

8º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

A influência do fluido de perfuração na redução do desgaste de brocas tricônicas com inserto de carboneto de tungstênio

AUTORES:

Kaciê Karoline de Araújo Trindade e Dr^a. Salete Martins Alves

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 8º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 20 a 22 de outubro de 2015, em Curitiba/PR. 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 8º PDPETRO.

A INFLUÊNCIA DO FLUIDO DE PERFURAÇÃO NA REDUÇÃO DO DESGASTE DE BROCAS TRICÔNICAS COM INSERTOS DE CARBONETO DE TUNGSTÊNIO

Abstract

Drilling oil wells is a time-consuming process which requires all mechanical components according to the design specifications. However, due to environmental conditions, these components are liable to several types of wear affecting thereby its life time. In order to carry out the drilling process successfully, each time the drilling is interrupted aiming to add further components to the process according to the drilling program, or for the exchange of some damaged equipment. Such care requires a considerable waste of time and money. One component that has high importance due to their excessive wear and high cost, is the drill bit, once it is in direct contact with the rock, scraping, crushing and grinding it. Nowadays, roller cone bits are one of the most used for oil drilling and among them tungsten carbide insert (TCI) bits have shown outstanding due to its possible use in harder rock formations, making them more susceptible to wear by abrasion and overheating. An alternative to overheating the drill is the use of drilling fluid. It is an extremely important component for oil drilling, as regards the removal of gravel and drill cooling, however the relationship between drilling fluid and the reduction of abrasive wear has not yet been studied. Therefore, this study aims to understand the influence of drilling fluid in the life time of the drill bit. For this purpose, it was built a bracket attached to the planer simulating the wear process suffered by the drill bit during rock scraping using and not using the drilling fluid. Consequently, it was possible to analyse the lubricity of this fluid in contact with the drill and two types of rocks commonly found in oil sedimentary basins: limestone and sandstone impregnated with oil. A salt drilling fluid with polymers donated by Petrobras was used. The results showed the reduction in the dimensions of the inserts when subjected to both assays (using and not using the drilling fluid) for independent rock type, nevertheless inserts subjected to scraping without the use of drilling fluid showed a greater reduction of its dimensions in microscopic analysis. This fact strengthens the concept of the drilling fluid as a lubricant to the drill bit, even though it have numerous particles in suspension in its composition.

Introdução

As brocas de perfuração são um dos componentes no processo de perfuração que está mais susceptível a desgaste, uma vez que elas estão em contato direto com a formação rochosa, raspando, esmagando e triturando-a. Plácido e Pinho (2009, p.53) apontam que à medida que a perfuração ocorre, os dentes ou cortadores das brocas se desgastam, sendo geralmente aplicado cada vez mais peso sobre a broca a fim de aumentar a sua taxa de penetração. O resultado disso é o prematuro desgaste da broca.

O desgaste das brocas durante a perfuração é um dos fatores principais que determinam o tempo de vida da broca, uma vez que ele diminui a taxa de penetração e aumenta a força de perfuração durante o processo de perfuração de um poço. Significante economia pode ser obtida se o controle eficaz do desgaste das brocas for obtido. (ERSOY, WALLER, 1995)

Quando uma broca é desgastada torna-se necessário interromper o processo de perfuração para realizar a troca dela, e essas paradas na perfuração, de forma programada ou não, refletem em um custo

elevado ao processo, visto que, segundo Thomas (2004, p100), o custo da broca e o tempo gasto no processo influenciam diretamente no custo do metro perfurado.

Em seu trabalho, Ersoy e Waller (1995, p.163) afirmam que diferentes tipos de rocha produzem tipos e taxas distintas de desgaste e essa diferença se dá devido a natureza da interação entre cada tipo de rocha e a broca. Em formações rochosas moles, por exemplo, a broca age raspando a superfície da formação, enquanto em formações duras, a broca age esmagando a rocha.

Atualmente, as brocas de cone são uma das mais utilizadas para a perfuração petrolífera e dentre elas as brocas tricônicas com insertos de carboneto de tungstênio têm apresentado destaque devido a sua possibilidade de uso tanto em formações moles quanto em duras. Essas brocas, geralmente, trabalham em baixa rotação com a finalidade de desgastar o mínimo possível de seus componentes móveis. Apesar disso, elas estão sujeitas ao desgaste da estrutura cortante, do rolamento e do calibre, podendo ocorrer fratura do cone e dos dentes da broca, além da remoção de alguns dos cones ou mesmo dos insertos.

Conforme Plácido e Pinho (2009, p.54), a limpeza do fundo do poço é importante para evitar o retrabalho da broca e o desgaste dela por atrito das partículas de rocha já cortadas. Nesse âmbito, o fluido de perfuração exerce papel fundamental, visto que ele tem a função de limpar o poço e carregar os cascalhos, além de resfriar os dentes da broca. Embora esse fluido exerça funções de extrema importância ao processo de perfuração, a relação dele com a redução do desgaste abrasivo da broca ainda não foi estudada.

Portanto, este trabalho objetiva compreender a influência do fluido de perfuração na vida útil da broca, analisando as propriedades lubrificantes dele a fim de verificar redução do desgaste, do atrito e das forças de corte exercidas na broca.

Metodologia

Nessa seção serão explicitados os procedimentos experimentais preliminares adotados para a análise do desgaste de insertos de carboneto de tungstênio, comumente usado em brocas tricônicas na perfuração de poços de petróleo. Os testes baseiam-se na análise tribológica com uso ou não de fluido de perfuração. Primeiramente, construiu-se uma bancada que foi anexado a plaina mecânica com o objetivo de simular o processo de deposição gradual do fluido de perfuração durante a raspagem da rocha pela pastilha de carboneto de tungstênio. Em seguida, realizaram-se os testes de raspagem utilizando a plaina mecânica. Por fim, foi realizada a caracterização do fluido de perfuração a partir de sua análise reológica e produzido imagens da pastilha de carboneto de tungstênio com o uso do microscópio endoscópio digital.

1. Construção e usinagem da bancada

Nessa etapa projetou-se e usinou-se uma bancada que trabalha associada à plaina mecânica, cujo objetivo foi tornar a análise mais prática e eficiente, reduzindo o trabalho do operador e controlando melhor a vazão e circulação do fluido de perfuração utilizado nos experimentos.

A bancada foi constituída por:

- | | |
|--|---------------------------------|
| ✓ 2 mãos-francesas de aço 1020; | ✓ 1 botoeira; |
| ✓ 1 suporte metálico tipo calha em aço 1020; | ✓ 1 bomba centrífuga (GMBOMBAS) |

- ✓ 1 suporte metálico para o sistema de acionamento da bomba centrífuga usinado em aço 1020; cod.94701581, 12V);
- ✓ 1 bateria 12V/1,3A;
- ✓ 2 reservatórios plásticos;
- ✓ Mangueiras de nível;
- ✓ 4 parafusos cabeça quadrada;
- ✓ Cabo flexível de cobre de 1,5mm.

Para a usinagem das peças metálicas, foram utilizadas máquinas como a serra de disco e a serra hidráulica, fresadora, a furadeira de bancada e a máquina de solda elétrica. Também se utilizaram ferramentas como lima, arco e lâmina de serra e cossinete com desandador. A Figura 1 ilustra a bancada montada junto à plaina mecânica.

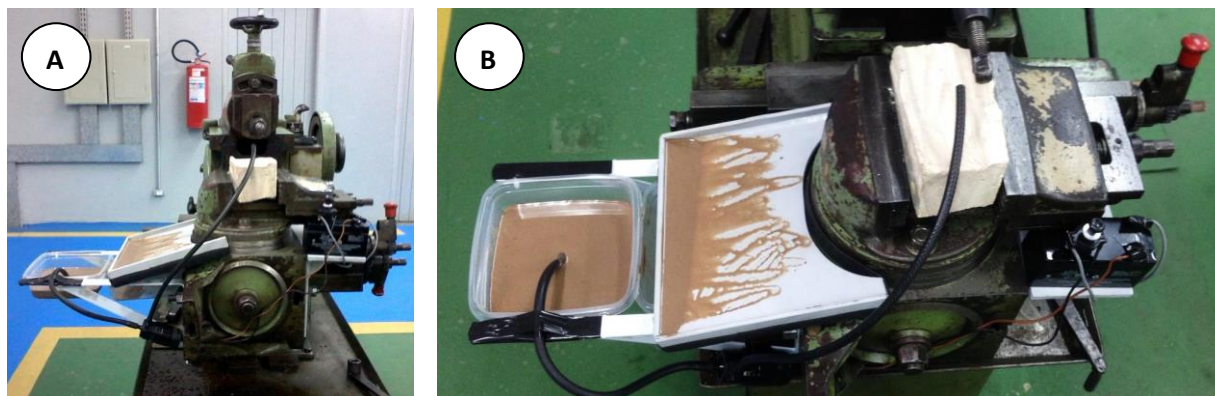


Figura 1: (a) Vista frontal da plaina juntamente com a bancada e (b) Vista superior da bancada.

2. Ensaios tribológicos envolvendo o cortador de carboneto de tungstênio e rocha

Para a realização de testes experimentais foi utilizado pastilhas de carboneto de tungstênio (classe H13A - Sandvik) que foram submetidas a desgaste a partir de raspagens em rocha arenito e calcário, com e sem a utilização do fluido de perfuração como lubrificante. Portanto, funcionando como o par tribológico teve-se a pastilha de carboneto de tungstênio (corpo de prova) e a rocha (contra corpo).

Para analisar a resistência à abrasão realizaram-se testes de raspagem usando uma Plaina Mecânica (composta por torpedão, cabeçote e mesa), cujo mecanismo de desgaste é o cisalhamento.

O arenito analisado constitui-se em rocha-reservatório – porosa e permeável – no qual estavam acumulados hidrocarbonetos entre os grãos de quartzo, argila e feldspato. A rocha possuía formato irregular medindo aproximadamente 12 cm de comprimento, 9 cm de largura e 5 cm de altura. Na Figura 2 é possível ver o testemunho de arenito analisado.

O testemunho de calcário, semelhantemente ao arenito, é uma rocha-reservatório sendo porosa e permeável proveniente de uma formação sedimentar do Rio Grande do Norte. Possuindo aparência macroscópica não cristalina e sendo constituído essencialmente por grãos finos de calcite, o calcário estudado possuía formato de paralelepípedo dimensionando 16 x 6,5 x 7 cm de comprimento, largura e altura, respectivamente. A Figura 3 ilustra o testemunho de calcário examinado.

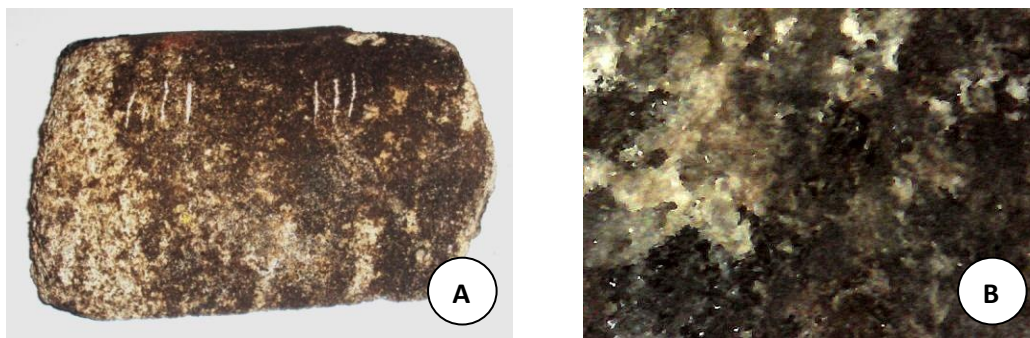


Figura 2: (a) arenito com óleo impregnado e (b) microscopia óptica do arenito estudado.

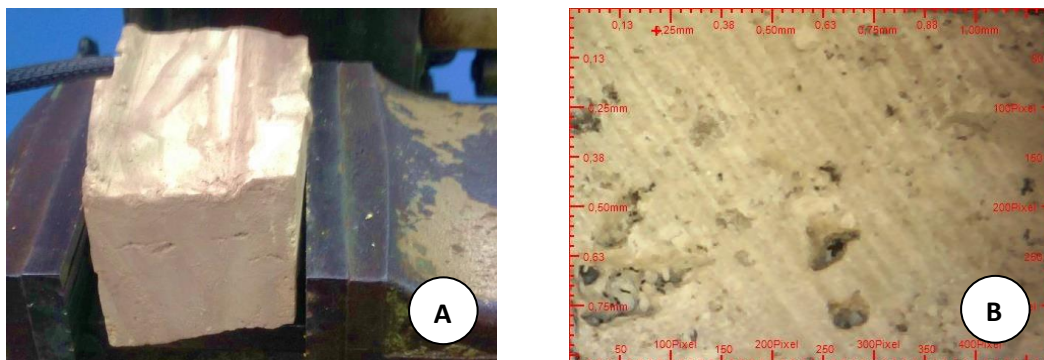


Figura 3: (a) testemunho de calcário e (b) microscopia da face lateral com fratura.

Uma vez que cada rocha possui dimensões diferentes, foi adotado um padrão de deslocamento com o objetivo de unificar os ensaios. Portanto, para cada testemunho de rocha, a pastilha de carboneto de tungstênio percorreu 151 metros de deslocamento, raspando e removendo 1 mm de profundidade da superfície da rocha em cada golpe. Desse modo, nos ensaios em arenito foi necessário a realização de 3 séries, de 15 minutos cada, em plaina mecânica, atuando com 28 golpes/min, uma vez que o testemunho estudado possuía 12 cm de comprimento. E nos ensaios com calcário foi necessário a realização de 4 séries, de 8.4 minutos cada, na mesma plaina usada no teste com arenito, atuando também com 28 golpes/min, visto que o testemunho analisado possuía 16 cm de comprimento.

Para a realização dos testes em ambas as rochas, fixou-se a rocha na morsa da plaina mecânica e foram iniciadas as sequências de riscamentos, primeiramente sem o uso do fluido de perfuração e posteriormente, com a utilização do fluido para analisar a influência dele no desgaste da pastilha de carboneto de tungstênio.

3. Caracterização do fluido de perfuração

O fluido de perfuração utilizado nos experimentos foi um fluido base água em dispersão de argila com polímero, cedido pela empresa Petrobrás. A fim de caracterizar o fluido de perfuração foram realizados ensaios reológicos, cujo método para obtenção dos parâmetros reológicos consistiu em um sistema de cilindros coaxiais, onde a amostra foi cisalhada entre as paredes do cilindro de raio maior e de raio menor.

Os ensaios de reologia foram obtidos a temperatura ambiente (24,8°C) durante o tempo de 80 segundos com a utilização do Reômetro (modelo R/S SST, série 302348, BrasEq). Os dados analisados pelo reômetro foram enviados para um computador acoplado ao equipamento, então, um

software, do próprio equipamento, gerou os reogramas de tensão por taxa de cisalhamento, aplicando os modelos matemáticos de acordo com a escolha do operador e comparando com os modelos de curvas de fluxo existentes.

Resultados e Discussão

Nos testes experimentais envolvendo o arenito com óleo impregnado e calcário em raspagem auxiliada por plaina mecânica notou-se um desgaste acentuado na ponta do inserto de carboneto de tungstênio submetido a atrito sem uso do fluido de perfuração quando comparado ao desgaste com uso dele, o que fortalece a hipótese que o fluido de perfuração exerce poder lubrificante na broca durante a perfuração. Na Figura 4 é ilustrada a vista superior de cada pastilha submetida aos testes de raspagem.

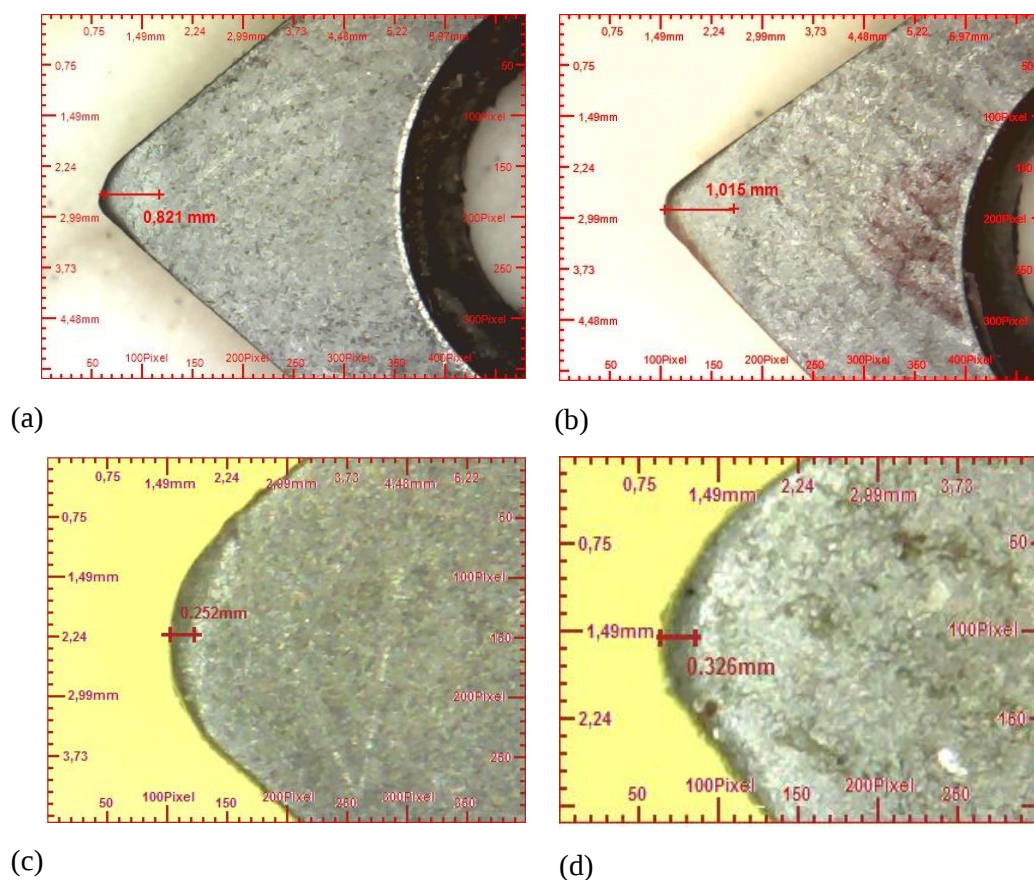


Figura 4: (a) Pastilha submetida à raspagem em arenito utilizando o fluido de perfuração (b) Pastilha submetida à raspagem em arenito à seco (c) Pastilha submetida à raspagem em calcário utilizando o fluido de perfuração (d) Pastilha submetida à raspagem em calcário à seco

Os desgastes sofridos em ambas as situações são tipicamente abrasivos em virtude da dureza das rochas e da energia dissipada no atrito. No Gráfico 1 é representado uma análise comparativa do desgaste sofrido pela pastilha de carboneto de tungstênio nos ensaios com o arenito e calcário.

Notou-se uma diferença significativa no desgaste da pastilha utilizando o arenito e o calcário como abrasivos. Esse resultado se deu porque o calcário possui dureza inferior ao do arenito. De acordo com a Escala de Dureza de Mohs – que quantifica a dureza dos minerais, isto é, a resistência que um determinado mineral oferece ao risco (à retirada de partículas da sua superfície) – a calcita, principal constituinte do calcário, possui valor de dureza igual a 3 enquanto que o quartzo, principal constituinte do arenito, possui dureza igual a 7.

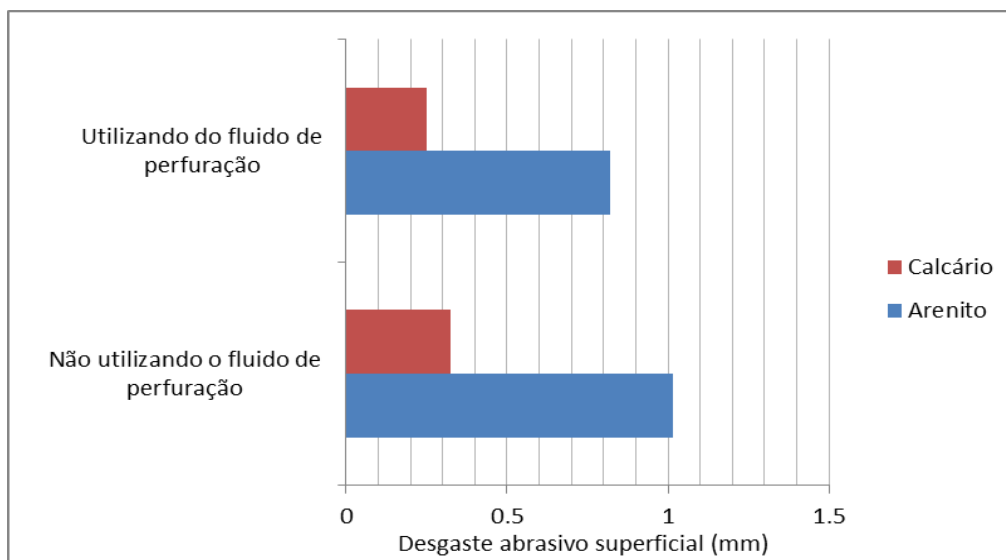


Gráfico 1: Comparativo entre o desgaste sofrido pela pastilha de carboneto de tungstênio em contato com o arenito e o calcário em atrito à seco e utilizando fluido de perfuração como lubrificante.

Notou-se uma diferença significativa no desgaste da pastilha utilizando o arenito e o calcário como abrasivos. Esse resultado se deu porque o calcário possui dureza inferior ao do arenito. De acordo com a Escala de Dureza de Mohs – que quantifica a dureza dos minerais, isto é, a resistência que um determinado mineral oferece ao risco (à retirada de partículas da sua superfície) – a calcita, principal constituinte do calcário, possui valor de dureza igual a 3 enquanto que o quartzo, principal constituinte do arenito, possui dureza igual a 7.

Os resultados da caracterização do fluido de perfuração mostraram que tal fluido comporta-se como um fluido de Herschel-Bulkley. A Figura 6 ilustra as curvas de fluxo comparativas geradas pelo software do Reomêtro. Nesta figura, nota-se com facilidade que a curva que melhor se assemelha é a curva de fluxo de Herschel-Bulkley, a grande discrepância nos valores iniciais de tensão de cisalhamento e viscosidade provém do Reômetro usado no experimento, que demora a estabilizar-se. No Gráfico 2 também é possível verificar os valores de cada variável do modelo de Bulkley para esse fluido.

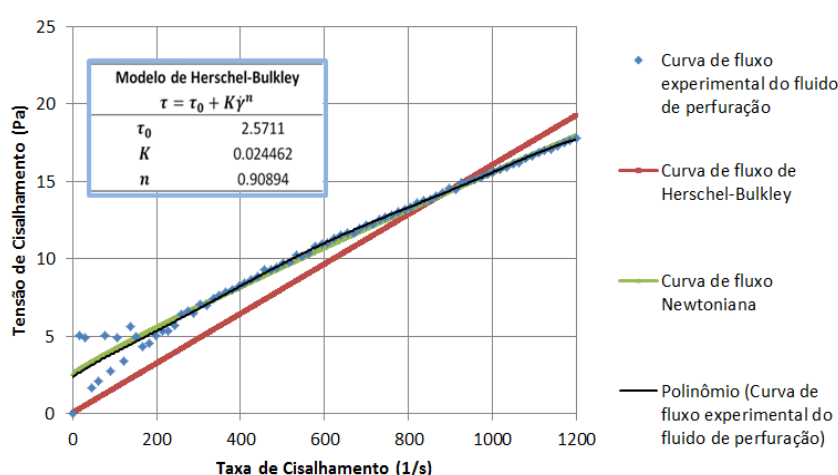


Gráfico 2: Curvas de fluxo do fluido de perfuração analisado e variáveis do modelo de Herschel-Bulkley.

No Gráfico 3 percebe-se o comportamento do fluido de perfuração com relação à viscosidade e taxa de cisalhamento. Nela, é possível notar que a viscosidade do fluido torna-se aproximadamente

estável no valor de 20 mPa.s ou 20 cP. Tal valor é considerado baixo se comparado a fluidos de corte comerciais tais como Dromus (Shell) cuja viscosidade é 39,7 cP e OP38 (Lubrax) cuja viscosidade é 37,0 cP. Entretanto, esses fluidos comumente são diluídos em água para aumentar seu poder de resfriamento – quando é usado em situação com alta velocidade de corte – consequentemente, eles têm suas viscosidades diminuídas. Esse fato torna a viscosidade do fluido de perfuração razoável para lubrificar a broca e dessa forma reduzir o desgaste, o atrito e as forças de corte sobre ela.

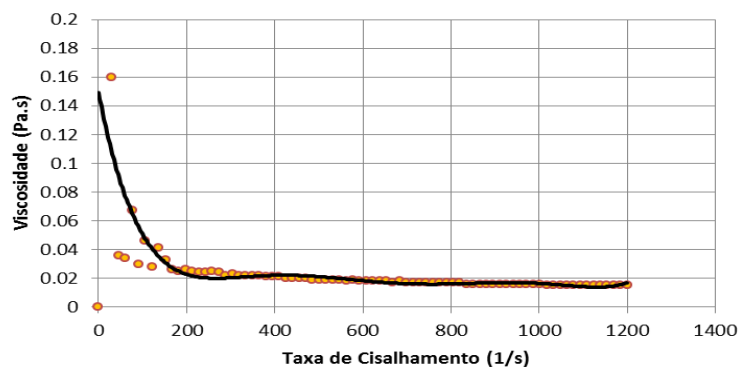


Gráfico 3: Curva de viscosidade e taxa de cisalhamento.

Uma vez que este trabalho ainda está em andamento, a próxima etapa será a realização dos testes abrasivos em insertos de carboneto de tungstênio e insertos de diamante policristalino (PCD), retirados de uma broca de perfuração tricônica e de uma broca de diamante artificial PCD, respectivamente, ambas cedidas pela Petrobras.

Conclusões

Os ensaios tribológicos obtiveram ótimos resultados, uma vez que houve uma menor redução nas dimensões dos insertos quando submetidos à raspagem utilizando o fluido de perfuração. Fortalecendo o argumento de que o fluido de perfuração pode agir como lubrificante e fluido de corte, embora seja um fluido argiloso, salgado e polimérico. A bancada construída mostrou-se satisfatória, visto que atendeu com sucesso o propósito de simular o processo de deposição gradual do fluido de perfuração durante a raspagem da rocha pela pastilha de carboneto de tungstênio.

Agradecimentos

Agradecemos ao PRH-ANP 14, GET/UFRN e IFRN pelo apoio científico, a Petrobras pelo fornecimento do fluido de perfuração e a ANP pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

ERSOY, A.; WALLER, M.d.. Wear characteristics of PDC pin and hybrid core bits in rock drilling. **Wear**, 188, p. 150-165,1995.

THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos de engenharia do petróleo**. 2º edição. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004.

PINHO, Rodrigo; PLÁCIDO, João C. R. **Brocas de perfuração de poços de petróleo**. Rio de Janeiro, 2009.