

ESTUDO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO E DO COEFICIENTE DE LUBRICIDADE DE FLUIDOS HIDROARGILOSOS

Kássie Vieira Farias¹; Melquesedek da Silva Pereira²; Aline Raquel Vieira Silva² Luciana Viana Amorim³ & Heber Carlos Ferreira⁴

Resumo – O objetivo deste trabalho é estudar o comportamento reológico e as propriedades lubrificantes de fluidos de perfuração à base de água e argilas bentoníticas. Foram selecionadas três amostras de argilas bentoníticas policatiônicas, provenientes da Paraíba. As argilas foram estudadas individualmente e na forma de misturas, sendo definidas cinco composições binárias e duas composições ternárias. Inicialmente, as argilas individuais e as composições foram transformadas em sódicas por meio do tratamento com solução concentrada de NaCO₃ e foram preparados os fluidos de perfuração. Foi realizado o estudo do comportamento reológico, das propriedades de filtração e das propriedades lubrificantes, por meio da determinação das curvas de fluxo, das viscosidades aparente e plástica, do limite de escoamento, do gel inicial e final, do volume de filtrado e do coeficiente de lubricidade. Os resultados mostraram que: i) os fluidos, dependendo da composição da mistura das argilas, apresentam comportamentos binghamiano e pseudoplástico com limite de escoamento; ii) dentre as sete composições de argila estudadas, três conferem aos fluidos viscosidades aparente e plástica e volume de filtrado de acordo com as especificações da Petrobras para uso na perfuração de poços de petróleo e iii) os coeficientes de lubricidade encontram-se de acordo com o esperado para fluidos hidroargilosos.

Abstract – The aim of this work is to study the rheological behavior and the lubricity properties of the water and bentonite clays base drilling fluids. Three samples of polycationic bentonite clay were studied, from Paraíba state. The samples of clays were studied individually and in the mixtures form and were defined five binary compositions and two ternary compositions. Initially, the individual clays and the compositions were transformed into sodium bentonite clays by treatment with a NaCO₃ solution of were prepared the drilling fluids. The rheological behavior study, the filtration properties study and lubricity properties study were done by means of the determination of the flow curves, of apparent and plastic viscosities, the limit of draining, the initial and end gel, the water loss and the lubricity coefficient. The results have showed that: i) the fluids, depending of the composition of the mixture clays, present bingham and pseudoplastic with draining limit behaviors; ii) among the seven compositions clay studied, three confer to fluid apparent and plastic viscosities and water loss in accordance with the Petrobras specifications for use in the oil wells perforation and iii) the lubricity coefficients are in accordance with one for water and clay base drilling fluids.

Palavras-Chave – comportamento reológico, propriedades lubrificantes e fluidos hidroargilosos.

¹ Doutorado Engenharia de Processos/ PRH-25/ ANP/ CCT/ UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882, 58109-970, Campina Grande –PB, Fone: 83-3310-1106, kassievieira@hotmail.com

² Graduação em Engenharia de Materiais, UAEMA/ CCT/ UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882, 58109-970, Campina Grande –PB, Fone: 83-3310-1180, melqueufcg@hotmail.com, alineraquelvs@hotmail.com

³ Pesquisadora Visitante Av. Aprígio Veloso, 882, 58109-970, Campina Grande –PB, Fone: 83-3310-1106, luciana@cct.ufcg.edu.br

⁴ Professor UAEMA/ CCT/ UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882, 58109-970, Campina Grande –PB, Fone: 83-3310-1180, heber@dema.ufcg.edu.br.

INTRODUÇÃO

Os fluidos de perfuração, também chamados de lamas, podem ser conceituados como composições frequentemente líquidas destinadas a auxiliar o processo de perfuração de poços de petróleo, poços tubulares e operações de sondagem (Amorim, 2003). São indispensáveis durante as atividades de perfuração, pois desempenham uma série de funções essenciais, dentre elas: resfriar e lubrificar a broca de perfuração; reduzir o atrito entre a coluna de perfuração e as paredes do poço e formar um filme de baixa permeabilidade (reboco) nas paredes do poço (Darley e Gray, 1988). O desempenho destas funções depende diretamente das propriedades dos fluidos, ou seja, densidade, viscosidade, consistência de gel, controle de filtrado e reboco, inibição das argilas hidratáveis e habilidade lubrificante.

A Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), antigo Campus II da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), vem estudando fluidos de perfuração à base de água e argilas bentoníticas desde a década de 1980. Estudos envolvendo o efeito de aditivos poliméricos, a exemplo do carboximetilcelulose (CMC), em fluidos de perfuração hidroargilosos foram iniciados em 1991 (Accioly, 1994 e Pedroso, 1991). Em 2002, Amorim (2003), iniciou estudos com o objetivo de avaliar os efeitos da aditivização polimérica, sua ação protetora e de recuperação em fluidos hidroargilosos contaminados com cloretos de cálcio e magnésio. Essa linha de pesquisa foi motivada pelos problemas de contaminação de fluidos frequentemente enfrentados nas plataformas de perfuração de poços de petróleo. A partir daí, diversos trabalhos foram desenvolvidos utilizando diferentes variedades de argilas bentoníticas provenientes das jazidas do Município de Boa Vista, PB, e CMCs com diferentes graus de viscosidade (Amorim, 2003), bem como fluidos com diferentes graus de contaminação (Barbosa, 2004). Subseqüente a essas pesquisas, foram desenvolvidos trabalhos com o objetivo de dimensionar misturas de argilas bentoníticas de Boa Vista, PB (composições binárias e ternárias) visando seu uso como agente viscosificante e tixotrópico em fluidos de perfuração (Viana, 2006 e Campos, 2006) e investigar a influência da adição de polímeros celulósicos e não-celulósicos, isolados e em composições binárias e ternárias, visando a melhoria/otimização das propriedades reológicas e de filtração dos fluidos hidroargilosos (Barboza, 2006).

Em andamento, encontram-se os estudos sobre os efeitos de aditivos poliméricos celulósicos no coeficiente de lubricidade de fluidos de perfuração preparados com argilas bentoníticas de Boa Vista, PB (Pereira, 2007).

Além das propriedades reológicas e de filtração mencionadas anteriormente, as características lubrificantes dos fluidos têm especial importância na perfuração de poços, visto que há um desgaste

inevitável das partes mecânicas provocado pelo torque e arraste da coluna de perfuração e o seu contato com as paredes da formação que estão perfuradas.

Segundo Gomes (2005), a lubricidade é um termo qualitativo que descreve a habilidade de um fluido em evitar a fricção e o desgaste entre superfícies em movimento relativo a cargas. Quando um fluido não apresenta lubricidade adequada, sua capacidade de diminuir o atrito entre as superfícies em contato é prejudicada. Isto é crítico, por exemplo, no caso de bombas rotativas, pois seus componentes internos são lubrificados pelo próprio fluido.

Os fluidos de perfuração que apresentam características lubrificantes podem proporcionar vários benefícios nas operações de perfuração, como: aumentar a vida útil das brocas, aumentar a taxa de perfuração, reduzir o torque, aumentar a estabilidade do poço, diminuir a aderência dos detritos à broca evitando o encerramento e auxiliar no controle de temperatura. Segundo Argilier et al (1996), o atrito entre a broca e as paredes do poço pode ser grande o suficiente para interferir no movimento da broca dentro do poço, mudando a sua trajetória, bem como diminuir as taxas de penetração.

Diante da importância das propriedades lubrificantes dos fluidos de perfuração nas operações de perfuração, surge a necessidade de avaliar a habilidade lubrificante de fluidos hidroargilosos e amplamente empregados na indústria de poços artesianos e de petróleo.

Com isso, esse trabalho tem como objetivo estudar o comportamento reológico, de filtração e a capacidade lubrificante de fluidos de perfuração à base de água e argilas bentoníticas da Paraíba.

MATERIAIS

Argilas Bentoníticas

Foram estudadas três amostras de argilas bentoníticas naturalmente policatiônica de coloração diferente, denominadas de Bofe, Verde-lodo e Chocolate, provenientes da Mina Bravo, localizada no município de Boa Vista, PB. Com essas argilas foram preparadas composições binárias e ternárias escolhidas a partir de estudos realizados por Viana (2006) e Campos (2006). As composições escolhidas para o desenvolvimento deste trabalho estão apresentadas na Tabela 1. As composições foram tratadas com solução concentrada de carbonato de sódio (Na_2CO_3) na concentração de 75 meq/100 g de argila seca visando sua transformação em sódica.

Tabela 1. Composições binárias e ternárias de argilas bentoníticas.

Composição	Bofe (%)	Verde-lodo (%)	Chocolate (%)
A*	25,0	75,0	0
B*	33,3	66,7	0
C*	50,0	50,0	0
D*	75,0	25,0	0
E**	50,0	0	50,0
F**	33,3	33,3	33,3
G**	66,7	16,6	16,6

* Viana (2006) ** Campos (2006)

METODOLOGIA

Preparação dos Fluidos de Perfuração

Os fluidos de perfuração hidroargilosos foram preparados segundo a norma N-2605 (Petrobras, 1998a), que consiste em adicionar 24,3 g de argila, correspondente a 4,86% em massa, em 500 mL de água deionizada e agitar durante 20 min a uma velocidade entre de 17000 rpm, em agitador mecânico da marca Hamilton Beach, modelo 936. A seguir, o fluido permanece em repouso durante 24 h em câmara úmida com 100% de umidade relativa.

Estudo Reológico e Determinação do Volume do Filtrado

Para o estudo reológico, o fluido, após 24 h de repouso, foi agitado durante 5 min em agitador mecânico Hamilton Beach modelo 936 na velocidade de 17000 rpm. Em seguida, o fluido foi transferido para o recipiente do viscosímetro Fann modelo 35 A com combinação R1 B1 e mola de torção F1, sendo R1 o raio do cilindro externo e B1 o raio do cilindro interno do viscosímetro com valores de 1,8415 cm e 1,7245 cm respectivamente. F1 é a constante da mola com valor igual a 1 (Machado, 2002). Neste equipamento, seis valores de torque foram lidos com taxas de cisalhamento variando de 5,1 a 1022 s⁻¹. O equipamento foi acionado na velocidade de 600 rpm durante 2 min e efetuado a leitura. Logo após, a velocidade foi mudada para 300 rpm e efetuada a leitura após 15 seg. Em seguida, mudou-se a velocidade para 200 rpm e esperou-se estabilizar para efetuar a leitura. O mesmo procedimento foi utilizado para as velocidades de 100 rpm, 6 rpm e 3 rpm. Com os dados de leitura e após tratamento matemático, foram traçadas as curvas de fluxo (tensão de cisalhamento x taxa de cisalhamento) dos fluidos estudados.

Para obtenção da força gel inicial, agitou-se o fluido na velocidade de 600 rpm durante 15 seg, mudou-se a velocidade para 3 rpm e deixou o fluido em repouso durante 10 seg e fez-se a leitura obtendo o valor da força gel inicial. Em seguida, para a obtenção da força gel final, o fluido foi deixado em repouso durante 10 min e efetuada a leitura na velocidade de 3 rpm.

As viscosidades aparente e plástica e o volume do filtrado foram obtidos segundo a norma N-2605 (Petrobras, 1998a). A viscosidade aparente (VA) é o valor obtido na leitura a 600 rpm dividido por 2, dada em cP, e a viscosidade plástica (VP) é a diferença das leituras obtidas a 600 rpm e a 300 rpm, dada também em cP. O volume do filtrado (VF) foi determinado em filtro prensa da marca Fann, com aplicação de uma pressão da ordem de 7,0 kgf/cm² (100 psi) durante 30 minutos. Os resultados são expressos em mL.

Coefficiente de Lubricidade

O coeficiente de lubricidade dos fluidos hidroargilosos foi determinado em lubrificímetro OFITE (*EP-Lubricity Tester*) de acordo com a metodologia do fabricante, que consiste em adicionar o fluido ao recipiente do lubrificímetro e acionar a uma rotação inicial de 60 rpm, torque 0 e aplicar uma força de 150 in/lb por 5 min, efetuar a leitura e obter o valor do coeficiente de lubricidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1, 2 e 3 estão apresentadas as curvas de fluxo dos fluidos de perfuração estudados. As mesmas foram obtidas após tratamento matemático com a média das leituras L600, L300, L200, L100, L6 e L3 e a partir das equações matemáticas que melhor representaram o comportamento reológico dos fluidos.

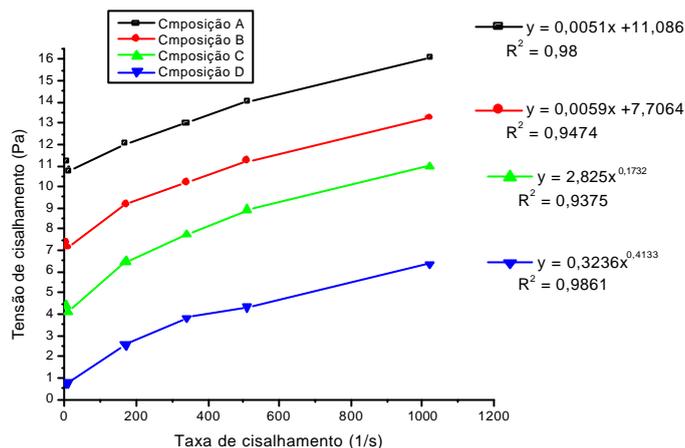


Figura 1. Curvas de fluxo dos fluidos de perfuração preparados com as composições binárias A, B, C e D.

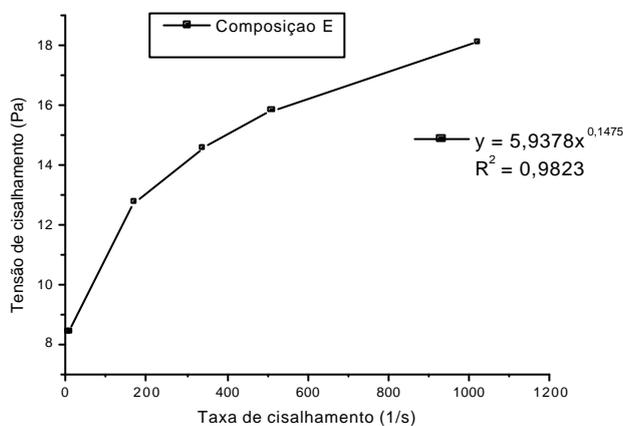


Figura 2. Curva de fluxo do fluido de perfuração preparado com a composição binária E.

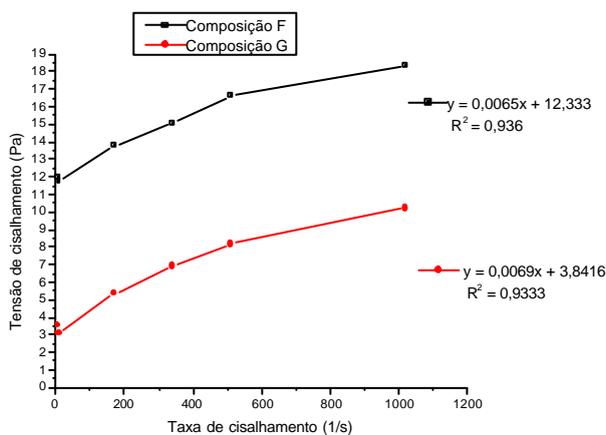


Figura 3. Curvas de fluxos dos fluidos de perfuração preparados com as composições ternárias F e G.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores de viscosidade plástica (VP) e do limite de escoamento (LE) dos fluidos preparados com as composições A, B, F e G, que apresentaram comportamento binghamiano, obtidos a partir das equações apresentadas nas Figuras 1 e 3.

Tabela 2. Viscosidade plástica e limite de escoamento obtidos a partir das equações apresentadas nas Figuras 1 e 3.

	Composição			
	A	B	F	G
VP (cP)	5,1	5,9	6,5	6,9
LE (N/m ²)	11,1	7,7	12,3	3,8

A análise dos gráficos (Figuras 1, 2 e 3) mostra que os fluidos preparados com as composições A, B, F e G apresentam comportamento binghamiano, enquanto que os fluidos preparados com as composições C, D e E apresentam comportamento pseudoplástico com limite de escoamento (modelo de potência).

Os coeficientes de correlação R^2 , apresentados nas Figuras 1, 2 e 3, medem a associação entre as variáveis quantitativas. Isto é, uma medida que julga o quanto a nuvem de pontos do gráfico de dispersão aproxima-se de uma curva. Como no caso de variáveis qualitativas, essa medida irá assumir valores de -1 a 1; quanto mais próximo de 1, ou de -1, mais os dados aproximam-se da curva (Bussab & Morettin, 1987). Em outras palavras, se traçadas duas curvas com a mesma nuvem de pontos, a curva que apresentará a melhor correlação com os pontos, será o que apresentar o valor de R^2 mais próximo de 1 ou de -1. Os valores de R^2 obtidos foram todos próximo de 1, o que indica uma boa correlação.

Considerando a equação geral do modelo de potência, como: $y = kx^n$, a análise do parâmetro n indica o quanto o comportamento de fluxo do fluido afasta-se ou aproxima-se do modelo newtoniano. O parâmetro k , por sua vez, indica a consistência do fluido; quanto mais elevado o seu valor, maior a resistência do fluido ao escoamento, ou seja, maior a viscosidade do fluido.

A Tabela 3 apresenta os valores dos parâmetros n e k obtidos das equações das curvas de fluxos dos fluidos que apresentaram comportamento pseudoplástico.

Tabela 3. Parâmetro n e índice de consistência (k) dos fluidos pseudoplásticos.

	Composição		
	C	D	E
n	0,173	0,413	0,148
k	2,825	0,324	5,938

A análise da Tabela 3 indica que os fluidos de perfuração preparados com as composições C, D e E apresentaram valores de n diferentes de 1, ou seja, os fluidos não se aproximaram do comportamento newtoniano. No entanto, o que apresenta um maior valor de resistência ao escoamento é o fluido preparado com a composição E, ou seja, apresenta uma maior viscosidade.

Analisando conjuntamente os resultados dos fluidos de perfuração preparados com as composições binárias A, B, C e D a partir das curvas de fluxo representadas na Figura 1, observa-se que a adição da argila denominada de Bofe resultou em uma mudança de comportamento dos fluidos, de binghamiano para pseudoplástico com limite de escoamento. Além disto, a adição da argila Bofe resultou em uma redução nos valores de V_A , LE , G_o e G_f . Este comportamento favorece a defloculação dos fluidos. Este fenômeno também pode ser comprovado pela análise das composições ternárias F e G, porém com uma menor intensidade.

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados do estudo do comportamento reológico, da propriedade de filtração e do coeficiente de lubrificidade dos fluidos preparados com as composições binárias e ternárias apresentadas na Tabela 1.

A partir da Tabela 4, observa-se que o gel inicial (G_o) e final (G_f) sofreram variações significativas com a composição dos fluidos hidroargilosos. O G_o variou de 1,0, para o fluido preparado a partir da composição binária D, a 23,5, para o fluido preparado a partir da composição ternária F. O G_f variou de 4,5, para o fluido preparado a partir da composição binária D, a 28,8, para o fluido preparado a partir da composição ternária F. Os fluidos preparados a partir das composições A, E e F apresentaram valores de viscosidade aparente (V_A) de acordo com a especificação da Petrobras (1998b), ou seja, superior a 15,0 cP. Apenas o fluido preparado a partir da composição A não apresentou viscosidade plástica de acordo com a especificação da Petrobras (1998b), mas se aproximou muito do valor especificado, que é de no mínimo 4,0 cP. Apenas os fluidos preparados a partir das composições D e G apresentaram valores de limite de escoamento de acordo com a especificação da Petrobras (1998b). Apenas o fluido preparado a partir da composição binária D não apresentou volume de filtrado de acordo com a especificação da Petrobras (1998b), porém o valor foi de 18,4 mL, muito próximo do valor máximo especificado, que é de 18,0 mL.

Tabela 4. Propriedade reológicas, de filtração e de lubrificidade dos fluidos de perfuração preparados com as composições estudadas.

Composição	VA (cP)	VP (cP)	LE (N/m ²)	G _O	G _F	VF (mL)	CL
A	15,4	3,8	11,7	22,3	26,8	15,3	0,50
B	13,0	4,0	9,0	15,0	19,0	15,9	0,50
C	10,8	4,0	6,8	9,0	12,8	15,8	0,51
D	6,2	4,0	2,3	1,0	4,5	18,4	0,49
E	17,9	5,0	12,9	16,8	27,0	13,3	0,52
F	18,3	4,0	14,5	23,5	28,8	13,1	0,50
G	9,8	4,3	5,6	6,8	9,5	15,1	0,53
Especificações (Petrobras, 1998b)	= 15,0	= 4,0	= 1,5 x VP	-	-	= 18,0	-

Sendo: G_O – gel inicial, G_F – gel final, VA – viscosidade aparente, VP – viscosidade plástica, VF – volume de filtrado e CL – coeficiente de lubrificidade.

Comparando os valores de viscosidade plástica (VP) e limite de escoamento (LE) obtidos a partir do estudo reológico apresentados na Tabela 4, com os valores obtidos a partir das curvas de fluxo apresentados na Tabela 3, observa-se que os valores foram próximos, apresentando uma pequena variação decorrente, provavelmente, da aproximação matemática.

Os coeficientes de lubrificidade (CL) de todos os fluidos estudados foram próximo de 0,50, valor considerado elevado. Esse comportamento mostra que a argila bentonítica não contribui para a melhoria da lubrificidade de fluidos à base de água. É importante ressaltar que o CL obtido com a água deionizada, utilizada no preparo dos fluidos, é de aproximadamente 0,32, inferior ao apresentado pelos fluidos hidroargilosos.

Darley e Gray (1988) apresentaram resultados de coeficiente de lubrificidade de fluidos hidroargilosos preparados com argila bentonítica. Com uma concentração de bentonita de aproximadamente 4,29% em massa, os fluidos hidroargilosos apresentaram CL de 0,44, o que confirma a confiabilidade dos resultados obtidos com esse trabalho, em que os fluidos foram preparados com uma concentração de 4,86% em massa de argila e apresentaram CL próximos de 0,50.

Uma análise conjunta dos resultados mostra que fluidos à base de água e argilas bentoníticas da Paraíba apresentam comportamento de fluidos binghamiano ou pseudoplástico com limite de escoamento, dependendo do tipo de argila utilizada em seu preparo. Os fluidos contendo em sua composição maior quantidade da argila Bofe apresenta menores valores de viscosidade, ou seja, menor grau de floculação ou maior grau de defloculação. Esse comportamento confirma estudos

realizados por Amorim (2003). O coeficiente de lubricidade dos fluidos foram próximos de 0,50, também característicos de fluidos hidroargilosos.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos a partir do estudo reológico, de filtração e de lubricidade dos fluidos preparados com as composições binárias (A, B, C, D) e terciárias (E, F e G) concluiu-se que:

- os fluidos de composição A, B, F e G são fluidos binghamianos, enquanto que os fluidos de composição C, D e E são fluidos pseudoplásticos com limite de escoamento (modelo de potência);
- observa-se que a adição da argila denominada Bofe resultou em uma mudança de comportamento dos fluidos preparados com as composições binárias (constituídos pelas argilas Bofe e Verde-lodo), de binghamiano para pseudoplástico com limite de escoamento
- a adição da argila denominada Bofe resultou em uma redução nas propriedades reológicas e de filtração dos fluidos;
- apenas os fluidos preparados a partir das composições A, E e F apresentam viscosidade aparente e plástica e volume de filtrado de acordo com as especificações da Petrobras (1998b);
- os fluidos preparados com as composições B, C e G apresentam os valores da viscosidade plástica e do volume de filtrado de acordo com as especificações da Petrobras (1998b), mas os valores da viscosidade aparente estão abaixo do valor especificado e
- todos os fluidos apresentaram coeficientes de lubricidade elevados, característicos de fluidos hidroargilosos.

Em resumo, esse trabalho mostra que fluidos hidroargilosos, obtidos a partir de argilas bentoníticas da Paraíba apresentam comportamento de fluidos binghamianos ou pseudoplásticos, dependendo do tipo e concentração de argila utilizada em seu preparo, bem como que a argila bentonítica não serve para melhorar o poder de lubricidade de fluidos à base de água. Desta forma, sugere-se o uso de agentes lubrificantes na formulação de fluidos hidroargilosos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Agência Nacional do Petróleo - ANP, à FINEP, ao CTBRASIL, ao CTPETRO e ao CNPq pelo apoio financeiro, à Empresa System Mud Indústria e Comércio Ltda. pelo fornecimento dos aditivos estudados e ao LABDES pelo uso de suas instalações físicas.

BIBLIOGRAFIA

ACCIOLY, C.V., *Uso de Argilas Esmectíticas em Lamas para Execução de Paredes de Diafragma*. Dissertação de Mestrado, DEC/UFPB, Campina Grande, PB, 1994. Orientador: Prof. Heber Carlos Ferreira.

AMORIM, L.V., *Melhoria, Proteção e Recuperação da Reologia de Fluidos Hidroargilosos para Uso na Perfuração de Poços de Petróleo*, Tese de Doutorado em Engenharia de Processos, UFCG, Campina Grande, PB, dezembro de 2003. Orientadores: Profs. Heber Carlos Ferreira, Hélio de Lucena Lira e Kepler Borges França.

ARGILLIER, J.F., AUDIBERT, A., JANSSEN, M., DEMOULIN, A., *Development of a New Non-Polluting Ester Based Lubricant for Water Based Mud: Laboratory and Field Tests Results*, 1996.

BARBOSA, M.I.R., *Proteção e Reabilitação de Fluidos Hidroargilosos*, Relatório de Estágio Integrado, DEMa/CCT/UFCG, julho de 2004.

BARBOZA, K.R.A., *Estudo de Compostos Poliméricos para Uso em Fluidos Hidroargilosos*, Relatório Parcial do PIBIC, DEMa/UFCG, fevereiro de 2006. Orientador: Profa. Luciana Viana Amorim.

BUSSAB, W.O. & MORETTIN, P.A., *Estatística Básica*, 4. ed, São Paulo, 1987.

CAMPOS, L.F.A., *Reologia de Misturas de Esmectitas Tratadas com Aditivos Primários e Secundários para Obtenção de Fluidos de Perfuração*, Qualificação de Doutorado em Engenharia de Processos, UFCG, Campina Grande, PB, fevereiro de 2006. Orientadores: Profs. Heber Carlos Ferreira e Luciana Viana Amorim.

DARLEY, H.C.H. e GRAY, G.R., *Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids*, Fifth Edition, Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 1988.

GOMES, H.O., Filho, J.F.O., *Metodologia de Avaliação da Lubricidade de Óleo Diesel*, In: Encontro para a Qualidade de Laboratórios, junho de 2005, São Paulo.

MACHADO J. C. V., *Reologia e Escoamento de Fluidos*. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2002.

PEDROSO, M.A.S., *Modificações de Propriedades Reológicas de Dispersões de Argilas Esmectíticas Sódicas*, Dissertação de Mestrado, DEQ/UFPB, Campina Grande, PB, 1991.

Orientador: Prof. Heber Carlos Ferreira.

PEREIRA, M.S., *Efeito de Aditivos Poliméricos no Coeficiente de Lubricidade de Fluidos Hidroargilosos*, Relatório Parcial do PIBIC, UAEMa/UFCG, fevereiro de 2007. Orientador: Profa.

Luciana Viana Amorim.

PETROBRAS, *Argila Ativada para Fluido de Perfuração à Base de Água na Exploração e Produção de Petróleo*, Método, N-2605, 1998a.

PETROBRAS, *Viscosificante para Fluido de Perfuração Base de Água na Exploração e Produção de Petróleo*, Método N-2605, 1998b.

VIANA, J.D., *Estudo de Diferentes Processos de Troca de Cátions em Composições Binárias de Argilas Bentoníticas*, Dissertação de Mestrado, PPGCEMat, UFCG, Campina Grande, PB, fevereiro de 2006. Orientadores: Profs. Heber Carlos Ferreira e Luciana Viana Amorim