which is being used. The characteristic of the tool that is being used (flat plate or radius plate) is a predominant factor in measuring CPD. It was observed that the flat plate is efficient in measuring CPD of drilling fluids with different (and higher) lubricity, while the radius plate is effective in measuring CPD with different set times.

Keywords: Drilling fluids; bonding time; tools; differential sticking coefficients.

1. Introdução

Fluidos de perfuração são fluidos compostos por uma base (água, óleo ou ar) e aditivos (viscosificantes, dispersantes, densificantes, lubrificantes, etc.) que circulam no interior de um poço de petróleo durante seu processo de perfuração a fim de realizar diversas funções, como: resfriar a broca, remover os detritos produzidos do fundo do poço e

equilibrar a relação entre a pressão hidrostática e a pressão da formação [1,2].

Para que o fluido de perfuração realize todas as funções anteriormente citadas de forma eficaz e otimizada, se faz necessário que suas propriedades estejam perfeitamente adequadas às exigências da etapa que estará a se realizar na perfuração. Caso contrário, poderão ocorrer diversos problemas durante esse processo, dentre eles: encrramento de

*Email: luciana@cct.ufcg.edu.br (L.V. Amorim)

broca, colapso da parede do poço, prisão de tubos e a perda total do poço [3].

A prisão de tubos consiste na impossibilidade da continuação da perfuração devido à prisão da coluna de perfuração no interior do poço. Segundo Bushnell-Watson e Panesar [4], a prisão de tubos pode ser classificada de duas formas, como prisão mecânica ou como prisão diferencial.

A prisão mecânica é causada por uma obstrução física que impede parcialmente ou totalmente a circulação do fluido de perfuração no interior do poço durante o processo de perfuração, desta forma, ocorre um acúmulo de cascalhos no fundo do poço, e a prisão da coluna em seu interior [4]. Este tipo de prisão geralmente está associado a um fluido de perfuração (lama) que não exerce pressão suficiente sobre a formação, permitindo que esta adentre ao poço e aprisione a coluna [5].

A prisão diferencial, por sua vez, ocorre devido a um diferencial de pressão, ou seja, quando a coluna de fluido exerce demasiada pressão na coluna de perfuração sobre um reboco depositado frente a uma camada permeável [6]. O diferencial de pressão é criado devido a inadequações do fluido de perfuração, que podem ser desde uma densidade maior do que a devida, até a uma inibição ineficaz. Neste tipo de prisão, a circulação do fluido de perfuração é mantida, entretanto, não se é possível realizar movimentos verticais e nem de giro com a coluna de perfuração [7].

De acordo com os dados apresentados por Reid et al. [8], no Mar do Norte, 29% dos custos relacionados a tubulações presas, foram casos de prisão diferencial. No Golfo do México, a prisão diferencial foi responsável por 61% dos custos totais de perfuração [9]. Esses problemas acarretam para a indústria petrolífera, um custo superior a 250 milhões de dólares por ano [8].

Para ocorrer uma prisão diferencial, duas situações se fazem necessárias: a pressão hidrostática do fluido deve exceder a pressão da formação, e a presença de formações permeáveis. A combinação desses dois fatores resulta na invasão da base do fluido para a formação, bem como a deposição do reboco em suas paredes, gerando assim, condições para a colagem da coluna de perfuração na parede da formação [10]. A Figura 1 ilustra essa situação.

Na situação (A) observa-se uma condição normal, na qual a coluna de perfuração está centralizada no interior do poço, e as pressões exercidas pelo fluido agem igualmente em todas as direções. Na situação (B) houve uma deposição de reboco na parede da formação e a coluna de perfuração encosta nesse reboco, aderindo à formação. A prisão por diferencial de pressão ocorre devido a uma pressão de 500 psi. Em (C), a pressão hidrostática age através da área de contato entre o reboco e os comandos. Essa pressão mantém os comandos firmemente presos contra a parede do poço e o segmento da força que age através dos comandos é mostrada pela linha tracejada entre os pontos “a” e “b”. A distância entre esses pontos depende da profundidade que a seção de comandos penetra no reboco e do diâmetro do poço e dos tubos. A profundidade com que os comandos penetram no reboco, por

sua vez, depende da espessura do reboco, a qual determina a área de contato entre os tubos e o próprio reboco [10].

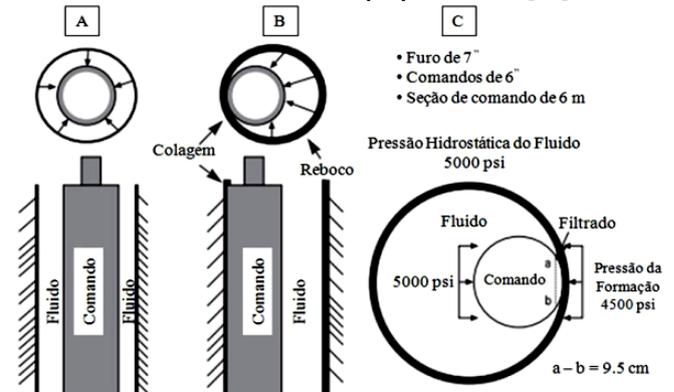


Figura 1. (A) Representação esquemática de uma situação normal de perfuração, (B) representação esquemática do aprisionamento de coluna por prisão diferencial e (C) influência da área de contato na prisão da coluna [10]

São poucas as variáveis de perfuração que podem ser ajustadas para reduzir a probabilidade de ocorrência de prisão diferencial [11]. As formações rochosas são pré-determinadas pela natureza, sendo impossível ajustá-las às necessidades [4]. O mesmo ocorre à condição de overbalance (pressão hidrostática superior à pressão de poros da formação), uma vez que essa se faz necessária para o prosseguimento normal da perfuração, já que esta condição impede, por exemplo, *kicks* (quando da ocorrência de influxo no poço) e desabamentos [4]. Desta forma, foi observado que o parâmetro mais facilmente ajustado para reduzir o risco de prisão diferencial é o fluido e, mais particularmente, suas propriedades de filtração (volume de filtrado e reboco) [12].

Reid et al. [13] citam que as propriedades do reboco (espessura, resistência ao cisalhamento e lubrificidade) são os parâmetros mais importantes na redução de prisão diferencial. Entretanto, diversas variáveis influenciam essas propriedades, como: condição de *overbalance*, teor de sólidos do fluido, tipo e composição do fluido e volume de filtrado.

A condição de *overbalance* atua diretamente no parâmetro da espessura do reboco, uma vez que quanto maior for a diferença de pressões entre hidrostática e de formação, um maior volume de fluido penetrará na formação permeável, depositando-se assim, um volume maior de reboco na parede da formação, conseqüentemente, aumentando a área de contato entre “a” e “b” citadas na Fig (1) [10].

O teor de sólidos do fluido também atua diretamente na espessura de reboco, já que quanto maior for o volume de sólidos contidos no fluido, maior será o volume de reboco por volume de filtrado depositado na parede da formação, e retorna-se mais uma vez à situação da Fig (1) [10].

O tipo e a composição do fluido atuam nas características de lubrificidade do reboco. Estudos realizados por Reid et al. [10] mostraram que fluidos base óleo apresentam um menor coeficiente de prisão quando comparados aos fluidos aquosos,

e tal fato se dá em virtude das características lubrificantes da base desses fluidos.

Outro fator importante a se considerar, é a presença de aditivos lubrificantes, já que estes reduzem o atrito existente entre a coluna de perfuração, reboco e formação, reduzindo assim, a probabilidade da coluna de perfuração fixar-se no reboco e entrar em estado de prisão diferencial.

Estudos realizados por Bushnell-Watson e Panesar [4] mostraram que tanto em fluidos aquosos quanto em oleosos, na ausência do lubrificante o tubo é liberado na interface reboco/formação, enquanto que com a presença do lubrificante o tubo é liberado na interface tubo/reboco, reduzindo assim os riscos durante a perfuração.

Desta forma, um fluido que atenda a todas as exigências da perfuração, apresentando o máximo de características adequadas, reduz consideravelmente o risco de ocorrência de uma prisão diferencial.

Contudo, existem fatores que não necessariamente são diretamente agregados ao fluido de perfuração para facilitar a liberação da coluna, como o tempo de colagem. Sabe-se que o tempo de colagem tem relação direta com o tempo em que a coluna fica parada em contato com o reboco, entretanto, não é sabido de fato o que realmente ocorre nesse tipo de situação, fazendo-se assim, necessário um estudo mais aprofundado sobre o tema. Um dos meios de se estudar prisão diferencial é por análises de fluidos de perfuração em laboratório utilizando-se de equipamentos como o *Differential Sticking Tester* da marca Fann (Figura 2).



Figura 2. Equipamento de prisão diferencial, *Differential Sticking Tester* [14]

Com esse equipamento, é possível obter o coeficiente de prisão diferencial (CPD) de um fluido. Esse coeficiente quantifica a tendência que um fluido tem, em determinadas condições, de gerar uma situação passível de ocorrer uma prisão por diferencial de pressão. Quanto maior for esse

coeficiente, maior será a tendência do fluido na condição dada, gerar condições de prisão diferencial.

No equipamento *Differential Sticking Tester* existe a possibilidade da escolha entre dois tipos de *torque plates* que simulam a coluna de perfuração durante o processo de prisão diferencial: o *flat plate* e o *radius plate*, conforme ilustrado na Figura 3.

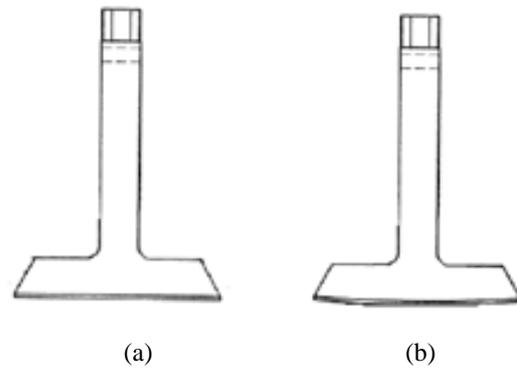


Figura 3. Torque plates utilizadas no *Differential Sticking Tester*, (a) *flat plate* e (b) *radius plate* [14]

O *flat plate* apresenta a sua superfície de contato da peça com o reboco completamente achatada, enquanto que o *torque plate* apresenta uma leve curvatura idêntica a uma pequena seção paralela ao eixo central de uma grande esfera de metal.

Diante do contexto, o objetivo desse trabalho é avaliar a eficiência da utilização das peças *flat plate* e *radius plate* no estudo da influência do tempo de colagem em fluidos de perfuração aquosos.

2. Materiais e Métodos

2.1. Materiais

2.1.1. Composição dos fluidos de perfuração

Para preparação dos fluidos de perfuração foi utilizada uma argila bentonítica sódica industrializada e dois tipos de lubrificantes.

O lubrificante 1 é um lubrificante à base de óleo vegetal modificado quimicamente para ser solúvel em água. e o lubrificante 2 é um éster de ácido graxo de cadeia curta e etanol, insolúvel em água e não possui cargas.

A composição dos fluidos de perfuração estudados se encontra na Tabela 1.

Fluido	Água (ml)	Argila (%)	Lub 1 (%)	Lub 2 (%)
F1	350	4,86	0,0	0,0
F2	350	4,86	1,0	0,0
F3	350	4,86	3,0	0,0
F4	350	4,86	0,0	1,0
F5	350	4,86	0,0	2,0
F6	350	4,86	0,0	3,0

2.2. Metodologia

Para preparação dos fluidos, a argila foi adicionada à água sob agitação em agitador Hamilton Beach, modelo 936, de forma lenta para que não houvesse floculação. O fluido composto de água e argila foi agitado em rotação máxima (17000 rpm) durante 20 minutos e, em seguida, foi transferido para um recipiente fechado e colocado em repouso por 24 horas, de acordo com a norma API [15]. Esse período de repouso se fez necessário para permitir a total hidratação das partículas de argila. Após o repouso, foi possível observar que os fluidos se encontram no estado gel, característico do fenômeno de tixotropia, que é comum em dispersões de argilas ativadas [1].

Passadas as 24 horas, os fluidos foram agitados no mesmo agitador durante 5 minutos para que ocorresse a quebra da gelificação. Aqueles que possuíam lubrificante em sua composição pré-determinada, tiveram este adicionado à mistura argilosa com o auxílio de uma pipeta, e foram em seguida submetidos a uma agitação manual por 5 minutos. Feito isso, os fluidos foram transferidos para o recipiente do lubrificímetro EP-Lubricity Tester (Fig.(4)) para determinar o coeficiente de lubrificidade (CL), com torque inicial zero e uma velocidade de 60rpm; aplicou-se lentamente uma força de 150 lbf/in durante 5min. Após esse tempo, efetuou-se a leitura do torque exercido pelo fluido. Com a leitura obtida pelo torque da água, calculou-se o fator de correção (FC), de acordo com a Eq. (1) e o coeficiente de lubrificidade de acordo com a Eq. (2).

$$FC = \frac{34,0}{\text{leitura água}} \quad (1)$$

$$CL = \frac{FC \times \text{leitura obtida}}{100} \quad (2)$$



Figura 4. Lubrificímetro, marca OFITE

Em seguida, o fluido foi agitado de forma manual por 5 minutos e transferidos para o interior da célula do *Differential Sticking Tester* (Fig (5)).

No interior do equipamento, os fluidos foram submetidos a uma pressão de aproximadamente 475 psi durante 10 minutos, para que houvesse a formação do reboco no papel filtro. Após esse período, com o auxílio de uma alavanca, foi aplicada uma carga sobre o *torque plate*, de forma a pressioná-lo contra o reboco formado, durante 2 minutos, para que a peça ficasse aderida ao reboco. Feito isso, aguardou-se um intervalo de tempo pré-determinado para cada etapa da análise. Esse intervalo de tempo é denominado de tempo de colagem, sendo estudados os tempos de 30, 60, 120 e 150 minutos.

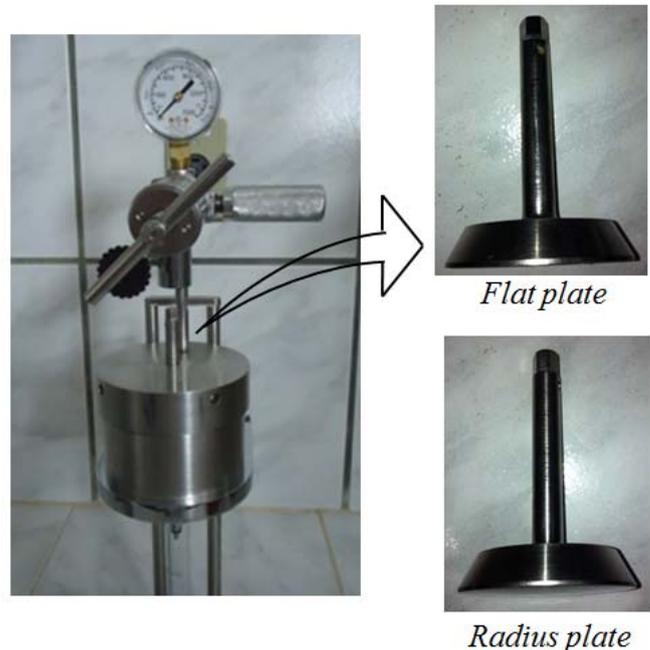


Figura 5. *Differential Sticking Tester*, marca Fann

Passado o tempo de colagem determinado, com o auxílio do torquímetro acoplado à parte superior do *torque plate*, foram realizadas seis medidas de torque. Em seguida, calculou-se a média (T_m) dos torques medidos, e foi feito o cálculo do coeficiente de prisão diferencial (CPD). Para calcular o CPD, foi utilizada a Eq. (3).

$$CPD = T_m \times 0,001 \quad (3)$$

O mesmo procedimento foi realizado para todos os fluidos utilizando-se como *torque plate*, a ferramenta *flat plate*, e em seguida, repetiram-se os mesmos procedimentos substituindo o *flat plate* pelo *radius plate*.

3. Resultados e Discussão

A Figura 6 apresenta os valores de coeficiente de lubrificidade dos fluidos estudados.

Observou-se, através da Figura 6, que a adição de lubrificante promoveu uma redução no CL dos fluidos, redução esta esperada, visto que o lubrificante tem a ação de formar uma película protetora entre duas superfícies, reduzindo o atrito e o desgaste. Além disto, os lubrificantes auxiliam no controle da temperatura, proporcionam a limpeza do equipamento, protegendo-o contra a corrosão decorrente dos processos de oxidação, podendo ainda, atuarem como agente de transmissão de força e movimento [16].

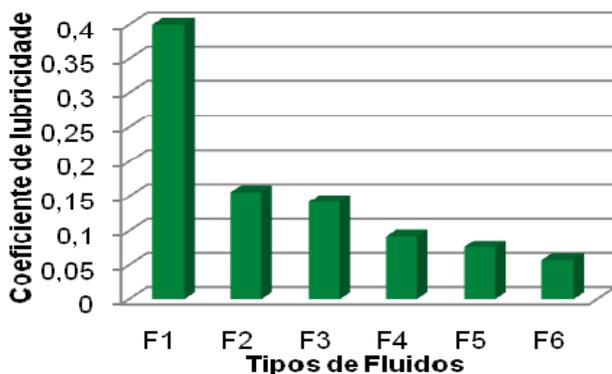


Figura 6. Coeficiente de lubrificidade dos fluidos argilosos sem e com lubrificantes.

Por ser a argila abrasiva, há um maior atrito entre as partículas de argila e a superfície do equipamento, causando uma menor lubrificidade, ou seja, um maior CL. Por isto, os fluidos F1, que não contém lubrificante, apresentaram os maiores valores de coeficiente de lubrificidade.

O coeficiente de lubrificidade determina o grau de lubrificação de um fluido, assim quanto menor o atrito gerado pelas superfícies metálicas do equipamento, maior é a lubrificidade do fluido e assim, menor o coeficiente de lubrificidade.

Os fluidos aditivados com lubrificante Lub1 apresentaram maiores valores de CL quando comparados com os fluidos aditivados com Lub2. Observou-se também que o aumento da concentração do Lub1 nos fluidos pouco alterou o CL dos mesmos, sendo suficiente a concentração de 1% para oferecer um CL adequado.

Os fluidos F4 a F6 aditivados com o lubrificante Lub2 apresentaram valores de CL excelentes, uma vez que de acordo com Nascimento & Amorim [17], os fluidos, para terem lubrificidade adequada, devem apresentar CL da ordem de 0,1, valor comumente encontrado em fluidos de perfuração base óleo (tomado como padrão) ou em fluidos aditivados com agentes lubrificantes [18]. Observou-se também que o aumento da concentração do Lub2 nos fluidos promoveu uma contínua redução do CL dos mesmos, atingindo valores da ordem de 0,05 (fluidos F6).

Os valores de coeficiente de prisão diferencial (CPD) calculados utilizando-se da ferramenta *flat plate*, são encontrados na Figura 7 e utilizando-se da ferramenta *radius plate*, são encontrados na Figura 8.

Quanto ao coeficiente de prisão diferencial, comportamento semelhante ao CL foi observado. A presença do lubrificante e o aumento em sua concentração reduziram os valores de CPD, tanto para o CPD utilizando a ferramenta *flat plate* como o *radius plate*.

Para o CPD utilizando a ferramenta *flat plate*, o Lub2 foi o lubrificante que se mostrou mais eficaz. Isto ocorreu, provavelmente, porque o lubrificante formou uma película na superfície do *flat plate*, reduzindo o atrito entre o reboco e a superfície da ferramenta, facilitando o deslizamento da mesma no reboco. Assim, como consequência, tem-se a redução da força necessária para liberar o equipamento aderido ao reboco.

Como a ferramenta *radius plate* apresenta uma geometria diferente da *flat plate*, não foi possível realizar todos os ensaios utilizando-se o *radius plate*. O *flat plate* apresenta uma geometria plana, o que favorece maior contato do reboco formado com a ferramenta, enquanto que o *radius plate*, por apresentar uma geometria esférica, promove menor contato entre o reboco e a ferramenta.

Diante disto, não foi possível obter valores de CPD dos fluidos contendo mais de 2% do lubrificante Lub1 e dos fluidos contendo o Lub2 devido à elevada lubrificidade da mistura e menor contato entre o reboco e o *radius plate*.

Os lubrificantes podem atuar por um ou vários mecanismos, dependendo da sua composição química e o estado de dispersão ou volubilidade na base do fluido: podem revestir superfícies metálicas, reduzindo a aderência do aço ao reboco; podem ser incorporados ao reboco e proporcionar um melhor controle da perda de fluidos, e podem ser incorporados ao reboco de uma forma que reduza a sua elasticidade. Porém, os aditivos mais eficazes são aqueles que operam em mais de um dos mecanismos [8,13].

A variação dos valores de CL e CPD para os fluidos aditivados com o Lub1 e com o Lub2 deve-se ao mecanismo de lubrificação de cada um dos aditivos. O Lub2, por não possuir cargas elétricas e ser imiscível em água, forma micelas no fluido que ao entrar em contato com superfícies metálicas desprende-se, aderindo às superfícies do equipamento, formando uma película protetora, lubrificando-as. De forma diferente, o Lub1 é um produto à base de óleo vegetal, modificado quimicamente para ser solúvel, desta forma, o seu mecanismo de ação se dá entre as partículas de argila propriamente dita e a superfície do equipamento, obtendo um reboco lubrificado [19].

Observou-se na Figura 8 um aumento do CPD com o aumento do tempo de colagem para os fluidos F1 e F2. Isso ocorre devido ao fato de que como o reboco não se impermeabiliza, o fluido continua a produzir filtrado, e cada vez mais partículas sólidas são depositadas neste reboco, aumentando sempre sua espessura e, conseqüentemente, aumentando a área de contato reboco-*radius plate*. Passando essa discussão para a parte prática, pode-se dizer que estes resultados comprovam que se uma coluna de perfuração está

em prisão diferencial, e as propriedades do reboco não se alteram, quanto mais tempo essa coluna permanecer neste estado de prisão, mais difícil será de desprendê-la do reboco,

porque este aumenta cada vez mais sua área de contato com a coluna de perfuração, como mostrado na Figura 9.

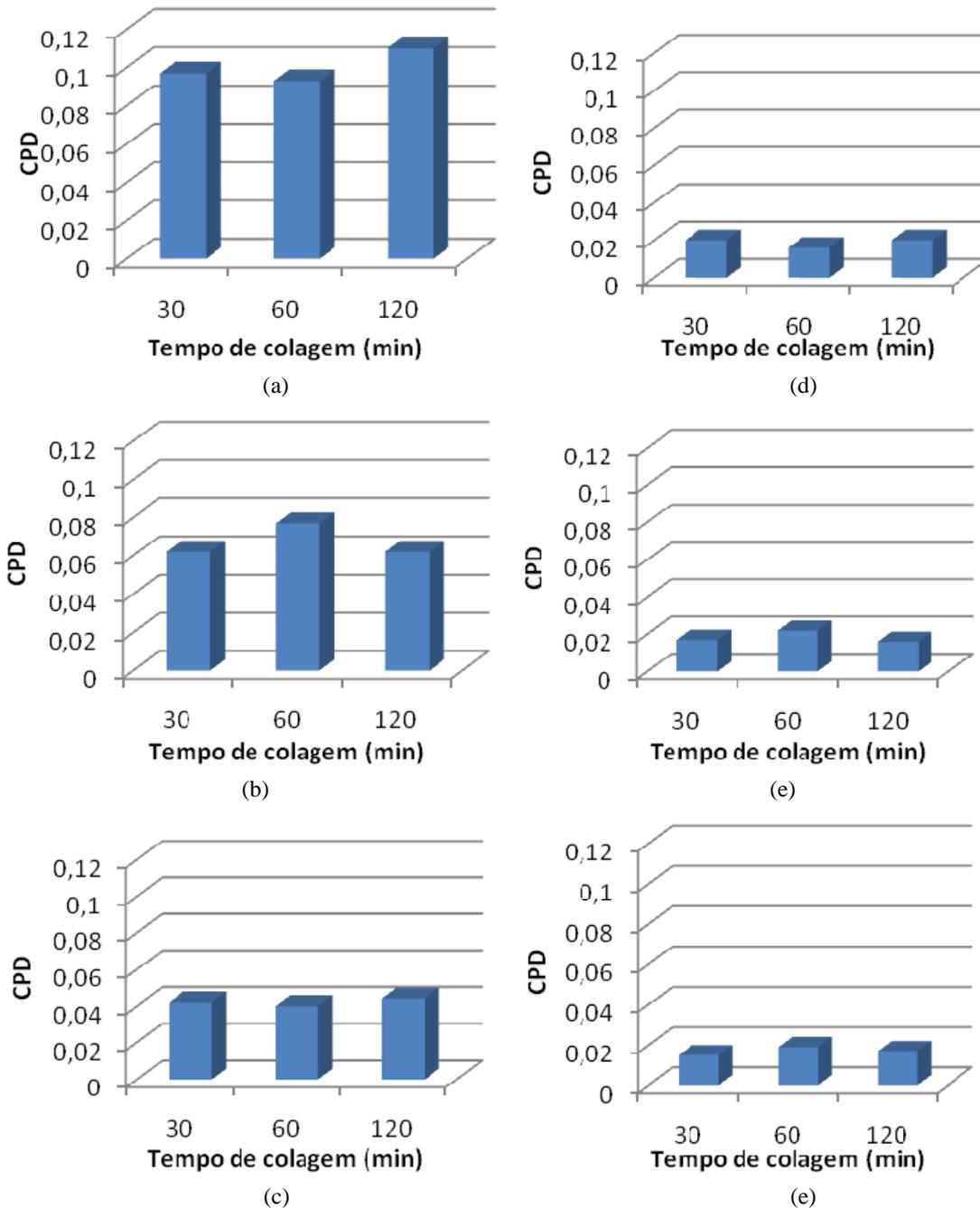


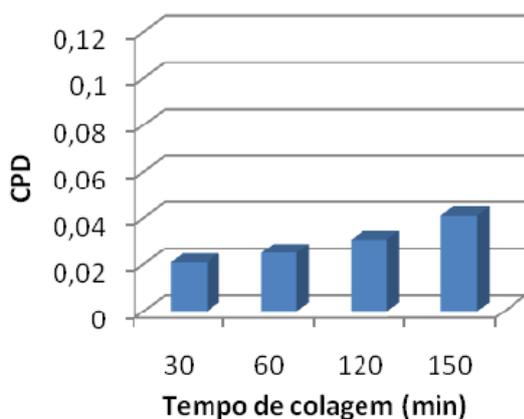
Figura 7. CPD em função do tempo de colagem utilizando o flat plate para (a) fluido F1, (b) fluido F2, (c) fluido F3, (d) fluido F4, (e) fluido F5 e (f) fluido F6

A análise das duas diferentes ferramentas de prisão para o CPD com a variação do tempo de colagem, mostrou (Figura 7) que em todos os ensaios realizados utilizando-se o flat plate não houve variação do coeficiente de prisão diferencial em

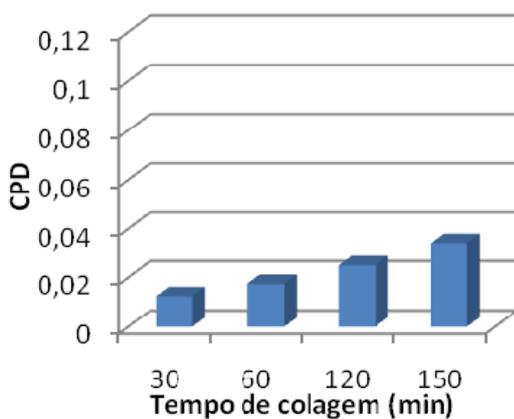
função do tempo. Tal fato se deu devido a geometria da ferramenta, visto que a superfície de contato entre a ferramenta e o reboco é completamente plana. Assim, após a ferramenta estar presa ao reboco, e considerando o diferencial

de pressão aplicado no sistema, o reboco continuou a ser depositado ao redor da ferramenta e não entre a ferramenta e o papel de filtro. Desta forma, não houve uma variação da área de contato entre o *flat plate* e o reboco, consequentemente, não foi observada variação significativa do coeficiente de prisão diferencial.

Apesar de não ter apresentado variação do CPD com o tempo de colagem, é importante ressaltar que o tempo de colagem está dentre os diversos fatores que afeta a prisão de tubos durante a perfuração de poços. O potencial de prisão varia também de acordo com o tipo de fluido utilizado e o diferencial de pressão aplicado. Para fluidos preparados apenas com argila e lubrificantes, a ferramenta *flat plate* foi útil na determinação do CPD de fluidos com lubrificadas variadas.



(a)



(b)

Figura 8. CPD por tempo de colagem utilizando o *radius plate* para (a) fluido F1 e (b) fluido F2

Para os fluidos em que foi possível realizar os ensaios utilizando-se do *radius plate* (Figura 9), observou-se um crescimento do coeficiente de prisão diferencial em função do tempo de colagem. Isto ocorreu devido ao perfil esférico da ferramenta *radius plate* que permite uma variação da área de contato entre a ferramenta e o papel de filtro. Considerando o diferencial de pressão aplicado no sistema e o aumento do

tempo de colagem, há uma deposição progressiva do reboco no trecho de contato ferramenta-papel de filtro, resultando assim em maiores valores de CPD com o aumento do tempo de colagem, conforme observado na Figura 8 (b).

Embora não tenha sido possível determinar o CPD dos fluidos com maior lubrificidade (F3, F4, F5 e F6), pode-se afirmar que a ferramenta *radius plate* foi eficiente no estudo da variação do tempo de colagem. A dificuldade dos ensaios para obtenção do CPD com fluidos altamente lubrificadas, provavelmente, deve-se à pequena área de contato inicial entre o reboco e a peça, dificultando assim a aderência do *radius plate* a fluidos mais lubrificadas.

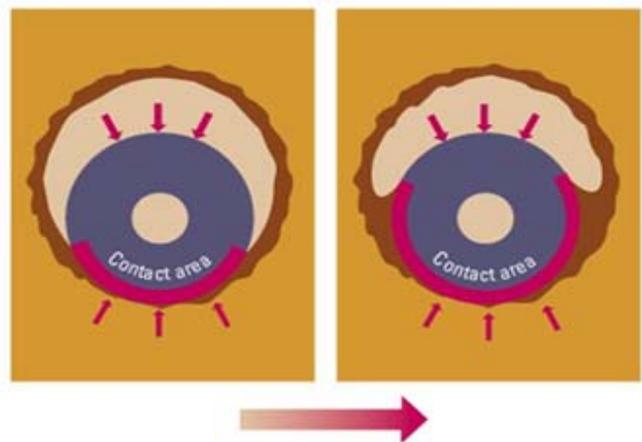


Figura 9. Aumento da área de contato entre reboco-coluna com o passar do tempo

A presença de lubrificante afeta a aderência da ferramenta ao reboco e também a maneira pelo qual a tubulação é liberada. Segundo Bushnell-Watson & Panesar [4], na ausência do lubrificante a tubulação é liberada na interface reboco/formação, enquanto que com a presença de lubrificante, a tubulação é liberada na interface tubo/reboco, reduzindo assim riscos durante a perfuração

4. Conclusões

Diante do exposto, concluiu-se que o perfil das ferramentas *flat plate* e *radius plate* são fatores predominantes na determinação do CPD, seja para avaliação do CPD de fluidos com diferentes lubrificadas como para avaliação do CPD com variação do tempo de colagem. O *flat plate* mostrou-se eficiente na determinação do CPD de fluidos com diferentes lubrificadas, enquanto que o *radius plate* foi efetivo na determinação do CPD com diferentes tempos de colagem. Além disso, o coeficiente de prisão diferencial é bastante influenciado pelo tempo de colagem e pela característica lubrificante dos fluidos de perfuração. Sendo assim, há uma correlação direta entre lubrificidade e prisão diferencial, de tal forma que menores valores de CL resultam em menores valores de CPD.

Agradecimentos

A CAPES/REUNI e ao CNPq (Processo N° 305729/2010-1) pelo apoio financeiro e concessão de bolsas, à Empresa Bentonit União Nordeste Ltda – BUN pelo fornecimento da argila bentonítica, à Empresa System Mud Indústria e Comércio Ltda. pelo fornecimento dos aditivos e ao PEFLAB/LABDES pelo uso de suas instalações físicas.

Referências

- [1] Thomas, J. E. Fundamentos de engenharia de petróleo, Editora Interciência, Rio de Janeiro. 2001.
- [2] Amorim, L. V. Melhoria, proteção e recuperação da reologia de fluidos hidroargilosos para uso na perfuração de poços de petróleo. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos). Centro de Ciências e Tecnologia. UFCG. Campina Grande. PB.
- [3] Guimarães, I. B., Rossi, L. F. S. Estudo dos constituintes dos fluidos de perfuração: proposta de uma formação otimizada e ambientalmente correta. In: 4° Congresso Brasileiro de Petróleo e Gás – PDPETRO. Campinas. SP. 2007.
- [4] Bushnell-Watson, Y.M., Panesar S. S. Mechanisms of differential sticking and a simple well site test for monitoring and optimizing drilling mud properties. SPE 22549. 1991.
- [5] Monaghan, P. H., Annis, M.R. Differential pressure sticking – laboratory studies of friction between steel and mud filter cake. SPE/IADC 151 PA. 1962.
- [6] Simon, K., Gaurina-Medimurec, N., Pasic, B. Drilling fluids differential sticking tendency. Rudarsko-geološko-naftnizbornik. UDC 622.244.442. vol. 17. pag. 31-35. Zagreb. 2005.
- [7] Schlumberger, Disponível em: <http://www.glossary.oilfield.slb.com/Display.cfm?Term=differential20sticking>, acesso em 21 de maio de 2010.
- [8] Reid, P. I., Meeten, G. H., Way, P. W., Clark, P., Chambers, B.D., Gilmour, A., Sanders, M. W. Differential-sticking mechanisms and a simple well site test for monitoring and optimizing drilling mud properties, SPE 64114, SPE Drilling & Completion. June. 2000.
- [9] Bradley, W.B., Jarman, D., Plott, R.S., Shofield, T.R., Auflick, R.A., Cocking, D. A task force approach to reducing stuck pipe costs, SPE paper 21999. Proc., IADC/SPE Drilling Conference. 1991. Amsterdam /Netherland.
- [10] Anônimo. Stuck pipe, Chapter 15, Revision No: A-0 / Revision Date: 03-31-98, pg. 15.1 a 15.24. Disponível em: <http://www.scribd.com/doc/17232761/Stuck-Pipe>. Acesso em: 08 de agosto de 2010.
- [11] Nascimento, R. C. A. M., Estudo do desempenho de fluidos de perfuração aquosos sob condições de prisão diferencial, Dissertação de mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande, 2011.
- [12] Kelessidis, V. C., Tsamantaki, C., Pasadakis, N., Repouskou, E., Hamilaki, E. Permeability, porosity and surface characteristics of filter cakes from water-bentonit suspensions. WIT Transactions on Engineering Sciences. v. 56, 2007.
- [13] Reid, P. I., Meeten, G. H., Way, P. W. Mechanisms of differential sticking and a simple well site test for monitoring and optimizing drilling mud properties. IADC/SPE 35100. 1996.
- [14] Manual do equipamento Differential Sticking Tester da marca Fann.
- [15] API, Petroleum and natural gas industries - Field testing of drilling fluids - Part 1: Water-based fluids, ISO/WD 10414-1 e ISO TC 67/SC 3 N, 2005.
- [16] Gomes, H. O., Filho, J. F. O. Metodologia de avaliação da lubrificidade de óleo diesel. In: Encontro para a Qualidade de Laboratórios. São Paulo. Junho. 2005.
- [17] Nascimento, R. C. A. M., Amorim, L. V., Santana, L. N. L., Desenvolvimento de fluidos aquosos com bentonita para perfuração de poços de petróleo onshore, Cerâmica, v. 56, p 179-187, 2010.
- [18] Darley, H. C. H., Gray, G. R., Caenn, R., Composition and properties of drilling and completion fluids, Sixth Edition, Gulf Publishing Company. Houston. Texas. 2011.
- [19] Amorim, L. V., Nascimento, R. C. A. M., Lira, D. S., Magalhães, J., Evaluation of the behavior of biodegradable lubricants in the differential sticking coefficient of water based drilling fluids, Brazilian Journal of Petroleum and Gas, v. 5, n. 4, p. 197-207, 2011.