

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 DA REOLOGIA E VOLUME DE FILTRADO DE SISTEMAS
MICROEMULSIONADOS POLIMÉRICOS COMO FLUIDO PARA COMBATE A PERDA DE
CIRCULAÇÃO EM POÇOS PETROLÍFEROS

AUTORES:

Pedro Victor Teixeira Santiago; Dr. Tereza Neuma de Castro Dantas; Dr. Afonso Avelino Dantas
Neto; Msc. Laís Sibaldo Ribeiro

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Central

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 DA REOLOGIA E VOLUME DE FILTRADO DE SISTEMAS MICROEMULSIONADOS POLIMÉRICOS COMO FLUIDO PARA COMBATE A PERDA DE CIRCULAÇÃO EM POÇOS PETROLÍFEROS

Abstract

During the oil and gas drilling are used drilling fluids that circulate through the drill string, leave by the drill jets, return through the void of the well and perform various functions such as drill cooling and lubrication, carry gravels to the surface, among other functions. Unfavorable situations may arise during the drilling, such as the lost circulation, which occurs due to a positive pressure differential caused by induced fractures or the existence of unconsolidated formations. The drilling fluids are divided in different categories, and in this work, it was studied the addition of polymers and coconut fibers as particulate matter in microemulsion systems in order to be applied as fluids to heal the loss of circulation. A microemulsion system with high water concentration was used as the basis of the fluid, and to this was added the following polymers: xanthan gum, polianionic cellulose (PAC), carboxymethyl cellulose (CMC), hydroxypropylamido (HPA), activated clay (bentonite) and coconut fiber in different concentrations and proportions. With the formulated fluids, viscosity tests were made with the viscometer FANN 35A and filtration test with the filter press API OFITE. It was observed the influence of variation of clay concentration on viscosity and filtrated volume when we formulated fluids with fixed polymers concentrations and varying the activated clay concentration. Subsequently was studied the influence of coconut fiber d_{28} in the same tests. All fluids have been formulated with microemulsion and with water for comparative purposes. It was observed that the microemulsion interacts well with additives, without separation or decanting. The increase in the clay concentration caused an increase in viscosity. The viscometer reached its maximum reading at the concentration of 6 lb/bbl. To the same concentration was obtained the best result of filtered volume that was around 6 ml for both fluids formulated with microemulsion and water. Adding 5 lb/bbl of coconut fiber reduced 54.5% of the filtered volume in the microemulsion based fluids and only 13.11% for water based fluids, showing that the presence of microemulsion-fiber interaction was essential for reducing the filtration. Therefore, fluids based on microemulsified systems with coconut fiber are a viable option to heal the loss of circulation.

Introdução

A produção do petróleo segue certas etapas, bem definidas, e a perfuração de um poço é entre elas a mais intimamente ligada a esse trabalho. Na perfuração rotativa, realizada através de uma sonda, uma broca perfura a formação rochosa aplicando rotação e peso a ela (THOMAS, 2001). Durante esse processo são utilizados o que chamamos de fluidos de perfuração (ou lama de perfuração), que circulam através da coluna de perfuração, saindo pelos jatos da broca até retornar através do anular do poço. Dentre as funções desse fluido, temos a lubrificação e resfriamento da broca, e o carregamento dos cascalhos gerados na perfuração.

Um dos problemas mais frequentes encontrados durante perfuração é a perda de circulação, que ocorre devido a um diferencial de pressão positivo, causado pela existência de formações inconsolidadas ou por fraturas induzidas. Esse tipo de problema aumenta o tempo improdutivo da sonda, o que causa uma perda financeira substancial (JAVERI; HAINDADE; JERE, 2011).

Os fluidos de perfuração se apresentam em três tipos: pneumáticos (base ar/gás), base óleo e base água. Neste trabalho, damos foco a este último tipo. Os fluidos de base aquosa são os mais utilizados, e são geralmente fáceis de manipular e manter (AMOCO, 1994). Nos fluidos aquosos, podemos

adicionar polímeros em sua composição, um aditivo de grande hidrofília que promove o controle de filtrado e reológico, além de ajudar no controle da perda de lama devido ao seu elevado peso molecular (ALSABAGH et al., 2014).

Perdas de circulação do fluido de perfuração ocorrem em cerca de um terço dos poços, sendo a grande maioria diretamente relacionados a perdas severas e totais (WALDMANN et al., 2015). Diante desse problema, estudamos a adição de polímeros e outros aditivos em sistemas de microemulsão, no propósito de formular um fluido capaz de combater a perda de circulação.

Metodologia

Neste tópico iremos apresentar os materiais e metodologia para a obtenção da microemulsão que foi utilizado como base do fluido de combate a perda. Apresentaremos também os equipamentos e os aditivos utilizados para a formulação do fluido e os equipamentos e metodologia utilizados para testá-lo.

1- Materiais utilizados e equipamentos

Os materiais utilizados para formular a microemulsão e os fluidos de combate a perda de circulação serão descritos a seguir. Para a microemulsão, que chamaremos de Micro1, utilizamos os seguintes materiais e composições:

- Tensoativo: Renex 95/Ultrane 95, 12,5%
- Cotensoativo: álcool isopropílico, 12,5%, Razão C/T = 1
- C/T, 25% (tensoativo + cotensoativo)
- Fase oleosa: Querosene, 2%
- Fase aquosa: Água + Ácido P-tolueno sulfonato de sódio, 73%

Na formulação da Micro1, utilizamos béquer, espátula de laboratório, balança digital química, barra magnética, agitador magnético e termômetro. Para a formulação dos fluidos, foram utilizados:

- Micro1
- Goma Xantana
- Celulose polianiónica (PAC)
- Carboximetilcelulose (CMC)
- Hidroxipropilamido (HPA)
- Argila ativada (bentonita)
- Fibra de coco

Em diferentes concentrações e combinações. Para formular os fluidos, utilizamos o agitador Hamilton Beach, para os testes de viscosidade foi utilizado o viscosímetro FANN 35A e para os testes de filtrado foi utilizado o filtro prensa da OFITE, como apresenta a Figura 1. Para o teste do pH foi utilizado papel indicador.



Figura 1. Agitador, equipamento do teste de viscosidade e o equipamento para teste de filtrado, respectivamente.

2- Procedimento experimental

Para formular a Micro1, todos os componentes foram adicionados em um béquer e agitados com o agitador magnético até alcançar um sistema límpido. Para formular os fluidos, utilizamos o agitador Hamilton Beach e foram utilizados 350ml de Micro1 (o que equivale a 1 barril de fluido em laboratório) e a este sistema foi adicionado lentamente cada aditivo sob agitação, aguardando-se 20 minutos para a sua hidratação e para a adição do próximo aditivo, se necessário. Ao término da formulação, o fluido é deixado em descanso por alguns minutos até que atinja a temperatura ambiente, por ter aquecido após o longo tempo de agitação. Dessa maneira, a alta temperatura não influenciou nos testes de viscosidade e filtrado que foram realizados em seguida.

Resultados e Discussão

Nesta parte iremos apresentar e discutir os resultados mais relevantes dos testes realizados.

1. Testes sem fibra de coco

Foram formulados 3 fluidos com os polímeros PAC, CMC e HPA com concentração fixa e argila ativada variando sua concentração. Os testes foram realizados com Micro1 e com água para realizar a comparação dos resultados. A Tabela 1 apresenta os resultados dos fluidos formulados com Micro1 e a Tabela 2 apresenta os resultados formulados com água. Os resultados são de volume de filtrado (Vf), Viscosidade Plástica (PV) Limite de Escoamento (YP) e Viscosidade Aparente (AV) e pH, com a variação da concentração da argila.

Tabela 1. Resultados dos fluidos formulados com micro, polímeros e argila.

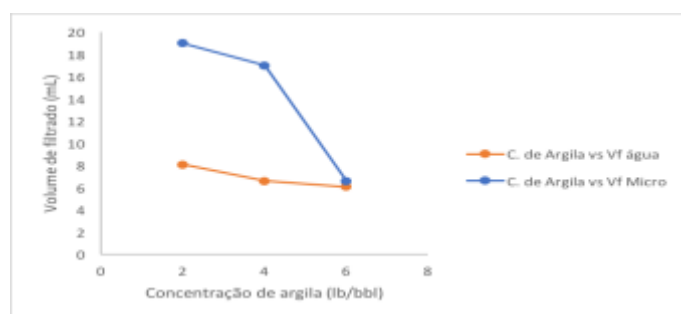
Formulação	Vf (mL)	PV (cP)	YP (lb/100ft ²)	AV (cP)	pH
Micro 1 4lb/bbl de PAC 4lb/bbl de CMC ADS 4lb/bbl de HPA 2lb/bbl de Argila Organofílica	19	82	36	100	7
Micro 1 4lb/bbl de PAC 4lb/bbl de CMC ADS 4lb/bbl de HPA 4lb/bbl de Argila Organofílica.	17	105	20	115	6,5
Micro 1 4lb/bbl de PAC 4lb/bbl de CMC ADS 4lb/bbl de HPA 6lb/bbl de Argila Organofílica.	6,6	0	300	150	7,5

Tabela 2. Resultados dos fluidos formulados com água, polímeros e argila.

Formulação	Vf (mL)	PV (cP)	YP (lb/100ft ²)	AV (cP)	pH
Água					
4lb/bbl de PAC					
4lb/bbl de CMC ADS					
4lb/bbl de HPA	8,1	80	120	140	8
2lb/bbl de Argila					
Organofílica					
Água					
4lb/bbl de PAC					
4lb/bbl de CMC ADS					
4lb/bbl de HPA	6,6	55	190	150	8
4lb/bbl de Argila					
Organofílica.					
Água					
4lb/bbl de PAC					
4lb/bbl de CMC ADS					
4lb/bbl de HPA	6,1	0	300	150	9,5
6lb/bbl de Argila					
Organofílica.					

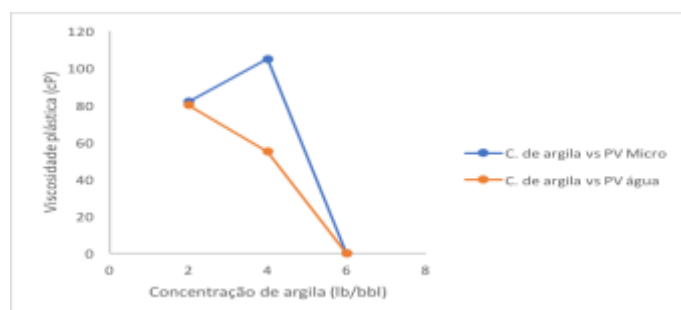
As Figuras 2, 3, 4 e 5 apresentam graficamente os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Figura 2. Volume de filtrado em função da concentração de argila para os fluidos formulados com água e micro.



Através da Figura 2 observamos que com o aumento da concentração de argila, houve a redução do volume de filtrado, para fluidos formulados com água e com micro onde na concentração de 6lb/bbl de argila o volume de filtrado foi bem semelhante para ambos. A redução do volume de filtrado é positivo, pois o ideal é que o fluido apresente baixo volume de filtrado e reboco fino e plástico.

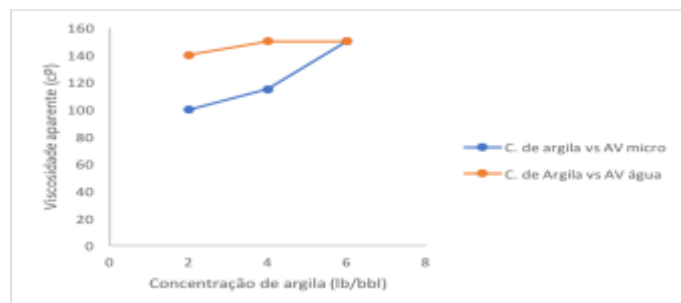
Figura 3. Viscosidade plástica em função da concentração de argila para os fluidos formulados com água e com micro.



O atrito entre as partículas dispersas e entre as próprias moléculas do líquido dispersante é o responsável por um dos componentes de resistência ao escoamento, a viscosidade plástica. É sabido ainda que se a concentração de partículas dispersas aumenta, a viscosidade plástica também aumenta (MACHADO, 2002). Partindo dessa definição observamos, na Figura 3, que na concentração de 2 lb/bbl existe interação entre as partículas dispersas de polímeros e argila e as moléculas da Micro 1,

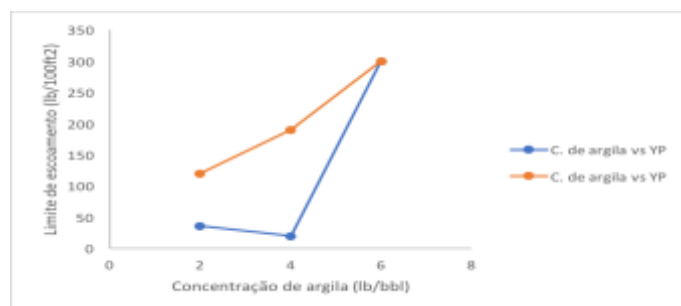
entretanto a partir de 4lb/bbl os polímeros e argila hidratam em quase todo o volume de micro, acentuando essa característica na concentração de 6lb/bbl de argila reduzindo as partículas dispersas e moléculas de micro dispersas e essa interação é reduzida. Isso pôde ser observado através da elevada viscosidade que o fluido adquiriu nessas concentrações.

Figura 4. Viscosidade aparente em função da concentração de argila para os fluidos formulados com água e com micro.



Na Figura 4 vemos que com o aumento da concentração da argila até 6lb/bbl a viscosidade aparente de ambos os fluidos foi igual.

Figura 5. Limite de escoamento em função da concentração de argila para os fluidos formulados com água e com micro.



As forças de interação entre as partículas dispersas são consideradas a causa da existência de outro parâmetro viscoso, o limite de escoamento. Este parâmetro aumenta quando as forças entre as partículas aumentam, isto é, quando aumenta o potencial iônico do meio, causando um consequente aumento das forças eletrostáticas de interação entre as partículas dispersas (MACHADO, 2012). Partindo dessa definição, observamos na Figura 5 que o aumento da concentração de argila provocou o aumento das forças eletrostáticas entre as partículas atingindo um limite em comum para os diferentes fluidos.

Para todos os parâmetros estudados observamos que o último ponto, com 6g de argila, deram semelhantes os resultados do fluido formulado com micro e do formulado com água.

2. Formulação com polímeros, goma xantana e fibra de coco #28

Foram formulados fluidos com a composição anterior acrescentando 2lb/bbl de goma, com micro e com água, visando um melhor controle do volume de filtrado. Posteriormente foi realizada essa formulação acrescentando a fibra de coco. As Tabelas 3 e 4 apresentam os resultados.

Tabela 3. Resultados dos fluidos formulados com micro, polímeros, argila e fibra de coco.

Formulação	Vf (mL)	PV (cP)	YP (lb/100ft ²)	AV (cP)	pH
Micro 1					
2lb/bbl de goma xantana					
4lb/bbl de PAC					
4lb/bbl de CMC ADS	3,6	0	300	150	7
4lb/bbl de HPA					
6lb/bbl de Argila Organofílica.					
Micro 1					
2lb/bbl de goma xantana					
4lb/bbl de PAC					
4lb/bbl de CMC ADS	3	0	300	150	7,5
4lb/bbl de HPA					
6lb/bbl de Argila Organofílica					
5lb/bbl de fibra de coco #28.					

Tabela 4. Resultados dos fluidos formulados com água, polímeros e argila.

Formulação	Vf (mL)	PV (cP)	YP (lb/100ft ²)	AV (cP)	pH
Água					
2lb/bbl de goma xantana					
4lb/bbl de PAC					
4lb/bbl de CMC ADS	5,5	0	300	150	7
4lb/bbl de HPA					
6lb/bbl de Argila Organofílica.					
Água					
2lb/bbl de goma xantana					
4lb/bbl de PAC					
4lb/bbl de CMC ADS	5,3	0	300	150	8
4lb/bbl de HPA					
6lb/bbl de Argila Organofílica					
5lb/bbl de fibra de coco #28					

Observamos que a adição da goma xantana conseguiu uma boa redução do volume de filtrado em relação aos resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2. O resultado do volume de filtrado do fluido formulado com micro deu menor do que o do formulado com água, mostrando que a goma xantana interagiu melhor com os outros aditivos e a microemulsão, possibilitando resultados superiores aos do fluido com água. Essa melhor interação foi fundamental para a redução de filtrado. Já os resultados do fluido com água não variaram muito com a adição de goma mostrando que com água existe um limite de interação entre os polímeros e o meio contínuo. A adição de 5g (5lb/bbl) da fibra de coco provocou uma pequena redução do volume de filtrado.

Nos testes de reologia observamos que o equipamento utilizado está fora do range de leitura do nosso sistema, por isso a viscosidade plástica que é dada por $VP=L600-L300$ foi zero. Estes testes precisam ser realizados em equipamentos mais precisos como reômetros.

3. Teste de resistência à temperatura da microemulsão 1

Foi realizado um teste para conhecer a resistência à temperatura da microemulsão utilizada, pois durante a formulação do fluido, o longo tempo de agitação promove o aquecimento do sistema. Para este teste utilizou-se agitador magnético, barra magnética, termômetro de mercúrio e bécher. Observou-se que à 72°C começa a turvar, à 75°C está completamente turvo. Quando volta a temperatura ambiente, volta a ficar límpida (Winsor IV).

Conclusões

O aumento da concentração de argila provocou o aumento da viscosidade, onde na concentração de 6lb/bbl o viscosímetro atingiu seu limite máximo de leitura e não foi possível obter um resultado

consistente de viscosidade, à essa mesma concentração foi obtido o melhor resultado de volume de filtrado que foi em torno de 6mL tanto para o fluido formulado com a Micro 1 quanto para o fluido formulado com água. A adição de 5lb/bbl da fibra de coco reduziu 54,5% o volume de filtrado dos fluidos formulados a base de microemulsão, e apenas 13,11% para os fluidos formulados com água, mostrando que a presença da interação fibra-micro foi essencial para a redução do volume de filtrado. Portanto, fluidos a base de sistemas microemulsionados com fibra de coco, são uma opção viável no combate a perda de circulação. A partir desses resultados estamos estudando a possibilidade do uso de um novo material que atue juntamente com o polímero permitindo a gelificação in situ, isto é, a gelificação do fluido no local da perda de circulação. Esse estudo está em andamento e serão nossos próximos testes.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por dar energia e ferramentas para concluir este trabalho.

Agradeço ao Coordenador Osvaldo por toda dedicação na sua função e suporte dado aos seus bolsistas.

Agradeço aos meus orientadores por toda ajuda e orientação durante esse tempo de iniciação científica.

Agradeço a ANP pelo suporte financeiro e por acreditar no nosso programa.

À meus pais por todo suporte emocional e incentivos durante a minha caminhada acadêmica.

E por fim agradeço a UFRN pelo ambiente oferecido para exercermos nosso papel de pesquisador.

Referências Bibliográficas

ALSABAGH, A. M. et al. Investigation of some locally water-soluble natural polymers as circulation loss control agents during oil fields drilling. **Egyptian Journal of Petroleum**, v. 23, n. 1, p. 27–34, 2014.

AMOCO. Drilling Fluids Manual. 1994.

JAVERI, S. M.; HAINDADE, Z. W.; JERE, C. B. Mitigating Loss Circulation and Differential Sticking Problems Using Silicon Nanoparticles. **SPE/IADC Middle East Drilling Technology Conference and Exhibition**, 2011.

MACHADO, J. C. V. **Reologia e escoamento dos fluidos: ênfase na indústria do petróleo**. [s.l.: s.n.].

THOMAS, J. E. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**, 2001.

WALDMANN, A. T. A. et al. Avaliação em campo de possíveis soluções para o combate a perda de circulação. **VI Encontro Nacional de Hidráulica de Poços de Petróleo e Gás - ENAPE, 2015**, 2015.