



POLIMERO ADICIONADO À LAMA QUE DIMINUI O TEMPO DE PERFURAÇÃO

Guillermo Ruperto Martín-Cortés^{1,2}; Fabio José Esper^{1,3}; Jofer Miziara Nogueira¹; Francisco Rolando Valenzuela-Díaz¹.

¹ PMT-EPUSP - Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, germac@usp.br; frvdiaz@usp.br

² Centro Universitário Estácio Radial de São Paulo, Unidade Vila dos Remédios, São Paulo, SP – germac@usp.br; fabio.esper@usp.br; jofe1987@hotmail.com

³ Centro Universitário Faculdades Metropolitanas Unidas - FMU, Campus Liberdade - Brigadeiro, São Paulo, SP – germac@usp.br; fabio.esper@usp.br

RESUMO

Hoje, a perfuração de poços de petróleo procura utilizar, cada vez mais, novas técnicas procurando aumentar a produtividade da atividade de perfuração e durante a extração dos hidrocarbonetos facilitar a maior produtividade extractiva das formações do reservatório. Cada dia se utiliza mais a perfuração horizontal se orientando no seu avanço através da própria formação geológica do reservatório, técnica que aumenta a área de contato entre o poço produtor e a rocha reservatório. No entanto, obter altas velocidades de perfuração implicam enfrentar e resolver um certo número de problemas, incluindo entre eles o atrito entre a broca e a formação rochosa. O presente artigo apresenta os resultados obtidos durante ensaios e estudos preliminares, nos quais foram adicionados certos polímeros com o intuito de diminuir esse atrito. Entre os resultados mais interessantes se demonstra como a velocidade de perfuração e a eficiência da broca foram aumentadas. Isso significa aumentar o rendimento físico das brocas de perfuração, que são ferramentas caras, e também, diminuir os tempos reais de perfuração com os benefícios consequentes de diminuição de custos e disponibilidade mais rápida de reservas de hidrocarbonetos.

1. INTRODUÇÃO

A perfuração é a única técnica que demonstra a existência de acumulações de hidrocarbonetos, conhecidas como reservatórios de petróleo e gás, e acessá-los para extrair as suas reservas, depois de inferidas por trabalhos indiretos de prospecção geólogo- geofísica.

Em princípio, a escavação do poço de perfuração é realizada pela broca diretamente na rocha, que além disso suporta o peso da coluna de perfuração, mais a pressão hidráulica adicional exercida desde a torre de perfuração com o objetivo de fazer avançar o furo com a maior velocidade possível. Isto é, a broca

deve ser capaz de resistir todo o peso da soma resultante das pressões citadas e ainda superar a resistência oferecida pela rocha. Todo esse esforço é convertido no aumento da temperatura e da abrasão de toda a ferramenta de corte. Fica claro que a velocidade de avanço da perfuração irá depender da eficácia da ferramenta de corte.

Para facilitar as operações de perfuração, utiliza-se diferentes tipos fluidos de perfuração para as diferentes situações técnicas que se enfrentam continuamente nesses trabalhos. Há fluidos de perfuração base água, há fluidos de perfuração base óleo e até fluidos de perfuração base gás. O



sucesso da perfuração vai depender da correta seleção do tipo de fluido pelo tipo de operações em andamento e da geologia das formações rochosas que serão atravessadas pelo poço de perfuração. Claro que também influirá nos resultados o desempenho de fluidos de perfuração, o que, por sua vez, é determinado de acordo com as funções que deve exercer todo bom fluido de perfuração, e que são: a) arrefecer e lubrificar a broca de perfuração, b) conseguindo com isso a redução do atrito entre a coluna de perfuração e as paredes do poço durante o avanço da ferramenta de perfuração, c) manter o poço aberto para facilitar o transporte dos fragmentos da rocha triturada para a superfície, d) permitir a separação destes fragmentos na estação de tratamento da lama na superfície, e finalmente, e) formar uma película de baixa permeabilidade (reboco) nas paredes do poço que protege as paredes contra a possibilidade de desmoronamentos (Darley & Gray, 1988).

Este documento centra-se na obtenção de informação preliminar, suficiente para que sirva como embasamento de um futuro projecto de pesquisa bem mais detalhado e pormenorizado, com o objetivo de aumentar a eficiência dos fluidos de perfuração base óleo através da adição de certo tipo de polímero em proporções diferentes. Os propósitos dessa adição de polímero à lama de perfuração base óleo são: primeiro, aumentar a velocidade de avanço da ferramenta de perfuração dentro da formação rochosa para reduzir o tempo de perfuração e segundo, aumentar o rendimento de cada broca ou a sua vida útil com o conseqüente benefício de redução do custo de perfuração.

Outros trabalhos de pesquisa experimentaram adicionar polímeros nos fluidos de perfuração com o objetivo de melhorar a viscosidade do fluido ou melhorar a recuperação de petróleo [GP

Karmarkar & Chandrima Chakraborty, 2006].

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.2. Materiais

Para desenvolver os ensaios do estudo, foram utilizados os seguintes materiais:

1. Furadeira de bancada da marca Ferrari fornecida por ESPER LTDA. (Fig. 1)
2. Broca de concreto 10 milímetros de diâmetro, fornecida por ESPER LTDA. (Fig. 1)
3. Termômetro digital laser infravermelho fornecido por ESPER LTDA. (Fig. 2)
4. Paquímetro digital fornecido por ESPER Ltda. (Fig. 2)
5. Cronômetro digital facilitado pelo laboratório de engenharia de petróleo de PMI-EPUSP – Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. (Fig. 2)
6. Polímero fornecido por ESPER LTDA. em quantidades acordes com os parâmetros de utilização previamente acordados.
7. Um bloco de rocha do tipo Xisto micáceo fornecido por ESPER Ltda.
8. Óleo mineral SAE 50W fornecido por ESPER Ltda. para fins de ser utilizado como fluido de perfuração.
9. Balança de precisão fornecida pelo laboratório de óleo de PMI-EPUSP - Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
10. Tubo de alumínio para extensão de palanca na furadeira de bancada fornecido por ESPER Ltda.
11. Duas massas metálicas padrões de 5 kg fornecidas por ESPER Ltda.



Figura 1: Furadeira de bancada com alavanca modificada pela extensão e adição de duas massas de aço com peso total constante de 10 kg procurando exercer a mesma pressão uniforme em todos os furos.

2.2. Métodos

Antes de iniciar os ensaios de perfuração, devido a que, o polímero em questão é solúvel em óleo, foram preparados quatro tipos diferentes de "fluidos de perfuração" nas proporções de: 0,5%, 1,0%, 3,0% e 5,0% do polímero em solução com o óleo mineral. Para acelerar a dissolução, o óleo foi aquecido a 90 ° C e o polímero foi fraturado em pedaços pequenos.

Os dois pesos 5 kg foram fixados em um tubo de alumínio (Fig. 1), a fim de determinar uma força constante sobre cada uma das perfurações. Antes de realizar cada perfuração, um orifício piloto era feito por dois segundos, sem fluido de perfuração. O objetivo deste orifício piloto era impedir que a broca escorregara lateralmente sobre a superfície da rocha antes de começar a perfurar a mesma.

Para poder medir e comparar em igualdade de condições, a profundidade alcançada pela broca com cada tipo de "fluido de perfuração", para cada ensaio foi estabelecido um tempo de 15 segundos de execução.

Antes de começar cada uma das perfurações, foi medida a profundidade do orifício guia com o paquímetro digital. Também, com o termômetro laser infravermelho foram medidas as temperaturas da broca, e da rocha no orifício guia.

Em cada orifício guia perfurado, foram colocados 3 ml de "fluido de perfuração". No final de cada ensaio, os mesmos parâmetros de profundidade e temperatura foram medidos da mesma maneira com a finalidade de poder comparar os resultados.



Figura 2. Termômetro digital laser infravermelho, paquímetro digital e cronômetro digital utilizado no experimento.

Seis conjuntos de ensaios foram realizados. Cada conjunto de ensaios foi repetido três vezes. Dessa maneira, foram efetuadas 18 perfurações em total, como podem ser vistas na Figura 3.

Os seis conjuntos de ensaios realizados foram executados com as composições de “fluido de perfuração” que se mostram a seguir:

1. Seco, ou seja, sem utilizar nenhum tipo de fluido de perfuração. (3 repetições);
2. Óleo mineral SAE 50W + 0.0% polímero, (3 repetições)
3. Óleo mineral SAE 50W + 0.5% polímero (3 repetições)
4. Óleo mineral SAE 50W + 1.0% polímero (3 repetições)
5. Óleo mineral SAE 50W + 3.0% polímero (3 repetições)
6. Óleo mineral SAE 50W + 5.0% polímero (3 repetições)

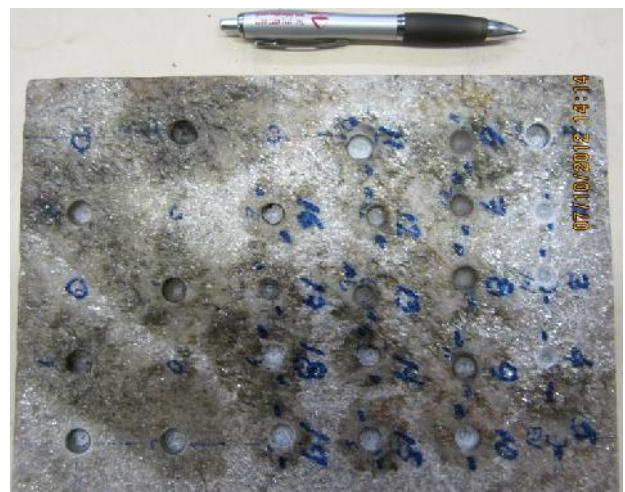


Figura 3. Conjuntos de ensaios de perfuração realizados no bloco de xisto micáceo.

3. RESULTADOS

A seguir, as tabelas 1 a 6, mostram os resultados de cada parâmetro medido para cada conjunto de ensaios, antes de efetuar a interpretação dos dados. Note-se que as temperaturas se expressam em °C, e as profundidades em cm.



Tabela 1 Conjunto dos ensaios de perfuração a seco

Parâmetro	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média
Temperatura inicial da rocha (°C)	25,0	25.2	25.7	25,3
Temperatura final da rocha (°C)	32,0	34.8	39	35,27
Temperatura inicial da broca (°C)	25.8	40.5	46.6	37,63
Temperatura final da broca (°C)	54,0	84.2	91.3	76,50
Profundidade do orifício guia (cm)	2.42	2.06	2.03	2,17
Profundidade final do orifício (cm)	2.61	2.19	2.23	2,34

Tabela 2. Conjunto dos ensaios de perfuração com “fluido de perfuração” composto por Óleo mineral SAE 50W + 0,0% polímero.

Parâmetro	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média
Temperatura inicial da rocha (°C)	21.6	22.7	24.30	22,8667
Temperatura final da rocha (°C)	32.3	42,0	33.60	35,9667
Temperatura inicial da broca (°C)	22.3	34.0	48.20	34,8333
Temperatura final da broca (°C)	34.2	54,0	65.70	51,3
Temperatura inicial do fluido (°C)	21.6	22.7	24.30	22,8667
Temperatura final do fluido (°C)	32.3	32,0	39.80	34,7
Profundidade do orifício guia (cm)	2.23	3.11	2.40	2,58
Profundidade final do orifício (cm)	2.74	3.36	2.61	2,90333

Tabela 3. Conjunto dos ensaios de perfuração com “fluido de perfuração” composto por Óleo mineral SAE 50W + 0,5% polímero.

Parâmetro	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média
Temperatura inicial da rocha (°C)	22.7	24.3	23.3	23,4333
Temperatura final da rocha (°C)	30.1	35.3	49.1	38,1667
Temperatura inicial da broca (°C)	22.7	24.3	23.3	23,4333
Temperatura final da broca (°C)	34.8	30.0	29.7	31,5000
Temperatura inicial do fluido (°C)	24.8	47.6	66.8	46,4000
Temperatura final do fluido (°C)	64.7	78.3	78.5	73,8333
Profundidade do orifício guia (cm)	2.74	2.97	3.90	3,20333
Profundidade final do orifício (cm)	2.99	3.63	5.59	4,07000

Tabela 4. Conjunto dos ensaios de perfuração com “fluido de perfuração” composto por Óleo mineral SAE 50W + 1,0% polímero.

Parâmetro	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média
Temperatura inicial da rocha (°C)	24.5	26.5	30.1	27,0333
Temperatura final da rocha (°C)	46.7	35.3	45.0	42,3333
Temperatura inicial da broca (°C)	24.5	26.5	30.1	27,0333
Temperatura final da broca (°C)	33	28.2	30.4	30,5333
Temperatura inicial do fluido (°C)	34.5	54.4	72.1	53,6667
Temperatura final do fluido (°C)	92.1	76.5	94.8	87,8000
Profundidade do orifício guia (cm)	3.73	2.02	1.48	2,41000
Profundidade final do orifício (cm)	4.54	2.45	2.16	3,05000



Tabela 5. Conjunto dos ensaios de perfuração com “fluido de perfuração” composto por Óleo mineral SAE 50W + 3,0% polímero.

Parâmetro	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média
Temperatura inicial da rocha (°C)	23.2	24.9	27.1	25,0667
Temperatura final da rocha (°C)	46.2	37.4	39.6	41,0667
Temperatura inicial da broca (°C)	23.2	24.9	27.1	25,0667
Temperatura final da broca (°C)	31.2	35.0	31.2	32,4667
Temperatura inicial do fluido (°C)	24.1	70.5	70.6	55,0667
Temperatura final do fluido (°C)	83.5	81.4	88.8	84,5667
Profundidade do orifício guia (cm)	2.24	2.59	1.80	2,21000
Profundidade final do orifício (cm)	2.86	3.18	2.77	2,93667

Nota: O óleo escureceu-se. A broca trabalhou continuamente, mas, não apresentou diferenças significativas de temperatura.

Tabela 6. Conjunto dos ensaios de perfuração com “fluido de perfuração” composto por Óleo mineral SAE 50W + 5,0% polímero.

Parâmetro	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média
Temperatura inicial da rocha (°C)	24.6	28.7	28.3	27,2000
Temperatura final da rocha (°C)	30.2	48.4	49.4	42,6667
Temperatura inicial da broca (°C)	24.6	28.7	28.3	27,2000
Temperatura final da broca (°C)	42.9	32.6	36.3	37,2667
Temperatura inicial do fluido (°C)	25.2	45.3	75.8	48,7667
Temperatura final do fluido (°C)	58.9	83.7	86.2	76,2667
Profundidade do orifício guia (cm)	1.78	2.52	2.78	2,36000
Profundidade final do orifício (cm)	2.56	3.61	3.22	3,13000

Nota: A viscosidade aparente do fluido foi alta no começo, porém baixa no final de cada ensaio.

A Tabela 7 mostra a comparação entre as médias dos parâmetros medidos nos seis conjuntos de testes de perfuração realizados. TR é a diferença entre a temperatura final e a temperatura

inicial da rocha. TB é o mesmo para a broca, TO para o fluido e, finalmente, P é a profundidade média obtida em cada conjunto de ensaios.

Tabela 7. Comparação dos resultados obtidos por conjunto de ensaios

Conjunto de ensaios	Fluido utilizado	TR (°C)	TB (°C)	TO (°C)	P (cm)
1	Seco	9,97	38,87	-----	0,173
2	0,0% Polímero	13,1	16,5	11,8	0,323
3	0,5% Polímero	14,8	8,1	27,4	0,870
4	1,0% Polímero	15,3	3,5	34,1	0,640
5	3,0% Polímero	16,0	7,4	29,5	0,730
6	5,0% Polímero	15,5	10,1	27,5	0,770

Deve-se notar que a maior profundidade alcançada foi com o “fluido de perfuração” com apenas 0,5% de polímero adicionado ao óleo SAE 50W.

Para comparação visual, a Figura 4 a seguir mostra a relação entre os diferentes parâmetros medidos durante os seis conjuntos de ensaios.

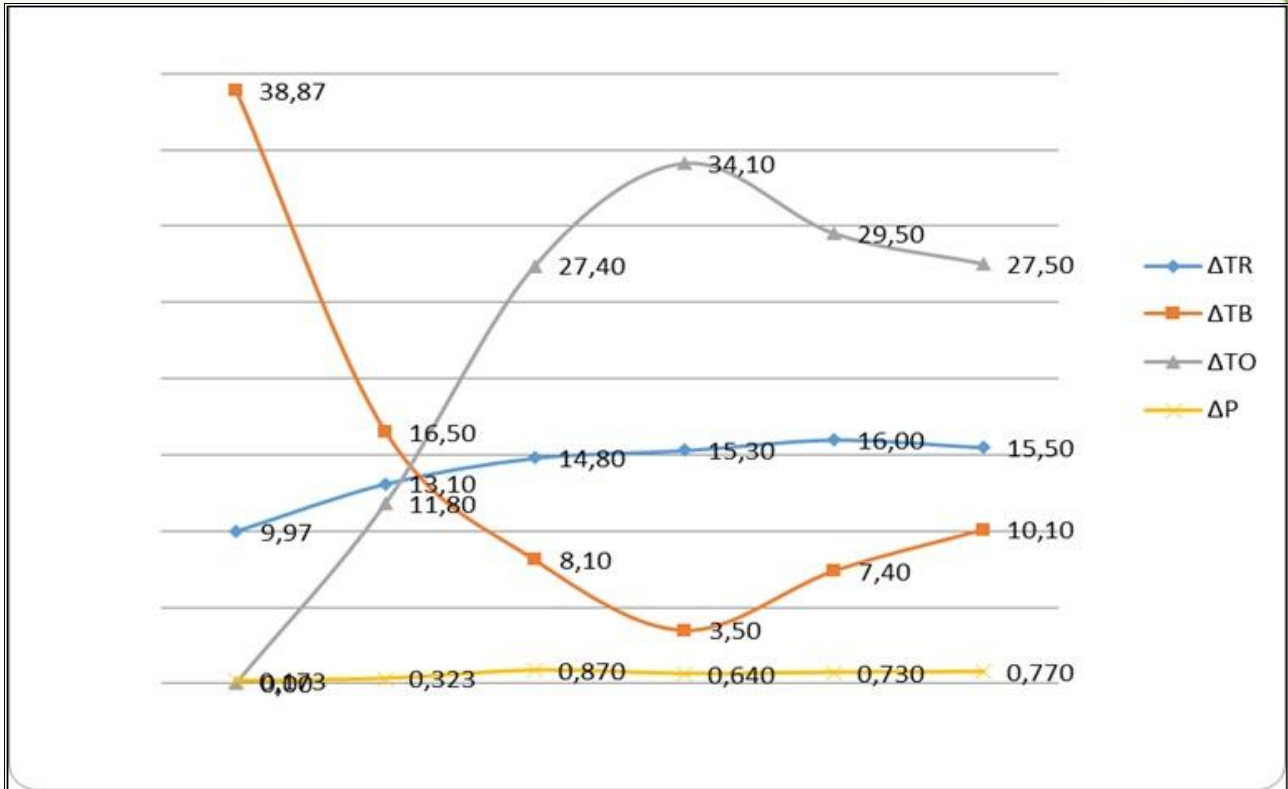


Figura 4. Relação entre os diferentes parâmetros medidos

A velocidade média foi calculada para cada um dos conjuntos de ensaios e os resultados mostram que a adição de polímero melhorou a velocidade do avanço na

profundidade da perfuração como se mostra na Figura 5.

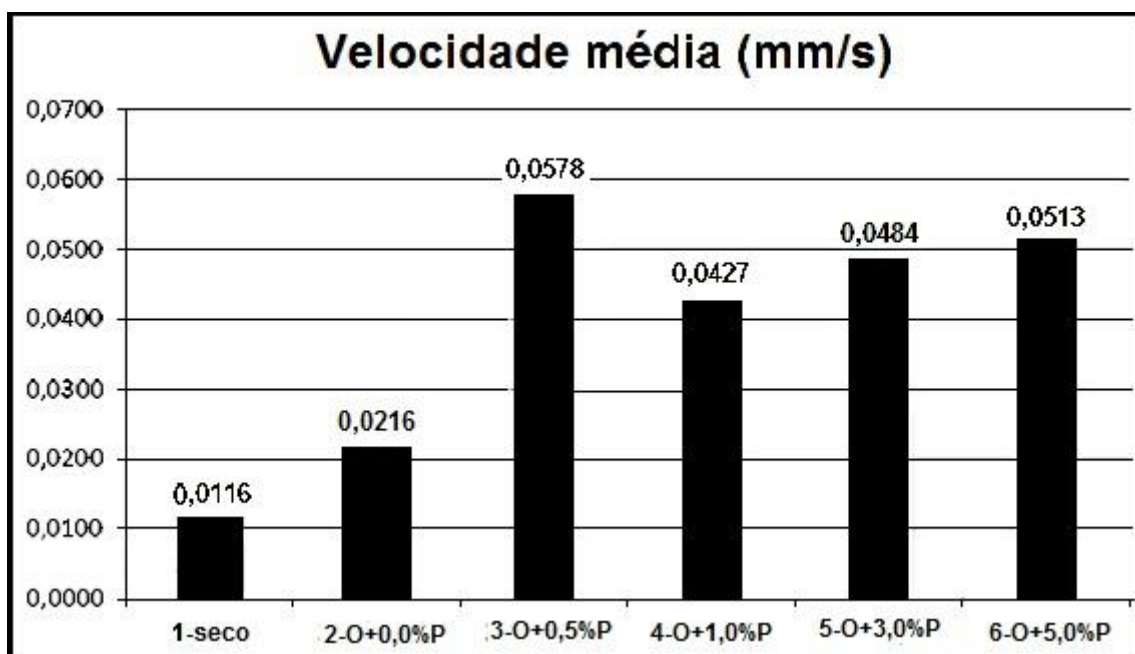


Figura 5. Histograma da velocidade média de cada conjunto de ensaios de perfuração.



4. DISCUSSÃO

1. Como ilustrado na Figura 4, a temperatura da rocha varia muito pouco durante a perfuração. Porém a temperatura da broca apresenta fortes diminuições quando é adicionado o “fluido de perfuração” + a dose de polímero. Conseqüentemente, a temperatura do fluido aumenta, o que demonstra que o mesmo absorve as conseqüências do atrito entre a broca e a rocha.
2. A profundidade real alcançada com a adição de polímero ao “fluido de perfuração” é maior do que as obtidas apenas nas perfurações a seco ou apenas com óleo. Pelos resultados obtidos no experimento, a necessidade de adição de polímero é pequena, pois o melhor resultado foi com apenas 0,5% de adição.
3. Além disso, o gráfico da Figura 5 demonstra que a adição de polímero para o fluido de perfuração aumenta a velocidade de avanço da perfuração em comparação com ensaios realizados sem fluido e / ou fluido sem o polímero. Isso determinaria menor tempo de perfuração para alcançar as profundidades de projeto com a consequente economia.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos são muito bons e encorajadores, mas devem ser consideradas apenas como preliminares por causa das diferenças entre as condições dos testes realizados no experimento aqui mostrado e as condições reais de perfuração on-shore e off-shore.

Os testes demonstraram o previsto pela teoria: que a adição de polímero para o fluido de perfuração melhora o tempo de perfuração através do aumento da velocidade de avanço da ferramenta de perfuração na formação rochosa, atingindo maiores profundidades em menos tempo, reduzindo conseqüentemente os custos da

perfuração e aumentando a vida útil das ferramentas de perfuração.

Como estes polímeros não são solúveis em água, a sua utilização só é recomendável nos fluidos de perfuração à base de óleo, situação que cobra maior importância nas condições como as que se enfrentam nas perfurações dirigidas e horizontais da província do pré-sal Brasileiro onde se utilizam, com frequência, os fluidos base óleo.

Uma questão final a ser levada em consideração é que dada a característica de ser um estudo preliminar já dita, unicamente, mediante o desenvolvimento e execução de um projeto de pesquisa detalhada, olhando para as reais condições adequadas para a perfuração, será possível provar a viabilidade desta inovação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Darley, H. C. H.; Gray, G. R. ***Composition and properties of drilling and completion fluids***. 5th Ed., Gulf Publ. Co., Houston, TX, EUA, 1988.

Karmakar, G. P.; Chakraborty Ch. ***Improved oil recovery using oil gelants: A review***. Indian Journal of Chemical Technology. Vol. 13, March, 2006 pp. 162 – 167