



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0905255-0 A2**

(22) Data de Depósito: 28/12/2009
(43) Data da Publicação: 23/08/2011
(RPI 2120)



(51) *Int.Cl.:*
C09K 8/54 2006.01

(54) Título: **COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DE COMPLETAÇÃO PARA POÇOS PROFUNDOS E ULTRAPROFUNDOS EM AMBIENTES CONTENDO CO₂**

(73) Titular(es): Petroleo Brasileiro S. A. - PETROBRAS

(72) Inventor(es): Alexandre Zacarias Ignácio Pereira, Carlos José Bandeira de Mello Joia, Ilson Palmieri Baptista, Márcia Cristina Khalil de Oliveira

(57) Resumo: COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DE COMPLETAÇÃO PARA POÇOS PROFUNDOS E ULTRAPROFUNDOS EM AMBIENTES CONTENDO CO₂ A presente invenção descreve uma composição de um fluido de completação que compreende glicerina de biodiesel para ser usado em poços profundos e ultraprofundos em ambientes contendo CO₂. Esse fluido apresenta massa específica de pelo menos 1,15 g/cm³, viscosidade adequada para bombeio inferior a 2.000 cP e potencial corrosivo de até 3 mm em 30 anos. Além disso, a composição desse fluido de completação é compatível com os elastômeros normalmente empregados e não degrada quando exposto a temperaturas inferiores a 100°C.



COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DE COMPLETAÇÃO PARA POÇOS PROFUNDOS E ULTRAPROFUNDOS EM AMBIENTES CONTENDO CO₂

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção está inserida no campo das composições químicas aplicadas em fluidos de completação. Mais especificamente, a presente invenção descreve uma composição de um fluido de completação composto por glicerina de biodiesel para ser usado em poços profundos e ultraprofundos em ambientes contendo CO₂.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Na indústria de petróleo, a completação refere-se a todas as operações necessárias para iniciar a produção de óleo e/ou gás através de um poço recém perfurado. São observados fatores técnico/operacionais e econômicos, capazes de maximizar a vazão de produção sem danificar o reservatório e de minimizar o tempo e a frequência de intervenções, minimizando assim o custo de sonda. Em uma das operações realizadas durante a etapa de completação, um fluido designado por fluido de completação é injetado no poço visando: a contenção dos reservatórios pela pressão hidrostática sem causar dano à formação produtora; diminuir o diferencial de pressão entre a coluna de produção e o revestimento para evitar o colapso; e proteger os metais e elastômeros de corrosão. A composição química do fluido é fundamental para esse processo.

Com a descoberta de grandes volumes recuperáveis de petróleo, de excelente qualidade, em soterramentos abaixo da camada de sal na Bacia de Santos no Brasil, estudos mostraram que para viabilizar a produção de petróleo e gás nesta região devem ser vencidos muitos desafios tecnológicos de produção, que surgem com a exploração em camadas de sal em áreas ultraprofundas. Entre esses desafios está a completação dos poços. Foi identificado que neste cenário de produção o revestimento do poço é susceptível a colapso pela fluência do sal e que o alto teor de CO₂ no gas lift (método de elevação freqüentemente utilizado) compromete o

desempenho dos fluidos de completação comumente utilizados (soluções salinas), durante a vida produtiva do poço.

O fluido de completação tradicional é uma solução salina isenta de sólidos que deve ser compatível com o reservatório e os fluidos nele contidos, deve apresentar massa específica capaz de exercer uma pressão hidrostática superior a pressão estática da formação, viscosidade suficiente para executar os trabalhos de carreamento de detritos à superfície em operação de corte e/ou limpeza de poço e ainda ser compatível com os componentes do poço. A composição química do fluido é fundamental para o processo, pois a reação dos íons presentes no fluido com os argilominerais da rocha pode causar o inchamento destes, causando danos à formação e obstrução de canhoneados.

Nesses fluidos é utilizado um sal inorgânico, como o cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de potássio (KCl) com a finalidade de evitar a hidratação das argilas de formação. A escolha do sal é feita em função do peso específico do fluido a ser utilizado. Estes sais conferem agressividade ao meio causando a corrosão dos materiais metálicos. Para minimizar este efeito são adicionados a estes fluidos produtos inibidores de corrosão.

Devido uma maior concentração de CO₂ no gas lift necessário na elevação artificial do óleo na região do pré-sal, o uso de solução salina é contra-indicado por organizações internacionais como a NORSOK e a NACE. Como alternativa, o estado da arte apresenta outros tipos de fluidos ou aditivos para tentar contornar esse problema, como por exemplo:

- 25 - Fluidos de perfuração sintéticos;
- Suspensão de sólidos micronizados em base orgânica;
- Dosagem contínua de inibidor de corrosão;
- Fluido base glicerina/monoetilenoglicol.

Dada as condições encontradas na região do pré-sal, levando em conta a necessidade de um fluido de densidade igual ou superior a 1,15

g/cm³ (9,8 lb/gal), e devido à resistência mecânica limitada do revestimento, o fluido sintético e a suspensão de sólidos micronizados apresentam algumas limitações, como por exemplo: a necessidade de grande quantidade de sólidos em suspensão (para conferir a densidade desejada), ou a utilização de salmouras mais pesadas do que a de cloreto de sódio. A presença de sólidos em suspensão, mesmo micronizados, poderia danificar as válvulas de gas lift, enquanto que salmouras mais pesadas aumentariam a taxa de corrosão.

As empresas de produtos químicos oferecem vários aditivos para fluidos de completação salinos com a função basicamente de biocida e inibidores de corrosão. A literatura técnica sobre fluidos de completação descreve basicamente sobre a seleção de aditivos.

KLAYSON, A.; MATTOS, O.R.; JÓIA, C. J. B. M. Seleção de inibidores para fluidos de completação (packer fluids). In: CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 6., 2002, Salvador. Anais... [S.l.: s.n.], 2002. 1 CD-ROM ensinam que formulações com bissulfito reduzem o processo corrosivo de forma significativa. A patente norte-americana **US 7,219,735** também descreve a seleção de aditivos para fluidos de completação.

Na patente **PI 0405109-2** são descritos fluidos de emulsão inversa úteis em operações de perfuração, completação e estimulação de poços de hidrocarbonetos, que compreendem uma fase oleofílica constituída de 60% a 99% em volume de um óleo vegetal in natura adicionado de uma proporção menor de um éster, uma fase aquosa dispersa, aditivos e a lecitina de soja como emulsificante. Os fluidos de emulsão inversa são estáveis a altas temperaturas e, como são completamente isentos de derivados aromáticos, especialmente corretos do ponto de vista ambiental. A aplicação dos fluidos de emulsão inversa compreende injetar os mesmos em poços de hidrocarbonetos durante as operações de perfuração, completação e estimulação de poços de hidrocarbonetos.

A patente **PI 0504298-4** descreve composições contendo compostos tensoativos que podem ter uma faixa de variação de tensões superficiais de equilíbrio e/ou dinâmicas e uma faixa de variação de atributos de performance de espumação.

5 Na patente **PI 0505054-5** é descrito um método de produzir um composto, formulação, fluido para perfuração, completação, cimentação, estimulação, fraturamento, acidulação, ou de término de trabalhos em um poço subterrâneo de petróleo ou de gás, ou para tratar ou aumentar o nível da produção de petróleo ou de gás a partir de uma formação
10 produtora de petróleo ou gás, um método para perfuração, completação, cimentação, estimulação, fraturamento, acidulação, término de trabalhos, ou de tratamento de um poço subterrâneo, e um método para tratar um fluxo produzido de óleo ou gás proveniente de uma formação portadora de petróleo e gás. N,N-dialquilpoliidroxialquilaminas podem ser produzidas
15 através de alquilação redutora de uma N-alquilpoliidroxialquilamina com um aldeído ou cetona, ou com um composto equivalente, em presença de um catalisador de metal de transição e hidrogênio. A reação é realizada em um solvente de reação que contém pelo menos 30% e peso de um solvente orgânico. O uso de uma proporção suficientemente alta de um
20 solvente orgânico apropriado na mistura reacional reduz a quantidade de água presente na mistura reacional, e proporciona rápidas taxas de reação e altos rendimentos do produto desejado.

As N,N-dialquilpoliidroxialquilaminas podem ser usadas em uma ampla variedade de aplicações.

25 O estado da técnica com relação a composições de fluidos de completação é vasto, entretanto não são conhecidas formulações à base de glicerina de biodiesel destinadas a aplicação em poços profundos e ultraprofundos em ambientes com alta concentração de CO₂. Com o aumento das reservas provadas na região do pré-sal, busca-se aumentar
30 a eficiência dos processos de completação de poços nestas novas jazidas

visando tornar estes reservatórios economicamente viáveis.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção descreve uma composição de um fluido de
completação que compreende glicerina de biodiesel para ser usado em
5 poços profundos e ultraprofundos em ambientes contendo CO₂.

Entende-se por glicerina de biodiesel a glicerina obtida como
subproduto da transesterificação de óleos ou gorduras, de origem animal
ou vegetal, para a produção de biodiesel.

O fluido de completação a base de glicerina de biodiesel, objeto da
10 presente invenção compreende em sua composição:

- Teor de água variando entre 0% e 20% m/m; e
- Teor de glicerol variando entre 75% e 80% m/m;

Adicionalmente a composição do referido fluido pode apresentar:

- Teor de cloretos não superior a 4% m/m;
- 15 - Teor de cinzas não superior a 6% m/m; e
- Teor de matéria orgânica não glicerínica (MONG) não superior a
4% m/m.

Opcionalmente a composição do referido fluido pode incluir aditivos,
como:

- 20 - Bactericida em concentração de até 1% m/m;
- Preventor de emulsão em concentração de até 1% m/m; e
- Sequestrante de oxigênio em concentração de até 1% m/m.

De acordo com as necessidades específicas dos reservatórios
encontrados na região do pré-sal o fluido em questão apresenta massa
25 específica de pelo menos 1,15 g/cm³, para manter a pressão hidrostática,
viscosidade adequada para bombeio inferior a 2.000 cP e potencial
corrosivo de até 3 mm em 30 anos. Além disso, a composição desse fluido
de completação é compatível com os elastômeros empregados, suporta
ambientes contendo CO₂ e não degrada quando exposto a temperaturas
30 inferiores a 100°C.

A presente invenção tem como campo de aplicação, poços profundos e ultraprofundos com presença de CO₂, mas também pode ser aplicada em outros tipos de poços que necessitem dessas características descritas.

5 BREVE DESCRIÇÃO DO DESENHO

A composição de fluido de completação para poços profundos e ultraprofundos em ambientes contendo CO₂, objeto da presente invenção, será melhor percebida a partir da descrição detalhada que se fará a seguir, a mero título de exemplo, associada ao desenho abaixo referenciado, o qual é parte integrante do presente relatório.

A FIGURA 1 anexa ilustra o gráfico da solubilidade do CO₂ em NaCl (9,8 lb/gal NaCl @ 60,1°C e 250 Kgf/cm²).

DESCRIPÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

A completação de um poço ocorre em várias etapas, inicialmente são instalados equipamentos que permitem o acesso ao interior do poço com segurança, em seguida é realizado o condicionamento do revestimento de produção, deixando o revestimento de produção gabaritado para receber os equipamentos necessários. Nesta etapa é realizada a limpeza do poço, a substituição do fluido do interior do poço por um fluido de completação e a remoção de sólidos leves e/ou resíduos da perfuração.

A presente invenção descreve uma composição de um fluido de completação que compreende glicerina de biodiesel para ser usado em poços profundos e ultraprofundos em ambientes contendo CO₂.

Entende-se por glicerina de biodiesel a glicerina obtida como subproduto da transesterificação de óleos ou gorduras, de origem animal ou vegetal, para a produção de biodiesel.

O fluido de completação à base de glicerina de biodiesel, objeto da presente invenção compreende em sua composição:

30 - Teor de água variando entre 0% e 20% m/m; e

- Teor de glicerol variando entre 75% e 80% m/m;

Adicionalmente a composição do referido fluido pode apresentar:

- Teor de cloretos não superior a 4% m/m;
 - Teor de cinzas não superior a 6% m/m; e
- 5 - Teor de matéria orgânica não glicerínica (MONG) não superior a 4% m/m.

Opcionalmente a composição do referido fluido pode incluir aditivos, como:

- Bactericida em concentração de até 1% m/m;
- 10 - Preventor de emulsão em concentração de até 1% m/m; e
- Sequestrante de oxigênio em concentração de até 1% m/m.

O fluido de completação dessa forma caracterizado apresenta acidez fraca, sendo a mesma menor que 0,1 mg de KOH/g de fluido.

- 15 O poder calorífico desse fluido de completação fica na faixa de 3200 kcal/kg - 3500 kcal/kg (13,40 MJ/kg - 14,65 MJ/kg).

De acordo com as necessidades específicas dos reservatórios encontrados na região do pré-sal o fluido de completação empregado deve apresentar massa específica de pelo menos 1,15 g/cm³, para manter a pressão hidrostática sem causar dano à formação produtora e diminuir o diferencial de pressão entre a coluna de produção e o revestimento para evitar o colapso.

20

Além disso, a massa específica não deve ficar abaixo desse limite mesmo em temperaturas elevadas.

O fluido de completação proposto na presente invenção atende a esses requisitos como pode ser evidenciado pela Tabela 1 abaixo.

25

Os valores de massa específica do fluido de completação a base de glicerina de biodiesel foram determinados em um densímetro digital pelo método ASTM D4052, nas temperaturas de 20°C, 40°C e 60°C.

A partir destes valores foi determinada a equação da curva e a massa específica foi calculada para as temperaturas de 80°C e 100°C.

30

TABELA 1	
Resultados da massa específica do fluido de completação em função da temperatura	
Temperatura (°C)	Massa específica (g/cm³)
20,0	1,2657
40,0	1,2536
60,0	1,2412
80,0	1,2300
100,0	1,2180

Outra característica física que o fluido de completação deve atender nessas condições operacionais está relacionado com a viscosidade adequada para o bombeio. Para as condições nos poços profundos e ultraprofundos, um fluido de completação deve apresentar uma viscosidade inferior a 2.000 cP em temperaturas de 20°C. O fluido de completação da presente invenção tem comportamento de fluido Newtoniano apresentando num intervalo de temperaturas de 60°C e 4°C valores de viscosidade de 29,0 e 1195,0 mPa.s a 20 s⁻¹ respectivamente.

Em poços profundos e ultraprofundos em produção é comum a utilização de métodos de elevação artificial para a produção dos fluidos da formação. Entre os métodos mais utilizados está o da elevação por gas lift. Esse método emprega a injeção de um gás contendo CO₂ pelo anular entre o revestimento e a coluna de produção até válvulas que permitem a passagem desse gás para dentro da coluna de produção no fundo do poço. Esse gás misturado com o fluido da formação diminui sua densidade e permite que a pressão do reservatório seja suficiente para promover a elevação desse fluido.

Por conta disso, o fluido de completação deve ser compatível com o CO₂ empregado nesse método, comportando-se de forma a apresentar uma baixa solubilidade desse gás nesse fluido. O fluido de completação da

presente invenção atende esse requisito apresentando solubilidade de CO₂ em condição estática não superior a 2,0%.

Um fluido de completação também deve ter propriedades que não favoreçam o processo natural de corrosão dos revestimentos, colunas e equipamentos de produção. O fluido de completação proposto nessa
5 invenção apresenta potencial corrosivo inferior a 0,10 mm/ano.

Além disso, cabe também ressaltar a compatibilidade do fluido de completação da presente invenção com os elastômeros utilizados nos equipamentos de segurança e vedação presentes num poço de produção
10 de petróleo. De acordo com a norma Norsok M-710, a variação volumétrica das amostras de elastômeros comumente utilizados (tipo HNBR e AFLAS) é inferior a 10%, o que é considerado excelente.

Em resumo, o fluido de completação para atender as premissas de produção na região do pré-sal, consiste num fluido capaz de manter a
15 pressão hidrostática do poço, sem causar dano à formação produtora; diminuir o diferencial de pressão entre a coluna de produção e o revestimento para evitar o colapso; e proteger os metais e elastômeros de corrosão. Seu campo de aplicação principal é na completação de poços profundos e ultraprofundos com presença de CO₂, mas também pode ser
20 aplicado em outros tipos de poços que necessitem dessas mesmas características descritas detalhadamente.

EXEMPLOS

As características do fluido de completação descrito na presente invenção estão evidenciadas nos ensaios experimentais direcionados para
25 caracterização química e física desse fluido, avaliação de seu comportamento quando exposto ao gas lift contendo CO₂, avaliação de seu potencial corrosivo e compatibilidade com elastômeros.

Foi avaliado o comportamento de três composições de fluido a base de glicerina, sendo glicerina padrão absoluto (PA), glicerina de biodiesel e
30 uma mistura de 75% glicerina PA e 25% monoetilenoglicol (MEG), como

alternativas às soluções salinas normalmente empregadas como fluido de completação, pois estas não são adequadas para o cenário de produção do pré-sal.

Caracterização química e física dos fluidos

5 São apresentados na Tabela 2 os resultados da caracterização física das amostras citadas anteriormente.

10 Como pode ser observado a massa específica das amostras de glicerina PA e de biodiesel são da mesma ordem de grandeza, atendendo a premissa especificada de massa específica superior a 1,15g/cm³. Além disso, o ponto de fluidez muito mais baixo da glicerina de biodiesel favorece a sua aplicação, pois não compromete o escoamento em temperaturas baixas.

TABELA 2			
Resultados de caracterização física das amostras			
ENSAIO	Glicerina PA	Glicerina PA/Etileno Glicol (75/25)	Glicerina de Biodiesel
Água (%p/p)	0,50	0,55	11,5
Massa específica a 20°C (g/cm ³)	1,2604	1,2109	1,2653
Ponto de Fluidez (°C)	17,0	Não determinado	- 39,0

A caracterização química do fluido a base de glicerina de biodiesel está apresentada na Tabela 3.

TABELA 3	
Resultados de caracterização química do fluido a base de glicerina de biodiesel	
ENSAIO	VALORES
Teor de Água	11,5 %m/m
Acidez	Acidez Fraca, <0,1 mg KOH/g
Cloreto	Cl = 3,74% (%m/m)
Teor de Cinzas	5,8% (%m/m)
Teor de Glicerol	78,9% (%m/m)
MONG	3,8% (%m/m)
Poder calorífico superior	3575 kcal/kg (14,97 MJ/kg)

Variação da massa específica com a temperatura

Os valores de massa específica dos fluidos: glicerina PA e glicerina de biodiesel foram determinados em densímetro digital pelo método ASTM D4052, nas temperaturas de 20°C, 40°C e 60°C. A partir destes valores foi determinada a equação da curva e a massa específica foi calculada para as temperaturas de 80°C e 100°C, conforme apresentado na Tabela 4.

TABELA 4		
Resultados de massa específica em função da temperatura		
TEMPERATURA (°C)	MASSA ESPECÍFICA (G/CM³)	
	Glicerina PA	Glicerina de Biodiesel
20,0	1,2604	1,2657
40,0	1,2480	1,2536
60,0	1,2353	1,2412
80,0	1,2250	1,2300
100,0	1,2130	1,2180

Como pode ser observado; os valores de massa específica do fluido a base de glicerina do biodiesel são da mesma ordem de grandeza da glicerina padrão, em toda a faixa de temperatura.

10 Avaliação reológica das amostras

A avaliação reológica dos fluidos foi realizada em reômetro rotacional no intervalo de taxa de cisalhamento de 20 a 250 s⁻¹ e de temperatura entre 60°C e 4°C. Como pode ser observado na Tabela 5, os fluidos apresentam comportamento de fluido Newtoniano na faixa de cisalhamento empregada. Neste caso, os valores de viscosidade da glicerina do biodiesel são equivalentes aos valores da mistura glicerina padrão/etileno glicol.

Com base nos resultados da caracterização física, pode-se observar

que a glicerina de biodiesel desse exemplo, apresenta massa específica equivalente a da glicerina padrão e viscosidade da mistura glicerina padrão/etileno glicol (75/25), atendendo aos requisitos preliminares e essenciais para sua aplicação como fluido de completação para os poços profundos e ultraprofundos.

TABELA 5			
Viscosidade das amostras de glicerina			
TEMP. (°C)	Viscosidade (mPa.s) a 20s⁻¹		
	Glicerina PA	Glicerina/etileno glicol (75/25)	Glicerina de Biodiesel
60,0	80,4	28,5	29,0
50,0	143,8	45,8	44,4
40,0	278,2	75,7	75,8
30,0	586,3	140,2	142,0
20,0	1382,0	279,6	292,8
15,0	2231,0	407,3	439,0
12,0	3044,0	520,5	571,0
8,0	4571,0	726,2	818,1
4,0	6879,0	1025,0	1195,0

Com base nos resultados da caracterização física, pode-se observar que a glicerina de biodiesel desse exemplo, apresenta massa específica equivalente a da glicerina padrão e viscosidade da mistura glicerina padrão/etileno glicol (75/25), atendendo aos requisitos preliminares e essenciais para sua aplicação como fluido de completação para os poços profundos e ultraprofundos.

Comportamento do fluido de completação exposto ao gas lift contendo CO₂

Solubilidade do CO₂ em condição estática

A pesquisa realizada sobre a solubilidade do gás carbônico foi limitada às condições subcríticas e à fase aquosa.

A pesquisa não foi estendida ao meio orgânico, tendo se limitado às informações coletadas na literatura específica, ficando entendidas que a

solubilidade do CO₂ em condições críticas sofre um aumento significativo.

Para a análise de solubilidade em soluções salinas foram utilizados os dados publicados no site da IUPAC.

Como toda mistura gasosa em contato com líquidos, os componentes do gás utilizado para o gas lift serão solubilizados pelo fluido de completação de acordo com a proporção dos componentes no gás e também suas respectivas solubilidades em fase aquosa. Usualmente, as proporções entre os componentes gasosos são estabelecidas em termos de pressões parciais, que corresponde à pressão que o componente exerceria se ocupasse sozinho o volume gasoso. Sendo assim, para o CO₂ presente no anular, a determinação da solubilidade pode ser simplificada com o uso de tabelas fornecidas por algumas instituições. Para soluções salinas, ocorre uma ligeira redução da solubilidade do CO₂ em relação à água pura. De acordo com as tabelas da IUPAC, temos:

TABELA 6			
Solubilidade CO₂			
SOLUBILIDADE DO CO₂ EM NaCl (*)			
Temp. (°C)	% CO₂ (mol) no gás	% m CO₂ na solução	% m NaCl
60,1	0,00	0,00	23,4
	2,55	0,22	
	4,65	0,40	
	5,42	0,47	
	10,25	0,85	
	11,71	0,96	
	14,36	1,13	
	19,32	1,45	
	29,79	1,97	
	39,33	2,32	
(*) Fonte: IUPAC-NIST Solubility Database - NIST Standard Reference Database 106. (http://srdata.nist.gov/solubility/sol_detail.asp?sys_ID=62_172)			

Deve ser considerado que 23,4% de NaCl corresponde ao peso de 9,8 lb/gal, mas que a solubilidade sofre apenas uma pequena redução com o aumento da salinidade. Sendo assim, para efeitos práticos, podemos

extrapolar graficamente a variação da solubilidade com a salinidade, a partir de valores tabelados.

Uma percentagem de CO₂ no gás de 5%, para as condições observadas em Tupi, corresponde à pressão parcial de 12,5 kgf/cm².

5 Efeito da salinidade na solubilidade do CO₂

TABELA 7				
EFEITO DA SALINIDADE NA SOLUBILIDADE DO CO₂				
T (°C)	P (Kgf/cm²)	d (lb/gal) da solução	% m CO₂ na solução	% m NaCl
50	0,882	8,4	0,068	2,9
	0,882	8,5	0,065	5,9
	0,882	8,8	0,059	11,7
	0,882	9,1	0,047	17,6
	0,882	9,4	0,040	23,4
	0,882	9,6	0,037	29,3
	0,882	9,8	0,033	35,9
75	0,623	8,2	0,034	0,6
	0,623	8,4	0,033	5,9
	0,623	8,7	0,031	11,7
	0,623	9,2	0,028	23,4
	0,623	9,7	0,026	35,1
(*) Fonte: IUPAC-NIST Solubility Database - NIST Standard Reference Database 106 (http://srdata.nist.gov/solubility/sol_detail.asp?sys_ID=62_171)				

Com base nos valores apresentados nesta tabela foi calculado que nas condições de produção do poço de Tupi, por exemplo, a concentração percentual em massa de CO₂ no fluido de completação será de 0,44% como pode ser visto na Figura 1.

10 Corrosão

Para a realização dos testes, os corpos de prova (CPs) foram polidos mecanicamente até a lixa # 400, lavados com água destilada, desengordurados com acetona e secados com ar quente por meio de um soprador térmico. A seguir, os aços inoxidáveis foram passivados em solução de ácido nítrico (HNO₃ @ 25%) por 15 minutos; após a passivação, eles foram lavados, desengordurados e secados novamente.

Posteriormente, os CPs foram medidos com paquímetro digital com precisão de 0,01 mm e pesados em balança analítica com precisão de 0,1 mg. Suportes confeccionados em teflon foram utilizados para a distribuição dos CPs no interior da autoclave, a qual é de Hastelloy C-276 e está
5 revestida internamente com teflon, de 2 litros de capacidade. Três CPs do mesmo material foram distribuídos no suporte, assim: Um CP no fundo da autoclave; outro imerso na solução e próximo da interfase líquido-vapor; e um CP na fase vapor.

Antes da transferência da solução de teste, esta foi desareada com
10 N₂ num vaso de vidro durante 3 dias. A autoclave e as suas linhas foram desareadas pelo mesmo período de tempo. Finalizada a etapa de desareação do sistema, a solução de teste foi transferida mediante diferença de pressão, 15 psi N₂.

O sistema foi desenhado de tal forma que durante a transferência a
15 solução não tivesse nenhum contato com os CPs da fase vapor. A autoclave foi fechada, mantendo essa pequena pressurização para evitar a entrada de O₂ ao sistema. A seguir o sistema foi pressurizado até completar 30 bar de CO₂ e aquecido até 60°C. A pressão do ensaio foi verificada diariamente e, quando necessário, o sistema foi repressurizado
20 para manter constante a pressão de CO₂.

Após o término do ensaio, os CPs foram retirados da solução e a taxa de corrosão generalizada foi estimada conforme os procedimentos da norma ASTM G1. A presença de pites foi verificada através da inspeção visual da superfície dos CPs na lupa e no microscópio ótico, com aumento
25 de 100x, conforme a norma ASTM G46. Foram testadas misturas de glicerina 75% e monoetilenoglicol (MEG) 25% em volume, com e sem a presença de água (na proporção de 10%) e também foi testada a glicerina do biodiesel desidratada e hidratada.

Os resultados das taxas de corrosão uniforme e localizada da
30 glicerina e do MEG, hidratados ou não, são apresentadas na Tabela 8

abaixo e logo a seguir na Tabela 9 são apresentados os resultados obtidos com a glicerina de biodiesel hidratada e desidratada. O critério de aprovação é o seguinte: material com taxa de corrosão uniforme e localizada menor de 0,10 mm/ano é aprovado, do contrário, é reprovado.

- 5 Como se pode observar tanto composição de fluido a base de glicerina PA desidratada, de gliceras de biodiesel desidratada e hidratada contaminadas com CO₂ foram consideradas aprovadas quanto ao critério de corrosão para o aço carbono P-110 e o aço inoxidável 13Cr-5Ni-2Mo.

TABELA 8								
Taxas de Corrosão Uniforme e Localizada da glicerina e do MEG								
Solução	Acidez Fraca MG KOH/g		%H ₂ O (inicial) final	Aço	Corrosão uniforme (mm/ano)		Corrosão localizada (mm/ano)	
	inicial	final			líquido	vapor	líquido	Vapor
Glycerol @100% 30 bar CO ₂ – 60°C – 20 dias	-	0.15	(-) 5.73	P-110	0.01± 0.01	0.00	0.04± 0.01	0.03
				13Cr- 5Ni- 2Mo	0.00	0.00	0.00	0.05
Glycerol @ 90%; 30 bar CO ₂ – 60°C – 20 days	-	<0.10	(-) 12.89	P-110	0.04± 0.01	0.00	0.20	0.14
				13Cr- 5Ni- 2Mo	0.00	0.00	0.00	0.00
Ethylene Glycol @100%. 30 bar CO ₂ – 60°C – 20 days	<0.05	<0.34	(0.20) 3.59	P-110	0.085± 0.025	0.00	0.035± 0.035	0.31
				13Cr- 5Ni- 2Mo	0.00	0.00	0.00	0.00
Ethylene Glycol @ 90%; 30 bar CO ₂ – 60°C – 20 days	<0.05	<0.10	(8.06) 7.95	P-110	0.09± 0.01	0.02	0.02	0.02
				13Cr- 5Ni- 2Mo	0.00	0.00	0.00	0.10

(MEG-25%/Glycerol-75%) @ 100%; Sodium Bisulfite and Glutaraldehyde. 30 bar CO ₂ – 60°C – 60 days	<0.10	0.28	(-) 0.24	P-110	0.024± 0.006	0.02	0.00	0.20
				13Cr-5Ni-2Mo	0.00	0.00	0.00	0.12
(MEG-25%/Glycerol-75%) @ 90%; Sodium Bisulfite and Glutaraldehyde. 30 bar CO ₂ – 60°C – 60 days	<0.10	0.27	(8.77) 8.88	P-110	0.05	0.01	0.00	0.15
				13Cr-5Ni-2Mo	0.00	0.00	0.00	0.10

TABELA 9

**Taxas de Corrosão Uniforme e Localizada da glicerina
de biodiesel hidratada e desidratada**

Solução	pCO ₂ (bar)	T (°C)	Tempo (dias)	Aço	Fase	Tipo de Corrosão	Taxa de Corrosão (mm/ano)	
							Uniforme	Localizada
Glicerina desidratada / desaerada	30	65	20	P-110	Líquida	Uniforme	0.01± 0.00	-
					Vapor	Localizada	0.00± 0.00	< 0.09
				13Cr-5Ni-2Mo	Líquida	Uniforme	0.00± 0.00	-
					Vapor	Uniforme	0.00± 0.00	-
Glicerina hidratada (10%H ₂ O)/ desaerada	30	65	20	P-110	Líquida	Localizada	0.02± 0.00	< 0.09
					Vapor	Localizada	0.00± 0.00	< 0.09
				13Cr-5Ni-2Mo	Líquida	Uniforme	0.00± 0.00	-
					Vapor	Uniforme	0.00± 0.00	-

Compatibilidade com elastômeros

A norma Norsok M-710 ("Qualification of non-metallic sealing materials and Manufacturers") foi utilizada para a avaliação da

compatibilidade dos elastômeros selecionados para a completação com os fluidos a base de misturas glicerina/glicol e de glicerina biodiesel.

De acordo com essa norma, as amostras de elastômeros são cortadas, medidas, pesadas e colocadas em contato com o fluido por 28 dias. Após este período as amostras são repesadas, remedidas e classificadas de acordo com a variação volumétrica. Uma variação volumétrica menor que 10% é considerada excelente e acima de 40% é considerada um ataque severo não recomendado.

Os resultados mostraram a variação volumétrica das amostras de elastômeros comumente utilizados (tipo HNBR e AFLAS) é inferior a 10%, portanto não são esperados problemas para temperaturas abaixo de 100°C.

A descrição do fluido de completação para atender as premissas de produção na região do pré-sal, objeto da presente invenção, consiste de um fluido capaz de manter a pressão hidrostática do poço, sem causar dano à formação produtora; diminuir o diferencial de pressão entre a coluna de produção e o revestimento para evitar o colapso; e proteger os metais e elastômeros de corrosão.

A descrição que se fez até aqui da composição de fluido de completação para poços profundos e ultraprofundos em ambientes contendo CO₂, objeto da presente invenção, deve ser considerada apenas como uma possível ou possíveis concretizações, e quaisquer características particulares nela introduzida devem ser entendidas apenas como algo que foi descrito para facilitar a compreensão. Desta forma, não podem de forma alguma ser consideradas como limitantes da invenção, a qual está limitada ao escopo das reivindicações que seguem.

REIVINDICAÇÕES

- 1- **COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DE COMPLETAÇÃO PARA POÇOS PROFUNDOS E ULTRAPROFUNDOS EM AMBIENTES CONTENDO CO₂, caracterizado por compreender glicerina de biodiesel.**
- 5 2- **Composição de fluido de completação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender:**
- Teor de água variando entre 0% e 20% p/p; e
 - Teor de glicerol variando entre 75% e 80% p/p;
- 10 3- **Composição de fluido de completação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender adicionalmente:**
- Teor de cloretos não superior a 4% p/p;
 - Teor de cinzas não superior a 6% p/p; e
 - Teor de matéria orgânica não glicerinosa (MONG) não superior a 4% p/p.
- 15 4- **Composição de fluido de completação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender opcionalmente aditivos, como:**
- Bactericida em concentração de até 1% p/p;
 - Preventor de emulsão em concentração de até 1% p/p; e
 - Sequestrante de oxigênio em concentração de até 1% p/p.
- 20 5- **Composição de fluido de completação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por apresentar acidez fraca, ou seja, menor que 0,1 mg de KOHg/g de fluido.**
- 25 6- **Composição de fluido de completação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por apresentar poder calorífico na faixa de 3200 kcal/kg - 3500 kcal/kg.**
- 7- **Composição de fluido de completação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por apresentar massa específica de pelo menos 1,15 g/cm³.**
- 30 8- **Composição de fluido de completação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por não se degradar quando exposto a temperaturas**

inferiores a 100°C.

9- Composição de fluido de completação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por apresentar viscosidade inferior a 2.000 cP em temperaturas de 20°C.

5 10- Composição de fluido de completação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por apresentar solubilidade de CO₂ em condição estática não superior a 2,0%.

10 11- Composição de fluido de completação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por apresentar potencial corrosivo inferior a 0,10 mm/ano.

12- Composição de fluido de completação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por ser compatível com elastômeros dos tipos HNBR e AFLAS.

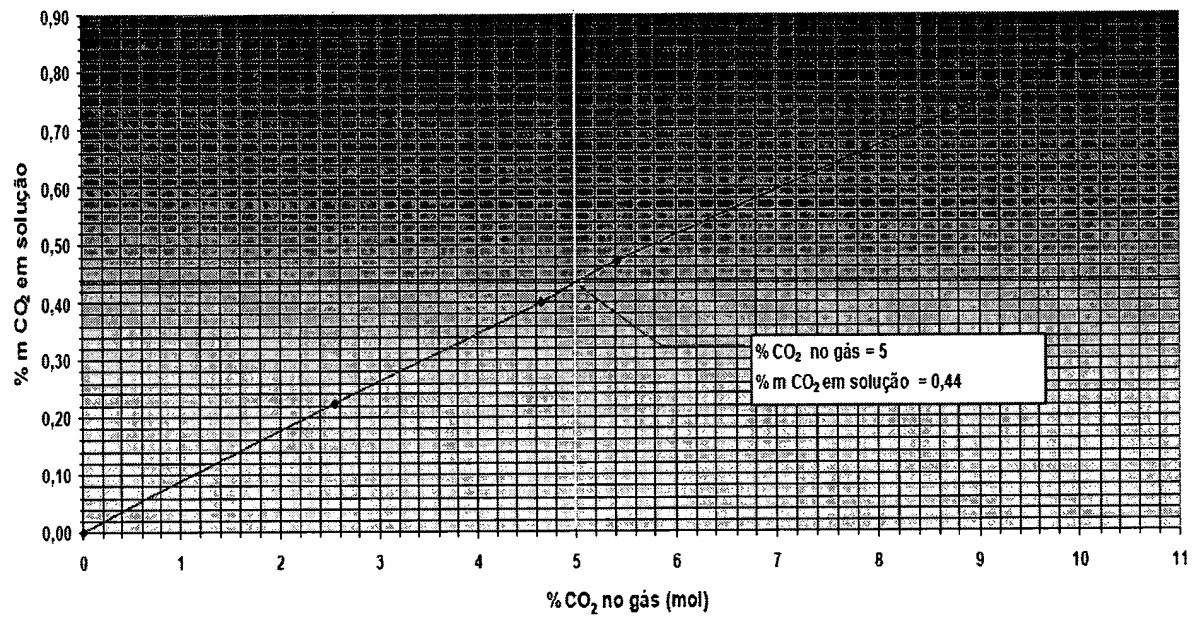
Solubilidade do CO₂ em NaCl (9,8 lb/gal NaCl @ 60,1 °C e 250 Kgf/cm²)

FIG. 1

20905285.0

RESUMO**COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DE COMPLETAÇÃO PARA POÇOS PROFUNDOS E ULTRAPROFUNDOS EM AMBIENTES CONTENDO CO₂**

5 A presente invenção descreve uma composição de um fluido de completação que compreende glicerina de biodiesel para ser usado em poços profundos e ultraprofundos em ambientes contendo CO₂. Esse fluido apresenta massa específica de pelo menos 1,15 g/cm³, viscosidade adequada para bombeio inferior a 2.000 cP e potencial corrosivo de até 3 mm em 30 anos. Além disso, a composição desse fluido de completação é compatível com os elastômeros normalmente empregados e não degrada quando exposto a temperaturas inferiores a 100°C.